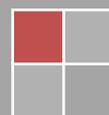


# **Advances in Fire & Safety Engineering 2012**

ZVOLEN  
Technická univerzita vo Zvolene  
15. – 16. November 2012





**Technická univerzita vo Zvolene**

Drevárska fakulta

Katedra protipožiarnej ochrany

a

**Požiarnotechnický a expertízny ústav MV SR**

# **Advances in Fire & Safety Engineering 2012**

**Pokrok v požiarnej a bezpečnostnej inžinierstve 2012**

**Zborník príspevkov z I. medzinárodnej vedeckej konferencie**



**ZVOLEN**

**Technická univerzita vo Zvolene**

**15. – 16. november 2012**



## Názov

Zborník príspevkov z I. medzinárodnej vedeckej konferencie  
Advances in Fire & Safety Engineering 2012  
Recenzovaný zborník príspevkov

## Editor

Martin Zachar  
Katarína Dúbravská

## Recenzenti zborníka

Všetky príspevky v zborníku boli lektorované členmi vedeckého výboru.  
Za textovú a jazykovú úpravu jednotlivých príspevkov zodpovedajú autori.

## Rok vydania

2012

## Náklad

60 výtlačkov

## Tlač

Vydavateľstvo TU vo Zvolene

## ISBN

Zborník na CD: ISBN 978-80-228-2374-6  
Zborník v tlačenej forme: ISBN 978-80-228-2375-3



## Odborní garanti konferencie

Alexander Nejedlý – HaZZ, Bratislava, SR  
Štefan Galla – PTEU, Bratislava, SR  
Martin Zachar – TU, Zvolen, SR

## Vedecký výbor konferencie

Karol Balog – STU, Bratislava, SR  
Oszkár Cziva – MP/JNT, Budapešť, HU  
Roman Čička – STU, Bratislava, SR  
Anna Danihelová – TU, Zvolen, SR  
Ruxandra Dârmon – UT, Cluj-Napoca, RO  
Janka Dibdiaková – NFLI, Oslo, NO  
Emília Hroncová – TU, Zvolen, SR  
Danica Kačíková – TU, Zvolen, SR  
László Komjathy – NKE, Budapešť, HU  
Vladimír Krčméry – VŠZSP, Bratislava, SR  
Miloš Kvarčák – VŠB, Ostrava, CZ  
Andrea Majlingová – TU, Zvolen, SR  
Jozef Martinka – STU Bratislava, SR  
Iveta Mitterová – TU, Zvolen, SR  
Miroslav Novotný – IVPR, Bratislava, SR  
Milan Oravec – TU, Košice, SR  
Anton Osvald – ŽU, Žilina, SR  
Dušan Petráš – ZSVTS, Bratislava, SR  
Peter Polakovič – TU, Zvolen, SR  
Marzena Półka – SGSP, Warszawa, PL  
Maroš Soldán – STU, Bratislava, SR  
Ľudmila Tereňová – TU, Zvolen, SR  
Qiang Xu – NJUST, Nanjing, CN  
Martin Zachar – TU, Zvolen, SR

## Organizačný výbor konferencie

Katarína Dúbravská – TU, Zvolen, SR  
Danica Hanáková – TU, Zvolen, SR  
Danka Ľuptáková – TU, Zvolen, SR  
Viktor Moravec – PTEU, Bratislava, SR  
Jozef Nemeč – PTEU, Bratislava, SR  
Božena Tušová – ZSVTS, Bratislava, SR



## Obsah

<b>ZVYŠOVANIE ÚČINNOSTI VODY AKO HASIACEJ LÁTKY POMOCOU HASIACEHO GÉLU HYDREX® .....</b>	<b>8</b>
<b>INCREASING THE EFFICIENCY OF WATER AS EXTINGUISHING AGENT THROUGH THE EXTINGUISHING GEL HYDREX®</b>	
Barbora BALCOVÁ, Pavol RUBIS	
<b>STANOVENIE VPLYVU HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU NA FUNKČNOSŤ PVC KÁBLOV.....</b>	<b>18</b>
<b>DETERMINATION OF HEAT FLUX INFLUENCE ON FUNCTION TIME OF PVC CABLES</b>	
Karol BALOG , Jozef MARTINKA, Marek HORUCKA	
<b>VYUŽITIE VYSOKOŠKROBOVEJ ŽABURINKY AKO ALTERNATÍVNEJ SUROVINY PRE VÝROBU BIOETANOLU.....</b>	<b>30</b>
<b>UTILIZATION OF HIGHT-STARCH DUCKWEED AS AN ALTERNATIVE RAW MATERIAL FOR BIOETHANOL PRODUCTION</b>	
Alica BARTOŠOVÁ, Maroš SOLDÁN	
<b>FYZIKÁLNE METÓDY A DETEKCIA NEBEZPEČNÝCH LÁTOK.....</b>	<b>37</b>
<b>PHYSICAL METHODS AND DETECTION OF HAZARDOUS SUBSTANCES</b>	
Anna DANIHELOVÁ	
<b>IN SITU BIOREMEDIÁCIE VODY .....</b>	<b>42</b>
<b>IN SITU BIOREMEDIATION OF WATER</b>	
Blanka GALBIČKOVÁ, Maroš SOLDÁN	
<b>EVAKUÁCIA V STAVBÁCH S VNÚTORNÝMI ZHROMAŽĎ. PRIESTORMI.....</b>	<b>49</b>
<b>EVACUATION INSIDE THE BUILDINGS WITH ASSEMBLY AREA</b>	
Michal GÁL	
<b>SKÚMANIE FYZIKÁLNO-CHEMICKÝCH VLASTNOSTI SORBENTU UNI-SAFE.....</b>	<b>57</b>
<b>EXAMINATION PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF THE SORBENT UNI-SAFE</b>	
Michal GÁL, Pavol RUBIS, Barbora BALCOVÁ	
<b>ANALÝZA KINETICKÝCH PARAMETROV PROCESU SAMOZAHRIEVANIA TUHÝCH LÁTOK POMOCOU BEZPEČNOSTNÉHO KALORIMETRA SEDEX .....</b>	<b>66</b>
<b>ASSESSMENT OF KINETIC PARAMETERS OF SELFHEATING OF SOLID MATERIALS USING SAFETY CALORIMETER SEDEX</b>	
Ivan HRUŠOVSKÝ, Tomáš CHREBET, Jozef MARTINKA, Karol BALOG	



<b>AKTÍVNA PARTICIPÁCIA SLOVENSKA NA PODPORE ČINNOSTI EURÓPSKEJ AGENTÚRY PRE BEZPEČNOSŤ A OCHRANU ZDRAVIA PRI PRÁCI .....</b>	<b>74</b>
<b>THE ACTIVE PARTITIPATION OF SLOVAKIA FOR SUPPORTING THE ACTIVITIES FOR EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK</b>	
Laurencia JANČUROVÁ	
<b>AKTÍVNA PROTIPOŽIARNA OCHRANA BUDOV - STABILNÉ HASIACE ZARIADENIA .....</b>	<b>80</b>
<b>ACTIVE FIRE PROTECTION BUILDING-FIXED FIRE FLAMMABILITY OF POZVANÁ PREDNÁŠKA</b>	
Michaela JURÍČKOVÁ	
<b>HASENIE POŽIAROV V STREDNE VYSOKÝCH BUDOVÁCH .....</b>	<b>91</b>
<b>FIRES IN MID-RISE</b>	
László KOMJÁTHY	
<b>VLASTNOSTI A PARAMETRY BALÓNKŮ ŠTĚSTÍ.....</b>	<b>97</b>
<b>PROPERTIES AND CHARACTERISTICS OF SKY LANTERNS</b>	
Miloš KVARČÁK, Jan ONDRUCH	
<b>ZADÁVÁNÍ TECHNICKÝCH PODMÍNEK PRO NÁKUP POŽÁRNÍ TECHNIKY .....</b>	<b>106</b>
<b>THE AWARD OF THE TECHNICAL CONDITIONS FOR THE PURCHASE OF FIRE-FIGHTING TECHNOLOGY</b>	
Miloš KVARČÁK, Martin TRČKA, Adam THOMITZEK	
<b>UPLATNENIE GEOINFORMATIKY V OBLASTI MANAŽMENTU MIMORIADNYCH UDALOSTÍ V PODMIENKACH SLOVENSKA.....</b>	<b>119</b>
<b>APPLICATION OF GEOINFORMATICS IN MANAGEMENT OF EMERGENCIES IN SLOVAKIA</b>	
Andrea MAJLINGOVÁ, Danka BOGUSKÁ, Mikuláš MONOŠI	
<b>PROTIPOŽIARNA BEZPEČNOSŤ STAVIEB - ZLOŽITÉ BUDOVY (ALEBO MESTO V MESTE?).....</b>	<b>138</b>
<b>FIRE PROTECTION OF BUILDINGS – COMPLICATED BUILDINGS (OR CITY IN THE CITY)</b>	
Imrich MIKOLAI	
<b>REAKCIA NA OHEŇ SADROVLÁKNITEJ A CEMENTOVLÁKNITEJ DOSKY FERMACELL.....</b>	<b>144</b>
<b>REACTION TO FIRE GYPSUM AND CEMENT BOARDS FERMACELL</b>	
Iveta MITTEROVÁ, Mário SITÁR	



<b>IMPLEMENTÁCIA PROGRAMU BBS AKO NÁSTROJA NA ZVÝŠENIE ÚROVNE BEZPEČNOSTI A OCHRANY ZDRAVIA PRI PRÁCI .....</b>	<b>154</b>
<b>IMPLEMENTATION OF THE BBS AS A TOOL TO IMPROVE THE SAFETY AND OCCUPATIONAL HEALTH</b>	
Anna NAGYOVA, Zuzana KOTIANOVÁ	
<b>RÝCHLOSŤ ODHORIEVANIA ALKOHOLOV A PRETEPLENIE KVAPALINY V NÁDOBE .....</b>	<b>164</b>
<b>THE BURNING RATE OF ALCOHOLS AND OVERHEATING OF THE LIQUID</b>	
Miroslav NOVOTNÝ, Jozef MARTINKA	
<b>ÚČINNOSŤ SORPČNÝCH MATERIÁLOV PRI DEKONTAMINÁCII KYSELÍN A ZÁSAD .....</b>	<b>181</b>
<b>EFFECTIVENESS OF SORPTION MATERIALS BY DECONTAMINATION OF ACIDS AND HYDROXIDES</b>	
Michal ORINČÁK, Dušan GANZARČÍK	
<b>RETARDÉRY HORENIA.....</b>	<b>197</b>
<b>FIRE RETARDANTS</b>	
Anton OSVALD, Adelaida FANFAROVÁ	
<b>POŽIARNE INŽINIERSTVO AKO METÓDA NAVRHOVANIA POŽIARNEJ BEZPEČNOSTI.....</b>	<b>211</b>
<b>FIRE ENGINEERING – A METHOD FOR DESIGNING FIRE SAFETY</b>	
Anton OSVALD, Vladimír MÓZER	
<b>SAFETY OF TRANSPORT OF DANGEROUS GOODS BY RAIL AND THE RULES FOR FIRE AND RESCUE EMERGENCY ACTIONS .....</b>	<b>224</b>
Marek RYBAKOWSKI, Jozef MARTINKA	
<b>IZOLÁCIA FASÁDY (ETICS) Z POLYSTYRÉNU VS POŽIARNEJ OCHRANY .....</b>	<b>239</b>
<b>INSULATION OF WALLS (ETICS) OF POLYSTYRENE VS. FIRE PROTECTION</b>	
Frank D. STOLT, Joachim KOWALKE	
<b>INŠPEKCIA PRÁCE - JEJ CIELE, ÚLOHY A PRIORITY V OBLASTI BOZP .....</b>	<b>249</b>
<b>LABOUR INSPECTION – ITS GOALS, OBJECTIVES AND PRIORITIES IN OSH</b>	
Jana SRŇANSKÁ	
<b>FÁZY POŽIARU OSOBNÉHO MOTOROVÉHO VOZIDLA .....</b>	<b>257</b>
<b>PHASES OF FIRE PERSONAL VEHICLE</b>	
Jozef SVETLÍK	
<b>VPLYV POŽIARU NA FYZIKÁLNE VLASTNOSTI PÔDY.....</b>	<b>268</b>



## EFFECTS OF FIRE ON PHYSICAL PROPERTIES OF SOIL

Mária ŠIMONOVÁ, Matúš TURIČÍK

**HODNOTENIE KORKOVÝCH IZOLAČNÝCH MATERIÁLOV Z HĽADISKA REAKCIE NA OHĚŇ ..... 281**

**THE CORK INSULATION MATERIALS ASSESSMENT IN TERMS OF REACTION TO FIRE**

Eudmila TEREŇOVÁ

**SMERNICA SEVESO III O KONTROLE NEBEZPEČENSTIEV ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ S PRÍTOMNOSŤOU NEBEZPEČNÝCH LÁTOK ..... 293**

**SEVESO III ON THE CONTROL OF MAJOR-ACCIDENT HAZARDS INVOLVING DANGEROUS SUBSTANCES**

Boris TOMAN, Jana KRAJČOVIČOVÁ

**VYBRANÉ RIZIKOVÉ FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE HASIČA POČAS ZÁSAHOVEJ ČINNOSTI ..... 311**

**SELECTED RISK FACTORS INFLUENCING FIREMAN DURING INTERVENTION ACTIVITY**

Marianna TOMAŠKOVÁ, Michaela BALÁŽIKOVÁ, Jiří POKORNÝ

**STÁLE AKTUÁLNE NEBEZPEČENSTVO VÝBUCHU PRIEMYSEL. PRACHOV ..... 320**

**STILL PRESENT DANGER OF INDUSTRIAL DUST EXPLOSION**

Miroslava VANDLÍČKOVÁ

**NELINEÁRNE FORMY ŠÍRENIE POŽIARU, SIMULÁTOR BACDRAFTU ..... 330**

**NONLINEAR FORMS OF FIRE SPREAD, FIRE SIMULATOR OF BACDRAFT**

Ľubica VRÁBLOVÁ, Jana MÜLLEROVÁ, Jaroslav FLACHBART

**HORĽAVOSŤ JEDNOTLIVÝCH ČASTÍ SMREKA ..... 340**

**FLAMMABILITY OF PARTS SPRUCE TREES**

Martin ZACHAR, Qiang XU

**REŤAZCE UDALOSTÍ, MODELÝ A ICH TVORBA ..... 350**

**CHAIN OF EVENTS, MODELS AND THEIR DEVELOPMENT**

Ján ZELENÝ



## ZVYŠOVANIE ÚČINNOSTI VODY AKO HASIACEJ LÁTKY POMOCOU HASIACEHO GÉLU HYDREX®

### INCREASING THE EFFICIENCY OF WATER AS EXTINGUISHING AGENT THROUGH THE EXTINGUISHING GEL HYDREX®

Barbora BALCOVÁ, Pavol RUBIS

#### Abstract

Extinguishing effect of water can be increased by using different ingredients. One such ingredient is Hydrex ®. This type of additives is based on polymers. After the reaction with water is changed in a matter of few seconds to gel with high adhesion and limits the spread of the fire to unaffected combustible materials. Using the Hydrex ® to reduce the water consumption for fire-fighting and to an enormous increase of its fire-extinguishing efficiency.

**Keywords:** *fire fighting, burn, Hydrex ®, fire extinguishing medium.*

#### 1. ÚVOD

V článku sa budeme zameriavať na hasenie požiarov bytových jednotiek, keďže bytové domy patria k najrozšírenejším formám bývania. Každá aglomerácia obsahuje bytové domy. Bytové domy sú charakteristické malou zastavanou plochou v pomere k úžitkovej ploche a počtu obyvateľov. Pri hasení požiarov v bytových jednotkách je potrebné minimalizovať spotrebu hasiacej vody bez negatívnych dopadov na likvidáciu požiaru, aby sa minimalizovali škody spôsobené hasebným zásahom. Z tohto dôvodu sa vyvíjajú nové metódy hasenia s použitím rôznych prímiesí do hasiacej látky ako je napríklad spomínaný Hydrex.



Spotrebu hasiacej vody môžeme znižovať používaním rôznych prísad. Jednou takouto prísadou je Hydrex® - formula. Tento druh prísady je na báze polymérov. Po reakcii s vodou sa mení v priebehu niekoľkých sekúnd na gél s vysokou priľnavosťou a obmedzuje šírenie požiaru na nezasiahnuté horľavé materiály. Použitím Hydrex® - formula dochádza k zníženiu spotreby vody na hasenie požiaru. Znižuje sa tak podiel kontaminovanej vody, ktorá unikne do životného prostredia, znižujú sa náklady na hasenie požiarov, nie je jedovatý pre živé organizmy a je biologicky odbúrateľný vplyvom UV žiarenia. S ohľadom na tieto skutočnosti si projektový tím stanovil hlavný cieľ experimentálne preskúmať účinnosť pri hasení požiarov s prísadou Hydrex® - formula.

Cieľom experimentálneho skúmania bolo pozorovať zvolenú horľavú látku v našom prípade sa jednalo o suchú drevenú dosku o hrúbke 8 mm, ktorú sme vložili do prístroja pre skúšku reakcie horľavých výrobkov na oheň, a po stanovený čas sme ju vystavili priamemu plameňu o dĺžke 25 mm. To sme opakovali na mokrej vzorke a na vzorke postriekanej Hydrexom. Vo všetkých prípadoch sa vykonávali viaceré opakovania pre relevantnosť výsledkov.

## **2. SÚČASNÝ STAV POŽIAROVOSTI BYTOVÝCH JEDNOTIEK NA ÚZEMÍ SLOVENSKEJ REPUBLIKY POUŽITÁ METODIKA**

Štatistiku požiarovosti bytových jednotiek je potrebné dôkladne sledovať. Bytové jednotky sú v rodinných domoch a v obytných budovách. V práci sa zameriavame len na požiare bytových jednotiek v obytných budovách. Je to z dôvodu väčšieho ohrozenia osôb ako pri bytových jednotkách v rodinných domoch. Údaje, ktoré sme použili na spracovanie v tejto kapitole nám boli poskytnuté PTEÚ HaZZ v Bratislave.

Za obdobie rokov 2000-2011 bol približne každý dvadsiaty zásah požiarom bytovej jednotky v obytnom bloku. Z tohto pohľadu bol najhorší rok 2001, kedy bol každý desiaty zásah požiar bytovej jednotky v obytnom bloku. Pozitívnym rokom bol rok 2011 kedy bol iba každý dvadsiaty tretí požiar, požiar bytových jednotiek. Na obrázku 1 sú údaje o požiarovosti za jednotlivé roky. Graf obsahuje údaje o celkovom počte požiarov a počte požiarov bytových jednotiek v obytných blokoch. V poslednom



stĺpci je percentuálne vyjadrenie požiarov bytových jednotiek na celkovom počte požiarov na území SR za stanovené obdobie.

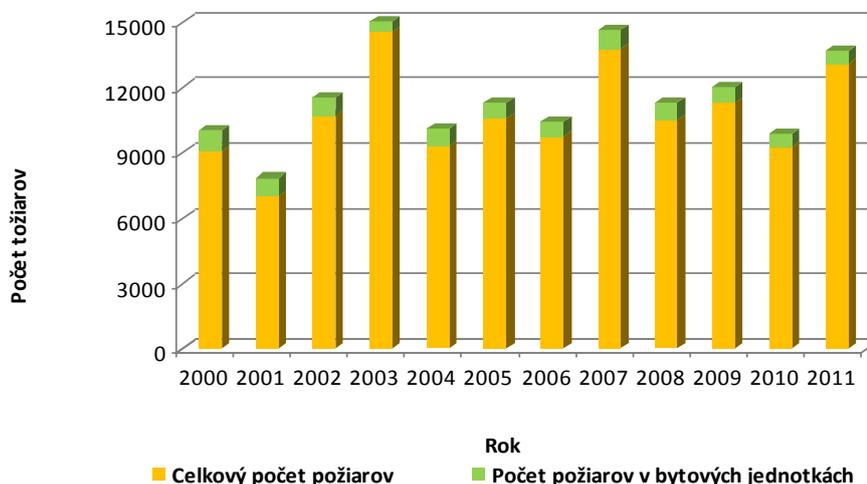


Figure 1 The ratio of housing units fire of the total number fire

Pri každom požari bytovej jednotky sú spôsobené nemalé finančné škody. Najväčšie škody vznikajú samotným požiarom. Do týchto škôd pri požiaroch sú započítané aj škody, ktoré vznikli pri likvidácii požiaru. Sú to takzvané nepriame škody. Na nasledujúcom obrázku 2 sú znázornené škody spôsobené požiarimi bytových jednotiek v obytných blokoch.

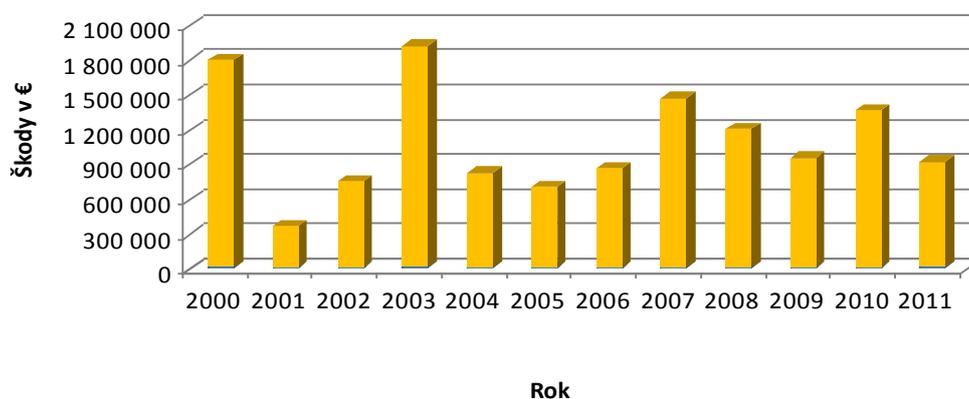


Figure 2 Damage caused by fire in the fire housing units in residential blocks

Ako je vidieť z uvedeného grafu najhorším rokom bol rok 2003 kedy došlo pri požiaroch bytových jednotiek v obytných blokoch ku škodám približne 2 000 000 €.

V poslednom období sa škody pri požiaroch udržiujú na úrovni okolo 1 000 000 €. Tieto údaje o škodách však presne nevytvádzajú skutočnosti. Nie pri všetkých požiaroch sa v správe o zásahu dala odhadnúť škoda spôsobená požiarom. V skutočnosti sa podľa vyjadrení poisťovní, škody spôsobené požiarom bytových jednotiek v obytných blokoch pohybujú v rozmedzí okolo 5 000 000 € ročne.

### 3. HASIACI GÉL HYDREX®

Hydrex je medzinárodne uznávaný produkt požiarnej ochrany, ktorý je vyrábaný v Nemecku a používaný v Európe, Kanade, Austrálii, na Novom Zélande a aj v Juhoafrickej republike. Hydrex je polymér na báze zmesi obsahujúcej anorganické materiály, ktoré sa zväčšia na gél v kombinácii s vodou. Pridaním do haebnej vody zvyšuje jej účinok o 600%. To znamená, že 800 l gélu HYDREX má rovnaký účinok ako 4800 l vody bez aditíva. V praxi to znamená:

- Možnosť využitia menších ľahko ovládateľných protipožiarňých vozidiel.
- Rýchlejšia, cielená kontrola zdroja ohňa pomocou menšieho tímu.
- Úspora času.
- Úspora vody.
- Zníženie poškodení spôsobených vodou.

Pri použití Hydrexu, 90% hasiacej vody zostáva na hasiacom objekte a zaisťuje maximálny chladiaci účinok. Hydrex ako protipožiarňá látka s triedou reakcie na oheň „A“, môže byť použitá na priame hasenie, ale aj na prevenciu pred požiarom.

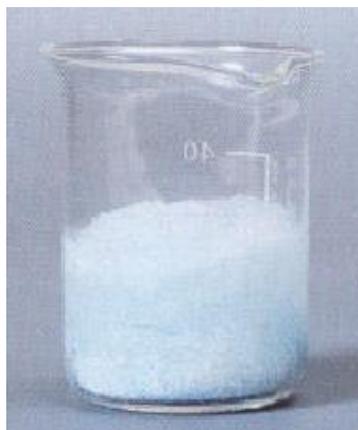


Figure 3 Hydrex®

Hydrex zamedzuje nebezpečnému spätnému plameňu prostredníctvom vytvorenia soli, ako kôry na horiacom materiáli. Pod vplyvom slnečného žiarenia sa

Hydrex rozpúšťa za cca. 7 dní na oxid uhličitý a vodu. Je nealergický, nie je jedovatý a nevstupuje do dýchacích ciest. Vo vode je neutrálny, a preto šetrný k životnému prostrediu.

## 3.1 Účinnosť hasiaceho gélu Hydrex

Najčastejšie sa ako hasiaca látka používa voda. Hasiace vlastnosti vody sú založené predovšetkým na jej chladiacom účinku t.j., horľavý materiál sa ochladí na teplotu pod bod vznietenia, teplo je odvádzané z ohniska požiaru vodou a parou. 95% z vody odtečie. Hydrex zvyšuje viskozitu vody, čo je príčinou toho, že voda prilne k horiacemu materiálu a umožňuje tým vytvoriť jeho maximálny chladiaci účinok, ktorý je dlhodobý.

Revolučný účinok Hydrexu bol preukázaný vo veľkom meradle skúškami vykonávanými v Nemeckom inštitúte pre letecké a vesmírne technológie, kde boli použité rôzne materiály v simulovaných ale aj reálnych situáciách. Polymér obklopuje vodu a viaže ju, čím sa predíde jej odtečeniu alebo príliš rýchlemu vyparovaniu. Účinnosť použitého gélu Hydrex je mnohonásobne vyššia. Na obrázku (grafe) je preukázané, že hasiaci gél Hydrex zvyšuje požiaru odolnosť haseného materiálu.

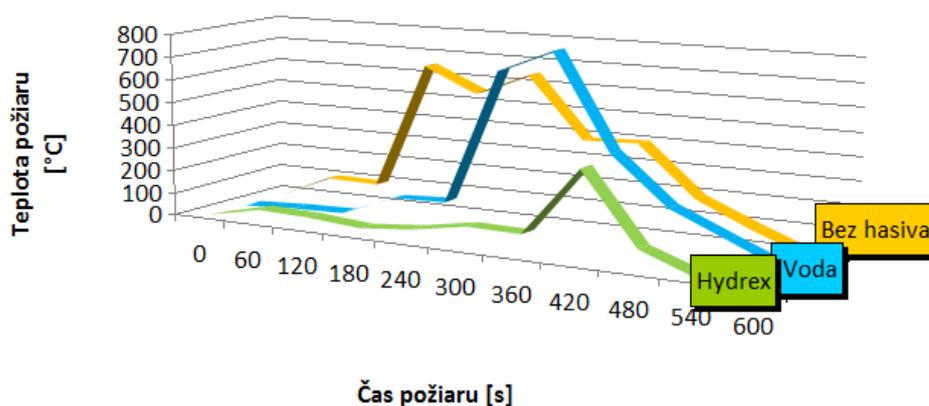


Figure 4 The fire progression curve confirms the effect.

Základné vlastnosti gélu Hydrex:

- Rýchlejšie a radikálnejšie zníženie teploty v ohnisku požiaru.

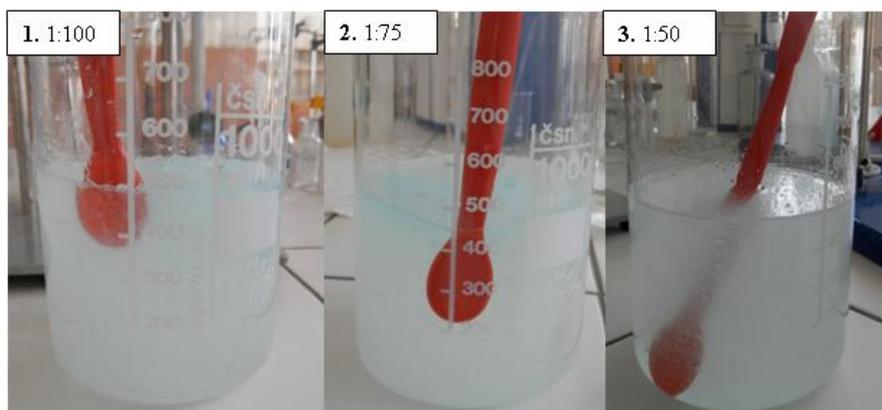
- Oheň je uhasený v kratšom čase pomocou menšieho množstva vody.
- Po odparení vody sa na povrchu haseného materiálu vytvorí bariéra v podobe slanej kôrky, ktorá zabraňuje rýchlemu a opätovné vznieteniu a spôsobuje, že horľavý materiál je ohňovzdorný.
- Vytvorí chladiacu bariéru proti vyžarovanému teplu.
- Pomocou gélu Hydrex možno zabrániť šíreniu požiaru na susedné objekty.

## 4. EXPERIMENTÁLNE SKÚMANIE ÚČINNOSTI HASIACEHO GÉLU HYDREX

Experimentálne skúmanie hasiaceho gélu Hydrex prebiehalo v chemickom laboratóriu na katedre požiarneho inžinierstva. Cieľom experimentálneho skúmania bolo pozorovať zvolenú horľavú látku v našom prípade sa jednalo o suchú drevenú dosku o hrúbke 8 mm, ktorú sme vložili do prístroja pre skúšku reakcie horľavých výrobkov na oheň, a po stanovený čas sme ju vystavili priamemu plameňu o dĺžke 25 mm. To sme opakovali na mokrej vzorke a na vzorke postriekanej Hydrexom. Vo všetkých prípadoch sa vykonávali viaceré opakovania pre relevantnosť výsledkov.



Figure 5 Device for testing the reaction of combustible products for fire



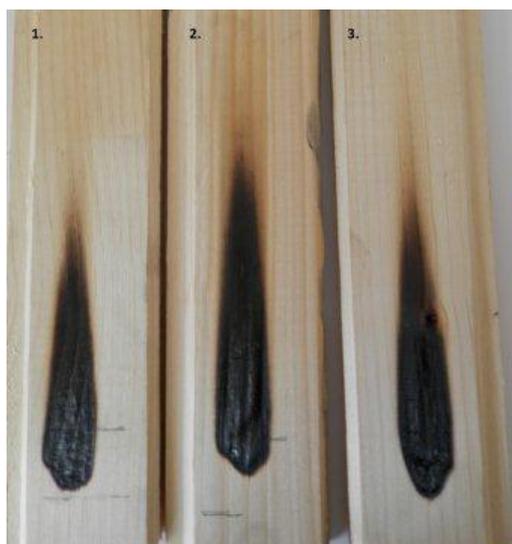
**Figure 6 Hydrex mixed with water in a specific proportion**

Na vykonanie pokusu nám najviac vyhovuje pomer vody a hydrexu 1: 75, čo predstavuje 3,75g Hydrexu na 0,5l vody. Táto vzorka spĺňa najlepšie vlastnosti čo sa hustoty hasiaceho gélu a priľnavosti na povrch telies požaduje.

## Skúška reakcie na oheň vybraných vzoriek

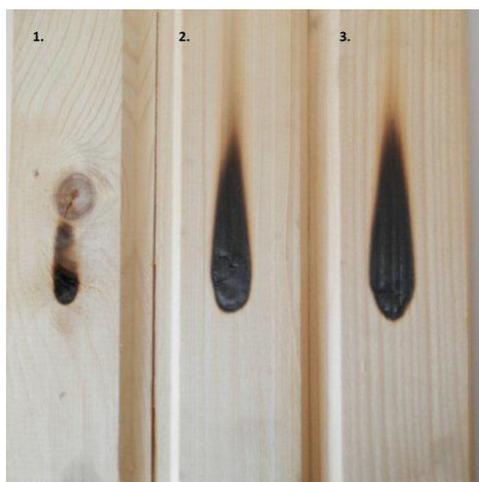
Cieľom tohto pokusu je zistiť reakciu na oheň drevenej dosky o hrúbke 8 mm, a porovnať jednotlivé vzorky, ktoré nám simulujú hasenie vodou tejto vzorky alebo hasenie hasiacim gélom Hydrex.

1. Ako prvú vzorku sme zvolili drevenú dosku o hrúbke 8 mm, ktorú sme v prístroji na skúšku reakcie horľavých výrobkov na oheň vystavili priamemu plameňu o dĺžke 25 mm, po dobu jednej minúty. Pokus sme opakovali 20-krát.



**Figure 7 The samples of dry wood boards after attempting**

2. Ako druhú vzorku sme zvolili mokrú drevenú dosku o hrúbke 8 mm, ktorá nám simuluje situáciu počas hasenia. V prístroji na skúšku reakcie horľavých výrobkov na oheň sme ju vystavili priamemu plameňu o dĺžke 25 mm, po dobu jednej minúty. Pokus sme opakovali 20-krát.



**Figure 8** The samples of wet wooden boards after attempting

Ako môžeme pozorovať na vzorkách drevená doska postriekaná vodou má väčšiu požiaru odolnosť než suchá drevená doska. Požiaru odolnosť tejto vzorky je síce väčšia, ale len po určitý čas.

3. Ako tretiu vzorku sme zvolili drevenú dosku o hrúbke 8 mm, na ktorú sme nastriekali hasiaci gél Hydrex namiešaný v pomere 1:75 čo nám predstavuje 3,75g Hydrex-formuly na 0,5l vody. Táto vzorka nám simuluje situáciu počas hasenia hasiacim gélom Hydrex. V prístroji na skúšku reakcie horľavých výrobkov na oheň sme ju vystavili priamemu plameňu o dĺžke 25 mm, po dobu jednej minúty. Pokus sme opakovali 20-krát.



**Figure 9** The samples of wooden boards with fire extinguishing gel Hydrex after attempting



Ako môžeme pozorovať na danej vzorke hasiaci gél Hydrex priľne k materiálu, ktorý je ním hasený. Vytvorí sa vrstva gélu, ktorá ho chráni a zároveň tým obmedzuje šíreniu požiaru. Tým sa zvyšuje požiarne odolnosť materiálu na rozdiel ako pri hasení toho istého materiálu vodou.

## 5. ZÁVER

Následky všetkých požiarov sú vždy negatívne až katastrofálne, či už sú to lesné požiare, požiare výrobných hál alebo požiare bytových jednotiek, kde dochádza k najzávažnejším škodám, pretože tam nevzniká len majetková ujma, ale aj poranenia až smrť osôb nachádzajúcich sa v objektoch. Netreba ale zabúdať ani na nepriame škody ako je znečistenie životného prostredia produktmi požiaru. Preto je aj v článku štatistický poukázanie na požiare obytných domov, v ktorých je malý pomer zastavanej plochy k počtu obyvateľov. Pri požari bytovej jednotky je potrebné si uvedomiť, že nie je ohrozená len jedna jednotka, ale celý objekt, čím môžu vzniknúť katastrofálne následky.

Pre zníženie škôd spôsobených požiarom je potrebné používať hasiace látky s prísadami ako je napríklad Hydrex® – formula, ktorá niekoľkonásobne zvyšuje účinnosť hasiacej vody, čím sa znižuje jej použité množstvo, zvyšuje sa požiarne odolnosť materiálu, na ktorý je gél nastriekaný a tým zabraňuje opätovnému vznieteniu, má neutrálny vplyv na životné prostredie, pretože je odbúrateľný UV žiarením. Všetky tie vlastnosti boli predmetom experimentálneho skúmania Inštitucionálneho grantového projektu s názvom Experimentálne skúmanie účinnosti hasiaceho gélu Hydrex®.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] Rozkaz prezidenta Hasičského a záchranného zboru o vydaní Takticko-metodických postupov vykonávania zásahov č.20/2007.
- [2] Metodický list č. 30 - Hasenie bytových požiarov MVSR – Prezídium hasičského a záchranného zboru .
- [3] Särdaqvist, S. (2006) – Vatten och andra släckmedel. Tryck Lenanders Grafiska AB Ort Kalmar Utgivningsår 2006 ISBN: 91-7253-314-5



- [4] LENHARD, R., NEMEC, P.: Boost of cooling power the roof cooling convectors.  
In: Experimental fluid mechanics 2010 : proceedings of the international conference : November 24.-26., 2010 Liberec, Czech Republic. - Liberec: Technical University, 2010. - ISBN 978-80-7372-670-6. - S. 364-369.
- [5] ŠIMONOVÁ, M. – POLORECKÝ, D.: Charakteristika kombinovaných rizík na konkrétnych príkladoch. In: Veda a krízové situácie. Medzinárodná konferencia mladých vedeckých pracovníkov. 9. – 10. Novembra 2010. Žilina. ISBN 978-80-554-0272-7.
- [6] New approach to fire-fighting, [online], [citované 10. 10. 2012].  
Dostupné na internete : <http://www.geofix.co.za/hydrax.htm>
- [7] Hydrex® Fire Fighting Equipment, [online], [citované 10. 10. 2012].  
Dostupné na internete :  
[http://www.tempestfire.co.za/hydrax\\_fire\\_fighting\\_equipment.php](http://www.tempestfire.co.za/hydrax_fire_fighting_equipment.php)

## Adresa autorov

Barbora Balcová, Ing.

Fakulta špeciálneho inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline,  
Katedra požiarneho inžinierstva, ul. 1.mája 32, 010 26 Žilina  
e-mail: [barbora.balcova@fsi.uniza.sk](mailto:barbora.balcova@fsi.uniza.sk)

Pavol Rubis Ing.

Fakulta špeciálneho inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline,  
Katedra požiarneho inžinierstva, ul. 1.mája 32, 010 26 Žilina  
e-mail: [pavol.rubis@fsi.uniza.sk](mailto:pavol.rubis@fsi.uniza.sk)



Key note

## STANOVENIE VPLYVU HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU NA FUNKČNOSŤ PVC KÁBLOV

### DETERMINATION OF HEAT FLUX INFLUENCE ON FUNCTION TIME OF PVC CABLES

Karol BALOG – Jozef MARTINKA – Marek HORUCKA

#### Abstract

Presented contribution deals with appreciate of heat flux influence on function time of unprotected and by chosen intumescent fire coat protected PVC cables. The influence of heat flux on function time of protected and unprotected time was carried out by infrared emitter at (12, 17, 20, 28, 42, 50 and 63) kW/m<sup>2</sup> heat flux. Obtained results indicate that both protected and unprotected PVC cables are resistant against heat flux up to 12 kW/m<sup>2</sup>. At higher heat flux the chosen intumescent fire coat has extended function time of protected PVC cable, but this extend of functional time have been no significant. Examined fire coat has increased critical heat flux causing ignition of PVC cable.

**Key words:** *Heat flux, intumescent fire coat, thermal resistance of PVC cables, fire investigation.*



## 1. Úvod

Chemické zloženie a fyzikálne vlastnosti materiálov (izolácie) elektrických káblov a spôsob vyhotovenia elektroinštalácie má popri ostatných faktoroch významný vplyv na bezpečnosť osôb, ale aj majetku za podmienok požiaru. Tejto problematike je v súčasnej dobe venovaná zvýšená pozornosť. V požiarnej skúšobníctve bolo zavedených viacero metód na hodnotenie správania sa káblov, resp. ich izolácií za podmienok pôsobenia zvýšených teplôt, resp. za podmienok podobných požiarnej podmienkam. Medzi najčastejšie používané patria skúšky určené na zatriedenie káblov do jednotlivých tried reakcií na oheň. Káble sa klasifikujú do siedmich tried reakcie na oheň ( $A_{ca}$ ,  $B1_{ca}$ ,  $B2_{ca}$ ,  $C_{ca}$ ,  $D_{ca}$ ,  $E_{ca}$  a  $F_{ca}$ ). Pre triedy reakcie na oheň  $B1_{ca}$ ,  $B2_{ca}$ ,  $C_{ca}$ ,  $D_{ca}$ , boli zavedené tri doplnkové klasifikácie: doplnková klasifikácie z hľadiska tvorby dymu ( $s1$ ,  $s1a$ ,  $s1b$ ,  $s2$  a  $s3$ ), z hľadiska tvorby horiacich kvapiek (častíc):  $d0$ ,  $d1$  a  $d2$  a z hľadiska kyslosti plynov vznikajúcich pri požari ( $a1$ ,  $a2$  a  $a3$ ). Reakcia na oheň elektrických káblov je definovaná, ako ich schopnosť za predpísaných podmienok skúšky vlastným rozkladom prispievať k rozvoju požiaru, ktorému sú exponované. Najmenej k rozvoju požiaru prispievajú káble triedy reakcie na oheň  $A_{ca}$  a najviac triedy reakcie na oheň  $F_{ca}$ . Podobne tvorba dymu, horiacich kvapiek (častíc) a kyslosť uvoľnených plynov za podmienok skúšky narastá s narastajúcim číslom doplnkovej klasifikácie. Podrobnejší prehľad skúšobných metód na zatriedenie káblov do triedy reakcie na oheň uvádzajú napr. Osvald et al. (2009).

Okrem triedy reakcie na oheň sa pri kábloch (v závislosti od plánovanej aplikácie) skúša a hodnotí najmä: hustota dymu pri horení, rýchlosť šírenia plameňa za definovaných podmienok skúšky, celistvosť obvodu a funkčná odolnosť káblových systémov.

Okrem uvedených normalizovaných skúšok je v požiarnej inžinierstve často dôležité poznať kritický tepelný tok, ktorý spôsobí znefunkčnenie kábla za stanovený časový interval, resp. časové intervaly funkčnosti kábla pri jeho zaťažení definovanými hustotami externých tepelných tokov. Uvedený údaj nájde široké uplatnenie pri predikovaní doby funkčnosti (životnosti) káblov za podmienok požiaru na základe matematického modelovania rozvoja požiaru. Údaj o predikovanej životnosti kábla za podmienok požiaru na základe matematického modelovania požiaru, môže byť spätne



využitý napr. pri zisťovaní príčin vzniku požiarov. Problematikou matematického modelovania požiarov sa bližšie zaoberajú napr. Mózer a Marková (2007) a problematikou zisťovania príčin požiarov napr. Zachar et al. (2012).

Mechanizmus, ktorý spôsobí znefunkčnenie kábla pri jeho zaťažení externým tepelným tokom, je založený na roztavení a termickej degradácii izolácie medzi vodičmi kábla. Roztavenie a degradácia izolácie spôsobí, že medzi vodičmi s rozdielnym potenciálom (napr. medzi krajným a neutrálnym vodičom) začne pretekať elektrický prúd. Pretekajúci prúd zapríčini ďalšie prehrievanie vodiča vplyvom Jouleových strát. Uvoľnené teplo prispieva k taveniu a termickej degradácii izolácie a ďalšiemu poklesu izolačného odporu (pri vysokých hustotách externého tepelného toku však môže byť tento efekt zanedbateľný). Pri poklese izolačného odporu pod určitú kritickú hodnotu dôjde ku kritickému nárastu elektrického prúdu pretekajúceho vodičom a následnému odpojeniu kábla od zdroja elektrického napätia ochranným prístrojom (ističom).

Cieľom predloženého príspevku je stanoviť vplyv hustoty tepelného toku na časový interval funkčnosti nechránených a vybraným intumescentným protipožiarnym náterom chránených PVC káblov.

Výskumu správania sa PVC zaťaženého zvýšenými teplotami sa venovali viacerí autori, napr. Tureková a Balog (2004) a Ponce-Ibarra et al. (2007). Je však potrebné podotknúť, že správanie sa konkrétneho PVC významne závisí od množstva pridaných zmäkčovadiel a ostatných aditív. Pričom platí, že s narastajúcim množstvom pridaných zmäkčovadiel, klesá odolnosť PVC voči zapáleniu, šíreniu plameňa a rovnako klesá jeho limitné kyslíkové číslo. Aj keď PVC vykazuje relatívne vysokú odolnosť voči iniciácii (napr. podľa Baloga a Košíka, 1980 sa teplota vznietenia mäkkého PVC pohybuje v rozmedzí 340 až 360 °C a tvrdého PVC v rozmedzí 450 až 460 °C) a tvrdý PVC sa všeobecne označuje ako samozhášavý, tento materiál sa nepovažuje za odolný voči termickému zaťaženiu. Podľa Turekovej a Baloga (2004) začínajú prvé degradačné reakcie PVC (dehydrochlorácia) prebiehať už pri teplotách nad 100 °C. Rýchlosť uvoľňovania chlóru pri termickom zaťažení PVC teplotami (160, 170 a 180) °C ilustruje obr. 1.

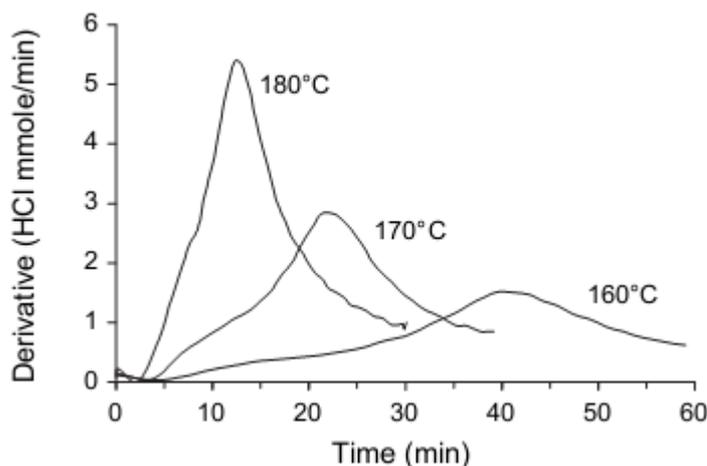


Figure 1 HCl evolution of PVC sample (Ponce-Ibarra, 2007)

## 2. Popis experimentu a použitých skúšobných vzoriek

Vplyv hustoty tepelného toku na časový interval funkčnosti (životnosť) nechránených a vybraným intumescentným protipožiarnym náterom chránených PVC káblov, bol stanovený na základe merania časovej závislosti ich izolačného odporu pri variabilných hustotách tepelného toku. Zdrojom infračerveného žiarenia bol vertikálne orientovaný elektricky vyhrievaný špirálový žiarič s príkonom 15 kW. Závislosť hustoty tepelného toku od vzdialenosti od žiariča ilustruje obr. 2.

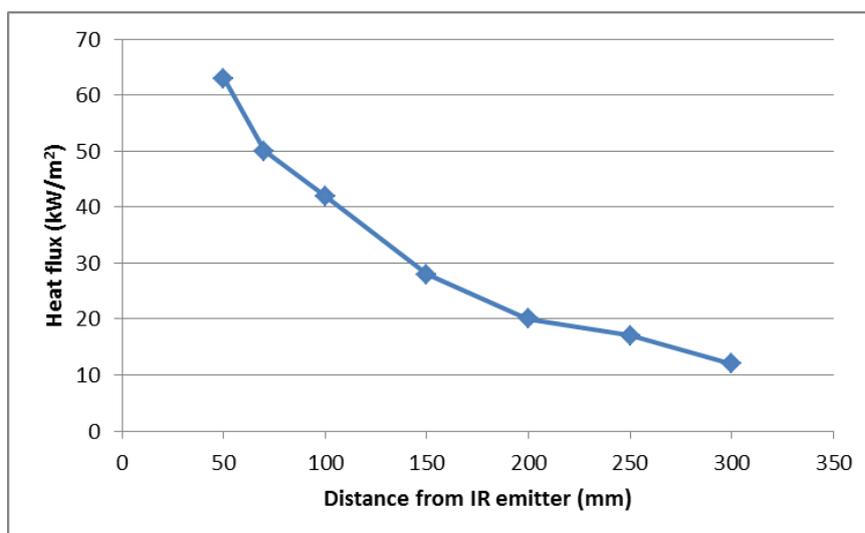


Figure 2 Influence of distance from used infrared emitter on its heat flux



Na výskum bol použitý dvojžilový kábel, ktorého izolácia vodičov aj plášť bola z PVC. Prierez vodičov bol  $1,5 \text{ mm}^2$ . Chránený PVC kábel bol ošetrený dvomi vrstvami vybraného protipožiarného intumescentného náter. Vzorok kábla boli dlhé 1 m, pričom tepelným tokom bola priamo exponovaná časť vzoriek v strede s dĺžkou 30 cm. Na oboch koncoch káblových vzoriek bola na úseku približne 5 cm odstránená izolácia kvôli meraniu izolačného odporu. Izolačný odpor bol meraný pri tepelných tokoch (63, 50, 42, 28, 20, 17 a 12)  $\text{kW/m}^2$  v periodických časových intervaloch. Na meranie izolačného odporu bol použitý megaohmmeter typu IMI-11 s meracím rozsahom (0 až 50)  $\text{M}\Omega$  a skúšobnom napätí 500 V. Podľa požiadaviek STN 33 2000-6:2007, musí mať elektroinštalácia minimálnu hodnotu elektrického odporu  $0,5 \text{ }\Omega\text{M}$ . Aj keď uvedená hodnota minimálneho izolačného odporu bola stanovená z hľadiska zabezpečenia ochrany pred úrazom elektrickým prúdom, budeme túto hodnotu považovať za kritickú aj z hľadiska samotnej funkčnosti elektrického kábla. Tento prístup bol zvolený na základe dvoch skutočností. Kábel zaťažený externým tepelným tokom v priebehu svojej trasy môže napájať elektrické zariadenie v priestore v ktorom jeho obsluha o vzniku požiaru (tepelnom namáhaní) nevie. Druhou skutočnosťou je, že pri izolačnom odpore  $0,5 \text{ M}\Omega$  ešte kábel funkčný bude, ale za podmienok požiaru, kedy izolačný odpor klesol v rámci krátkeho časového intervalu následkom pôsobenia vysokých tepelných tokov, možno predpokladať veľmi krátky čas od poklesu izolačného odporu na hodnotu  $0,5 \text{ M}\Omega$  až po úplné znefunkčnenie kábla. K relatívne krátkemu času poklesu izolačného odporu kábla z hodnoty  $0,5 \text{ M}\Omega$  po jeho úplné znefunkčnenie prispieva aj ohrievanie kábla vplyvom Jouleových strát, ktoré narastajú následkom zvyšovania elektrického odporu vodiča s narastajúcou teplotou kábla. Ďalším efektom prispievajúcim k ohreву kábla, pri znížení izolačného odporu na, resp. pod hodnotu  $0,5 \text{ M}\Omega$ , je prúd tečúci medzi krajným a neutrálnym vodičom, resp. medzi krajnými vodičmi. Stanoviť presne hodnotu izolačného odporu, kedy nastane úplné znefunkčnenie kábla (napr. jeho samočinné odpojenie ističom) je možné len na základe znalosti prierezu vodičov, ich tepelného koeficientu elektrického odporu, efektívnej hodnoty napätia, príkonu napájaného zariadenia a vypínacej charakteristiky ochranného prístroja. Pri meraných tepelných tokoch pôsobiacich na elektrické káble však treba zohľadniť aj úbytok napätia vplyvom zvýšenej teploty pri elektrických kábloch, ktoré musia mať funkčnú odolnosť za podmienok požiaru, túto problematiku bližšie rieši napr. Gillian et al. (2010).

Experiment trval 120 min, prípadne po pokles izolačného odporu na 0,5 MΩ.

Zvolené hustoty tepelných tokov vychádzali čiastočne zo vzdialeností od infračerveného žiariča (50, 70, 100, 150, 200, 250 a 300) mm. Zvolené hodnoty však do značnej miery rešpektujú aj dynamiku rozvoja požiaru, nakoľko podľa Karlssona a Quintiera (2000) je kritická hustota tepelného toku pre vznik javu falsh-over (15 až 20) kW/m<sup>2</sup>. Hustota tepelného toku 12 kW/m<sup>2</sup> reprezentuje stav tesne pred dosiahnutím kritickej hodnoty pre vznik flash-over, tepelné toky (17 a 20) kW/m<sup>2</sup>, reprezentujú stav v oblasti kritických tepelných tokov pre vznik javu flash-over a tepelné toky (28, 42, 50 a 63) kW/m<sup>2</sup>, reprezentujú plne rozvinutý požiaru (fáza post flash-over). Kritické tepelné toky pre vznik flash-over uvádzané citovanými autormi sa však vzťahujú na celý požiarne úsek (hustota tepelného toku z stropu na podlahu). Hustoty tepelného toku na vybranú časť požiarneho úseku (konštrukciu, horľavý materiál, káblový systém a pod.) môžu byť aj vo fáze pre flash-over podstatne vyššie, preto skúmané tepelné toky umožňujú posúdenie aj vplyvu lokálneho požiaru vo fáze pre flash-over.

### 3. Výsledky a diskusia

Vplyv hustoty tepelného toku na čas poklesu izolačného odporu nechráneného PVC kábla na hodnotu 0,5 MΩ ilustruje obr. 3.

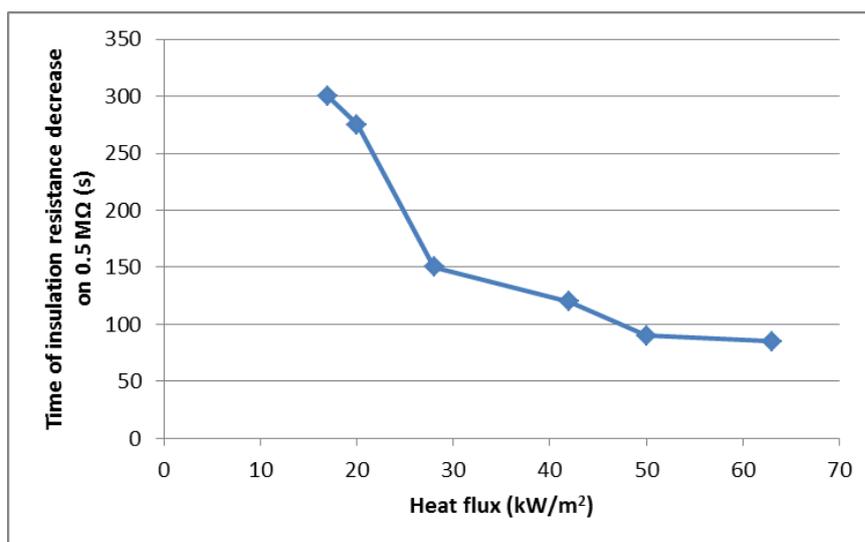
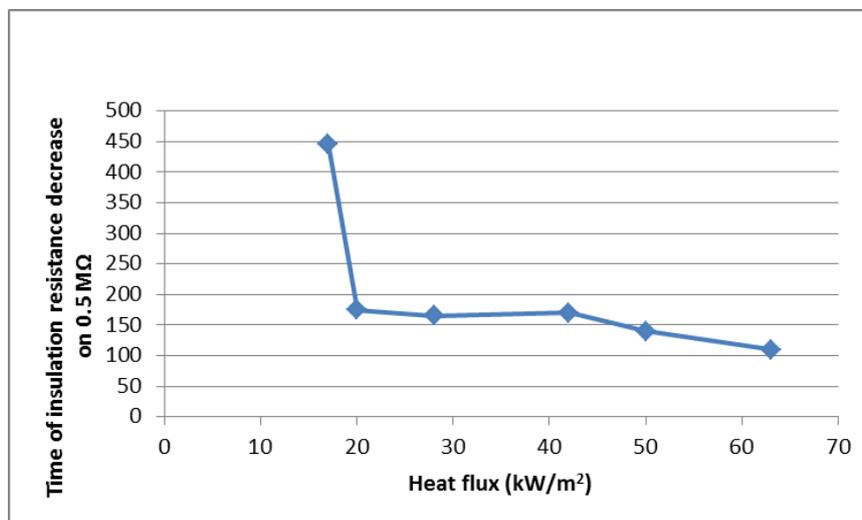


Figure 3 Influence of heat flux on time of insulation resistance decrease on 0.5 MΩ value of unprotected PVC cable

Vplyv hustoty tepelného toku na čas poklesu izolačného odporu chráneného PVC kábla na hodnotu  $0,5 \text{ M}\Omega$  ilustruje obr. 4.



**Figure 4 Influence of heat flux on time of insulation resistance decrease on  $0.5 \text{ M}\Omega$  value of protected PVC cable**

Pri hustote tepelného toku  $12 \text{ kW/m}^2$  nebol zaznamenaný pokles izolačného odporu na, resp. pod, hodnotu  $0,5 \text{ M}\Omega$  chráneného ani nechráneného PVC kábla počas celého času skúšky (120 min). To však neznamená, že by uvedená hodnota hustoty tepelného toku bola pre PVC kábel bezpečná, nakoľko izolačný odpor chráneného kábla poklesol na hodnotu  $1,8 \text{ M}\Omega$  a nechráneného kábla na  $0,8 \text{ M}\Omega$  a teda ich životnosť by bola niekoľkonásobne skrátená oproti stavu, keby neboli externému tepelnému toku vystavené.

Dynamiku poklesu izolačného odporu chráneného PVC kábla pri hustote tepelného toku  $12 \text{ kW/m}^2$  ilustruje obr. 5 a nechráneného PVC kábla obr. 6.

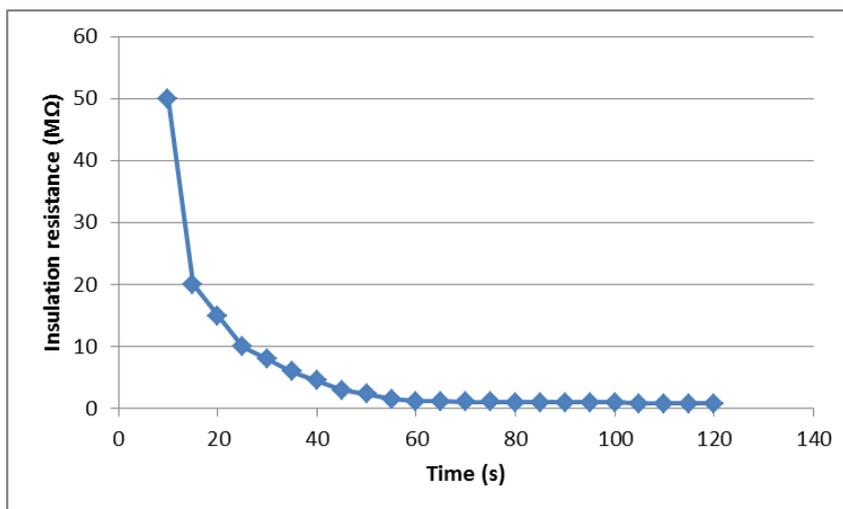


Figure 5 Time dependence of insulation resistance of unprotected PVC cable for heat flux  $12 \text{ kW/m}^2$

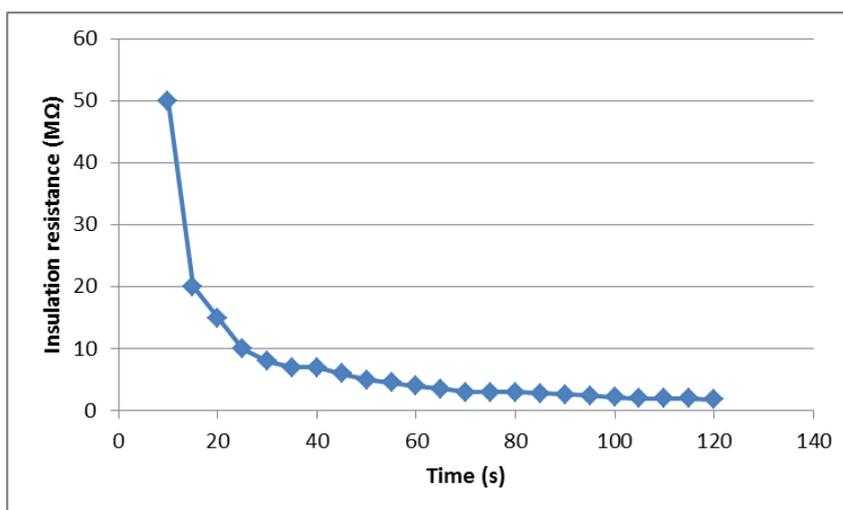


Figure 6 Time dependence of insulation resistance of protected PVC cable for heat flux  $12 \text{ kW/m}^2$

Prezentované výsledky naznačujú, že ochranný účinok posudzovaného intumescentného náteru klesá s narastajúcou hustotou tepelného toku. Napr. pri hustote tepelného toku  $12 \text{ kW/m}^2$ , bol po 120 minútach izolačný odpor chráneného PVC kábla v porovnaní s nechráneným viac ako dvojnásobný. Podobne pri hustote tepelného toku  $17 \text{ kW/m}^2$ , bol čas poklesu izolačného odporu na hodnotu  $0,5 \text{ M}\Omega$  chráneného PVC kábla o takmer 50 % vyšší v porovnaní s nechráneným. Z hľadiska funkčnosti kábla za skúmaných podmienok by však toto predĺženie nemalo žiadny význam, nakoľko aj po ošetroení intumescentným náterom kábel nevykazoval funkčnosť ani 10 min (445 s).



Anomália pri tepelnom toku  $20 \text{ kW/m}^2$  (izolačný odpor chráneného kábla klesol pod hodnotu  $0,5 \text{ M}\Omega$  za kratší časový interval v porovnaní s nechráneným káblom), bola pravdepodobne spôsobená spôsobom uchytenia skúšobnej vzorky, ktorá bola na jednom konci uchytená v oceľovej trubke s dĺžkou  $5 \text{ cm}$  a na druhej strane na háčiku z drôtu s priemerom  $2 \text{ mm}$ . Tlak háčika mohol spôsobiť rýchlejší pokles izolačného odporu.

Pri tepelnom toku  $28 \text{ kW/m}^2$  boli časové intervaly potrebné na pokles izolačných odporov chráneného a nechráneného PVC kábla pod kritickú hodnotu takmer identické, líšili sa menej ako o  $10 \%$ . Pri vyšších tepelných tokoch ( $42, 50$  a  $63 \text{ kW/m}^2$ ) vykazoval chránený PVC kábel o minimálne  $22 \%$  dlhší časový interval potrebný na pokles izolačného odporu pod kritickú hodnotu. Uvedené predĺženie odolnosti kábla pred pôsobením tepelného toku však nemá významné praktické využitie, nakoľko odolnosť chráneného PVC kábla pri pôsobení tepelného toku  $42 \text{ kW/m}^2$  bola menej ako  $3$  minúty.

Plameňové horenie nechráneného PVC kábla bolo pozorované do hustoty tepelného toku  $42 \text{ kW/m}^2$ . Najbližší skúmaný tepelný tok, pri ktorom už vzorky nehoreli bol  $28 \text{ kW/m}^2$ , teda kritický tepelný tok iniciácie skúmaných PVC káblov bol medzi ( $28$  až  $42 \text{ kW/m}^2$ ). Pri intumescentným náterom chránených PVC kábloch bolo plameňové horenie pozorované do hustoty tepelného toku  $50 \text{ kW/m}^2$ . Najbližší skúmaný tepelný tok, pri ktorom už vzorky nehoreli bol  $42 \text{ kW/m}^2$ , teda kritický tepelný tok iniciácie skúmaných PVC káblov (chránených intumescentným náterom) bol medzi ( $42$  a  $50 \text{ kW/m}^2$ ).

## 4. Záver

V preloženom článku bol stanovený vplyv hustoty tepelného toku na čas funkčnosti nechránených a intumescentným náterom chránených PVC káblov.

Doba funkčnosti PVC káblov zaťažných externým tepelným tokom však závisí od množstva faktorov, predovšetkým od spôsobu uloženia kábla, jeho prúdového zaťaženia (príkone napájaného spotrebiča), efektívnej hodnoty napätia a vypínacej charakteristiky (vypínacieho prúdu) ochranného prístroja (ističa). Rovnako sa za podmienok požiaru nevyskytuje iba prenos tepla žiarením z miesta lokálneho požiaru na káblový systém, ale významná časť sa šíri aj prúdením.



Všetky uvedené skutočnosti by mali byť zohľadnené pri ďalšom výskume vplyvu hustoty tepelného toku (resp. kombinovaného prenosu tepla prúdením a žiarením) na dobu funkčnosti PVC káblov. Rovnako by sa mal ďalší výskum zamerať na zmeranie kritického tepelného toku vznietenia PVC káblov s presnosťou na  $1 \text{ kW/m}^2$  a stanovenie vplyvu prúdového zaťaženia kábla na kritický tepelný tok vznietenia PVC káblov a doby ich funkčnosti. Okrem toho by sa mal predmetný výskum rozšíriť aj na bezhalogénové káble a ich porovnanie s káblami PVC z hľadiska kritického tepelného toku.

## PodĎakovanie

*Tento článok vznikol vďaka podpore v rámci OP Výskum a vývoj pre projekt: CE pre vývoj a aplikáciu diagnostických metód pri spracovaní kovových a nekovových materiálov, [ITMS: 26220120048](https://www.researchgate.net/publication/26220120048), spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.*

*Autori ďakujú Ing. Jozefovi Harangózovi za pomoc pri stanovení vplyvu vzdialenosti od IR žiariča na hustotu tepelného toku.*

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

BALOG, K., KOŠÍK, S. 1980. PVC. In: Požiarnik, 1980, roč. 57, č. 16, s. 13. Podľa: TUREKOVÁ, I., BALOG, K. 2004. Štúdium vysokoteplotnej degradácie PVC kábla termoanalytickými metódami. In: Materials science and technology. 2004, roč. 4, č. 2, ISSN 1335-9053.

Dostupné na internete:  
<[www.mtf.stuba.sk/docs//internetovy\\_casopis/2004/2/turekova.pdf](http://www.mtf.stuba.sk/docs//internetovy_casopis/2004/2/turekova.pdf)>.

GILLIAN, F. et al. 2009. Protipožiarné vlastnosti káblov – označovanie stavebných výrobkov: smernica pre navrhovanie. 2009, s. 8-14. Dostupný na internete:  
<[http://www.elkond.sk/wp-content/uploads/2009/10/APPO\\_TN\\_004\\_2010.11.pdf](http://www.elkond.sk/wp-content/uploads/2009/10/APPO_TN_004_2010.11.pdf)>

KARLSSON, B., QUINTIERE, J. G. 2000. *Enclosure fire dynamics*. Boca Raton: CRC Press LLC, 2000. 336 p. ISBN 0-8493-1300-7.



MÓZER, V., MARKOVÁ, I. 2007. Modelovanie hasenia SHZ s náplňou CO<sub>2</sub> pre vybraný požiarový scenár. In: *Fireco 2007*. Bratislava: Požiarnotechnický a expertízny ústav MV SR v Bratislave, 2007. ISBN 978-80-89051-08-3. s. 231-241.

OSVALD, A. et al. Hodnotenie materiálov a konštrukcií pre potreby protipožiarnej ochrany. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2009. 355 s. ISBN 978-80-228-2039-4.

PONCE-IBARRA, V. H. 2007. Thermal degradation of PVC synthesized with a titanocene catalysis II. Complementary isothermal results. In: *Polymer degradation and stability*. 2007, vol. 92, issue 6, pp. 1133-1140, ISSN 0141-3910

TUREKOVÁ, I., BALOG, K. 2004. Štúdium vysokoteplotnej degradácie PVC kábla termoanalytickými metódami. In: *Materials science and technology*. 2004, roč. 4, č. 2, ISSN 1335-9053.

Dostupné na internete:  
<[www.mtf.stuba.sk/docs//internetovy\\_casopis/2004/2/turekova.pdf](http://www.mtf.stuba.sk/docs//internetovy_casopis/2004/2/turekova.pdf)>.

ZACHAR, M. et al. 2012. Zisťovanie príčin požiarov v spojitosti s forenznými vedami. In: *Delta : vedecko-odborný časopis Katedry protipožiarnej ochrany*. 2012, roč. 6, č. 11, s. 33-37, ISSN 1337-0863.

STN 33 2000-6:2007 : Elektrické inštalácie nízkeho napätia. Časť 6 : Revízia.

## Adresa autorov

Prof. Ing. Karol Balog, PhD., e-mail: [karol.balog@stuba.sk](mailto:karol.balog@stuba.sk)

Ing. Jozef Martinka, PhD., e-mail: [jozef.martinka@stuba.sk](mailto:jozef.martinka@stuba.sk)

Bc. Marek Horucka, e-mail: [xhoruckam@stuba.sk](mailto:xhoruckam@stuba.sk)

Slovenská technická univerzita v Bratislave



Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave  
Ústav bezpečnostného a environmentálneho inžinierstva  
Paulínska 16, 917 24 Trnava



**VYUŽITIE VYSOKOŠKROBOVEJ ŽABURINKY AKO  
ALTERNATÍVNEJ SUROVINY PRE VÝROBU  
BIOETANOLU**

**UTILIZATION OF HIGHT-STARCH DUCKWEED AS  
AN ALTERNATIVE RAW MATERIAL FOR BIOETHANOL  
PRODUCTION**

Alica BARTOŠOVÁ, Maroš SOLDÁN

**Abstract**

The Greenhouse effect as well the cost of fuel and food constantly forcing us to pay attention to investigate alternative options for biofuel production. This article focuses on the production of ethanol from water plant named Duckweed. It is perennial plant with a high starch content which can be further adapted to growth conditions in considerably increased. Starch content can range up to about 65%. Bioethanol from Duckweed is made by similar process as bioethanol made from corn or potatoes. Many analyses show that this method is comparable with the procedure of production from corn. The first step is the cultivation and harvesting of biomass, followed by accumulation of starch, enzymatic hydrolysis, fermentation and the final step is distillation which gives the final bioethanol.

**Keywords:** *duckweed, bioethanol, starch, fermentation*

**1. ÚVOD**

Výroba palivového etanolu z obnoviteľnej žaburinkovej biomasy môže prispieť k zníženiu závislosti na ropе, znížiť emisie oxidu uhličitého. Zároveň tiež ponúka aj



alternatívu na využívanie konvenčných plodín prvej generácie pre výrobu biopalív, ako sú zemiaky, kukurica a cukrová repa, čím sa rieši ich hlavný problém využívania "palivo vs. potrava", ktorý ovplyvňuje cenu obidvoch týchto komodít. Poľnohospodárske rastliny týchto druhov sa stále stretávajú s produkčnými limitami, a preto je nutné neustále hľadať nové zdroje. Biopalivá druhej generácie sú vyrábané z lignocelulózových plodín. Výrobný proces, ktorý sa používa v tomto spôsobe produkcie bioetanolu, je v porovnaní s výrobou zo škrobových plodín, technologicky i ekonomicky náročnejší. [1] A práve vo využití vysokoškrovej žaburinky sa ponúka možnosť ako vyriešiť problémy oboch týchto generácií plodín.

## 2. VÝROBA BIOETANOLU ZO ŽABURINKY

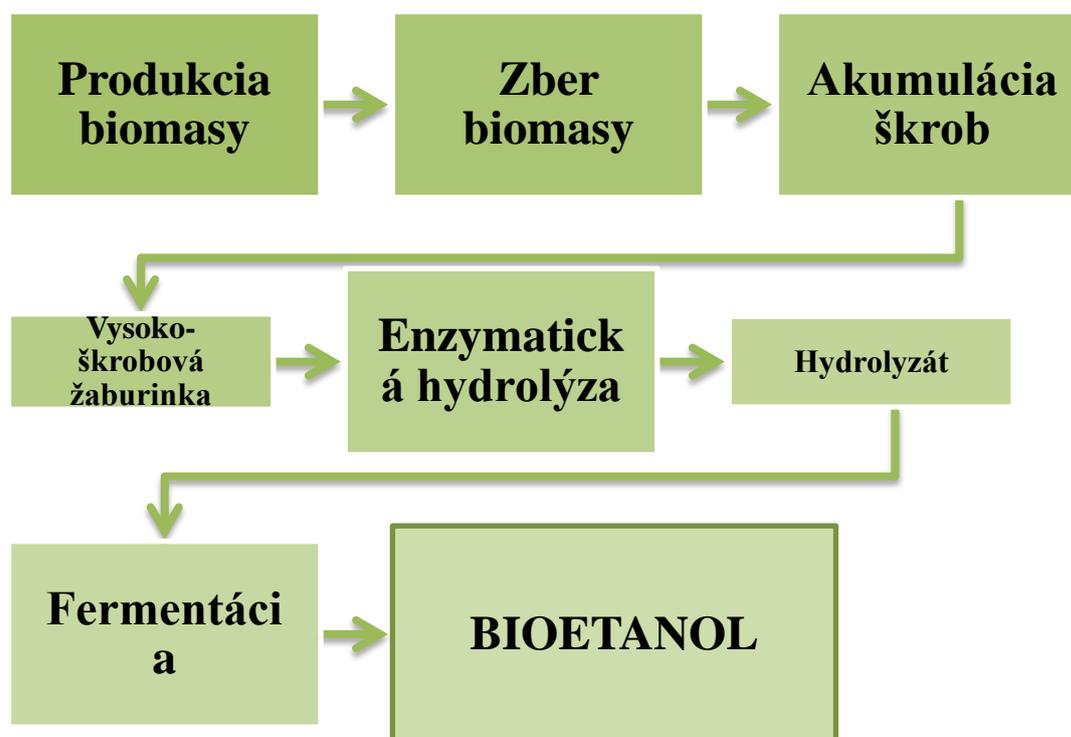
Bioetanol sa vyrába kvasením cukru, škrobu alebo lignocelulózového materiálu. Podľa analýz Chenga a Stompovej zo Štátnej Univerzity v Severnej Karolíne je žaburinková biomasa dobrým zdrojom bielkovín, rovnako ako škrobu, takže existuje veľa možností pre výrobu proteínových koncentrátov a najmä etanolu. [2]

Žaburinka alebo Lemnaceae je rodina jednoklíčnolistových rastlín obsahujúce asi 25 druhov, mnoho z nich sú kozmopolitné. Sú to drobné, voľne na hladine plávajúce rastlinky, ktoré môžu vytvárať hrubé až niekoľko vrstvené koberce na hladine na stojatých alebo pomaly tečúcich hladinách vôd. Vyskytuje sa na všetkých svetových kontinentoch, s výnimkou Arktídy, a rastie vo všetkých ročných obdobiach. Každá rastlina sa skladá z oválnych zaoblených, sploštených zelených vejárovitých listov s kožovitou konzistenciou. Žaburinka preferuje chladnejšie teploty a pH pod 4. [3] Jej jednoduchá kultivácia v laboratórnych podmienkach, jednoduchá štruktúra, nepohlavné rozmnožovanie a krátka doba reprodukcie sú hlavné dôvody, prečo sa tento organizmus používa v skúškach toxicity, v skúškach environmentálnych vzoriek a tiež je využívaná pre hodnotenie toxických účinkov vzoriek rôznych typov odpadových vôd a kalov, vzoriek z riečnych sedimentov, teda pre vzorky obyčajne zakalené s veľkým množstvom suspendovaných látok. [4] Tempo rastu a chemické zloženie žaburinky veľmi závisí od koncentrácie minerálov vo vode, pH, teploty, slnečného žiarenia. Obsah vody v tele žaburinky je od 86% až po 97%. Pevná frakcia z divokej kolónie žaburinky rastúcej na živinovo chudobných vodách sa pohybuje od 15 do 25% a obsah bielkovín

je od 15% až 30%. Žaburinka pestovaná v ideálnych podmienkach bude mať obsah vlákniny od 5 až 15% a obsah bielkovín 35 - 45%, v závislosti od jej druhu.[5]

Enzymatickou hydrolýzou žaburinkovej biomasy s amylázou sa získal hydrolyzát s obsahom redukujúcich sacharidov 50,9 % z pôvodnej suchej žaburinkovej biomasy. Fermentáciou tohto hydrolyzátu sa získalo 25,8% etanolu z celkovej pôvodnej suchej biomasy. Tieto výsledky indikujú, že využitie žaburinky ako vstupnej suroviny pre výrobu bioetanolu je perspektívne [2,8].

Okrem toho tento druh biomasy ma niekoľko charakteristík, ktoré umožňujú výrobu bioetanolu s mnohými výhodami a ktoré by mohli znížiť celkové výrobné náklady v porovnaní s kukuricou. Napríklad predúprava žaburinky si nevyžaduje, alebo len veľmi málo, mletie alebo drvenie, čím sa ušetrí značne veľké množstvo energie. Tiež vzniknutý odpad z výroby bioetanolu je podstatne vhodnejšia potrava pre poľnohospodárske zvieratá ako je kukuričný odpad [2].



Obrázok 1 Schematické znázornenie výroby bioetanolu zo žaburinkovej biomasy [8]

Figure 1 Schematic representation of the production of bioethanol from biomass [8]



Na Obrázku 1 je schematické znázornenie postupu výroby bioetanolu zo žaburinky. V prvom rade sa skladá z produkcie a zberu biomasy a akumulácie škrobu, pri ktorej sa získa vysoko-škrobová žaburinka. Ďalší krok je enzymatická hydrolýza pre scukornenie škrobu za vzniku redukujúcich sacharidov. Tie môžu byť následne fermentáciou premenené na bioetanol.

## 2.1 Produkcia biomasy

Tak ako všetky fotosyntetické organizmy, žaburinka rastie len v prítomnosti nutričov vo vode a slnečnej energii. Väčšina výskumu nutričných požiadaviek sa sústreďuje na potrebu dusíka, fosforu a draslíka (NPK). Dažďová voda zhromažďovaná v nádržiach môže obsahovať potrebné vyvážené množstvo NPK, ktoré môžu byť v podstate chápané ako anorganické hnojivo. Taktiež to môže byť rôzna hnijúca biomasa, voda z poľnohospodárstva alebo priemyslu. Odpadové vody z hospodárstva, kde sa chová dobytok, majú často dostatočné, alebo až príliš vysoké koncentrácie nutričov. Najmä z dôvodu vysokej koncentrácie amoniaku môže byť niekedy až nutné riediť túto odpadovú vodu než sa použije ako substrát pre rast žaburinky. Oblubuje teploty vôd medzi 6 a 33 ° C . Tempo rastu sa zvyšuje s teplotou vody, ale horná hranica je okolo 30 ° C, kedy sa rast spomaľuje a pri vyššej teplote sa až úplne zastaví. Žaburinka preživa pri pH medzi 5 a 9, ale rastie najlepšie v rozsahu pH 6.5-7.5 . [6]

## 2.2 Akumulácia škrobu

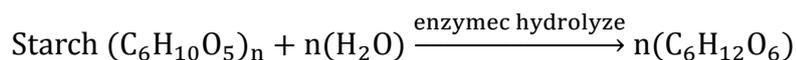
Žaburinková biomasa môže produkovať značné množstvo škrobu, ktorý môže byť ľahko fermentovaný na etanol. Ako už bolo spomenuté vyššie, môže sa obsah škrobu v biomase zvýšiť tým, že sa manipuluje s podmienkami pre rast, ako sú živín, teplota, pH, intenzita svetla a pod. Niektoré z týchto stratégií, vrátane ponechania žaburinky na určitý čas v tme, pri nízkych teplotách (10 až 15 ° C), alebo v pitnej vode (bez živín) boli skúmané s cieľom zistiť, či aj takéto jednoduché metódy dopomôžu k zvýšeniu škrob v žaburinkovej biomase. [7]

## 2.3 Enzymatická hydrolýza

Prvým krokom je tzv. želatinácia, je to proces, ktorý rozkladá intermolekulárne väzby škrobových molekúl v prítomnosti vody a tepla, čo umožňuje vodíkovým väzbám prijať viac vody. Tým dochádza k rozrušeniu škrobových zŕn. Prítomnosť vody zvyšuje náhodnosť vo všeobecnej štruktúre škrobových zŕn a znižuje počet a veľkosť



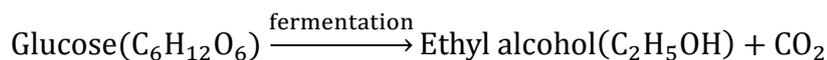
kryštalických oblastí. Teplo spôsobuje, že tieto oblasti sa stávajú difúzne a reťazce sa začnú rozdeľovať na amorfnú formu. Teda ak sa na škrobu aplikuje vlhké teplo granule sa premenia na želatínu, a vytvorí sa mäkká, hustá zmes krémovej konzistencie. Ďalším krokom je enzymatická hydrolyza pridaním  $\alpha$ -amylázy.



$\alpha$ -amylázy hydrolyzuje škrob náhodným štiepením vnútorných  $\alpha$ -1,4-glykozidových väzieb, čím sa získajú viac rozpustné zlúčeniny a zároveň sa uľahčí odstránenie škrobnatých nečistôt. Tento proces umožňuje nižšie hodnoty teplôt a pH. Stupeň hydrolyzy je vyjadrený ako ekvivalent dextrózy (DE), čo je percento zníženia cukru vypočítané ako dextróza suchej váhy.

## 2.4 Fermentácia

Tento hydrolyzát obsahuje už skvasiteľný monosacharid - glukózu a môže byť pomocou mikroorganizmov ako sú kvasinky (*Saccharomyces cerevisiae*) fermentovaný. Fermentácia prebieha v bioreaktoroch v neprítomnosti kyslíka pri teplote  $30 \pm 1$  ° C po dobu 72 hodín.



Ďalšie a posledný krok je destilácia pre separáciu etanolu, ako konečného a požadovaného produktu.

## 3. ZÁVER

Vzhľadom na nenáročnosť pestovania žaburinky, ktorá rastie na hladine stojatých alebo pomaly tečúcich vôd a vytvára až kontinuálny povlak, a tiež je pre všeobecné rozšírenie a inak žiadanú ekonomickú hodnotu, je možné ju považovať za ďalšiu vhodnú surovinu pre produkciu bioetanolu prakticky na celom svete. Žaburinka ma tiež remediačné vlastnosti a obsah proteínov sa pohybuje od 15 do 45%. Podľa mnohých štúdií je žaburinka cenným prírodným zdrojom bielkovín pre ryby, kurčatá, ovce,



ošípané a kozy. Avšak tento malá rastlinka môže produkovať aj značné množstvo škrobu, ktoré môže byť ľahko prevedené na bioetanol. Proces výroby etanolu zo žaburinkovej biomasy je jednoduchší ako výroba z celulózovej biomasy, čím sa znížia požiadavky na množstvo energie pri výrobe a teda aj na celkové náklady.

This contribution was created with the support of the Operational Programme Research and Development for project: „Hybrid power source for technical and consulting laboratory use and promotion of renewable energy sources“(ITMS 26220220056), financed from resources of the European Regional Development Fund.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

1. EurObserver. Biofuels Barometer [online],[26-11-11]. [http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat\\_baro/observ/baro185.pdf](http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat_baro/observ/baro185.pdf).
2. CHENG,J.J., STOMP.A.M., Growing duckweed to recover nutrients from wastewaters and for production of fuel ethanol and animal feed, Clean 2009, 37(1),17-26
3. Lemna minor, Plant Finder, [online]. <<http://www.aquaticplantcentral.com/forumapc/plantfinder/details.php?id=131>>
4. TÓTHOVÁ, L., MAKOVINSKÁ, J., VELICKÁ, Z., Lemna minor ako nástroj na stanovenie toxicity environmetálných vzoriek, Acta Environmentalica Universitatis Comenianae (BRATISLAVA) Vol. 15, 1(2007): 78–89 ISSN 1335-0285
5. SPILLICORN, P., SPIRA, W., JOURNEY, W.,Duckweed aquaculture, A New aquatic farming system for developing country, Washington, D.C., USA
6. LENG, R.A., Duckweed: A tiny aquatic plant with enormous potential for agriculture and environment, Rome (Italy),FAO, 1999, 108 p.
7. Ge, X., ZHANG N., PHILLIPS, G., XU, J., Growing Lemna Minor in Agricultural Wastewater and Converting the Duckweed Biomass to Ethanol, Bioresource Technology, 2012



8. XU, J., WEIHUA, C., CHENG, J.J., STOMP., A.M., Production of high-starch duckweed and its conversion to bioethanol, Biosystems Engineering 110(2011) 67-72

### Adresa autorov

Ing. Alica Bartošová,

Katedra environmentálneho inžinierstva,

Ústav bezpečnostného a environmentálneho inžinierstva,

Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave,

Slovenská technická univerzita v Bratislave,

Botanická 49, 917 24 Trnava

e-mail: [alica.bartosova@stuba.sk](mailto:alica.bartosova@stuba.sk)

doc. Ing. Maroš Soldán, PhD.

Ústav bezpečnostného a environmentálneho inžinierstva,

Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave,

Slovenská technická univerzita v Bratislave,

Botanická 49, 917 24 Trnava

e-mail: [maros.soldan@stuba.sk](mailto:maros.soldan@stuba.sk)



## FYZIKÁLNE METÓDY A DETEKCIA NEBEZPEČNÝCH LÁTOK

### PHYSICAL METHODS AND DETECTION OF HAZARDOUS SUBSTANCES

Anna DANIHELOVÁ

#### Abstract

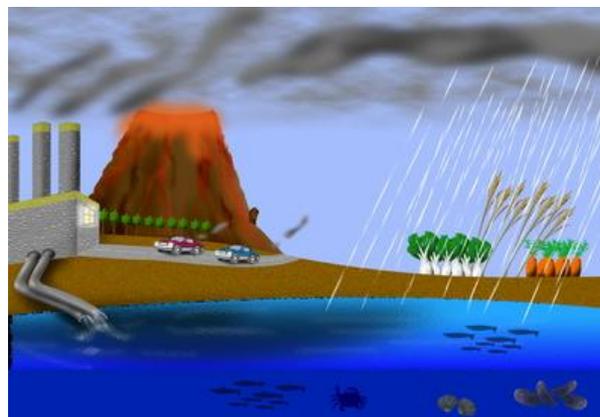
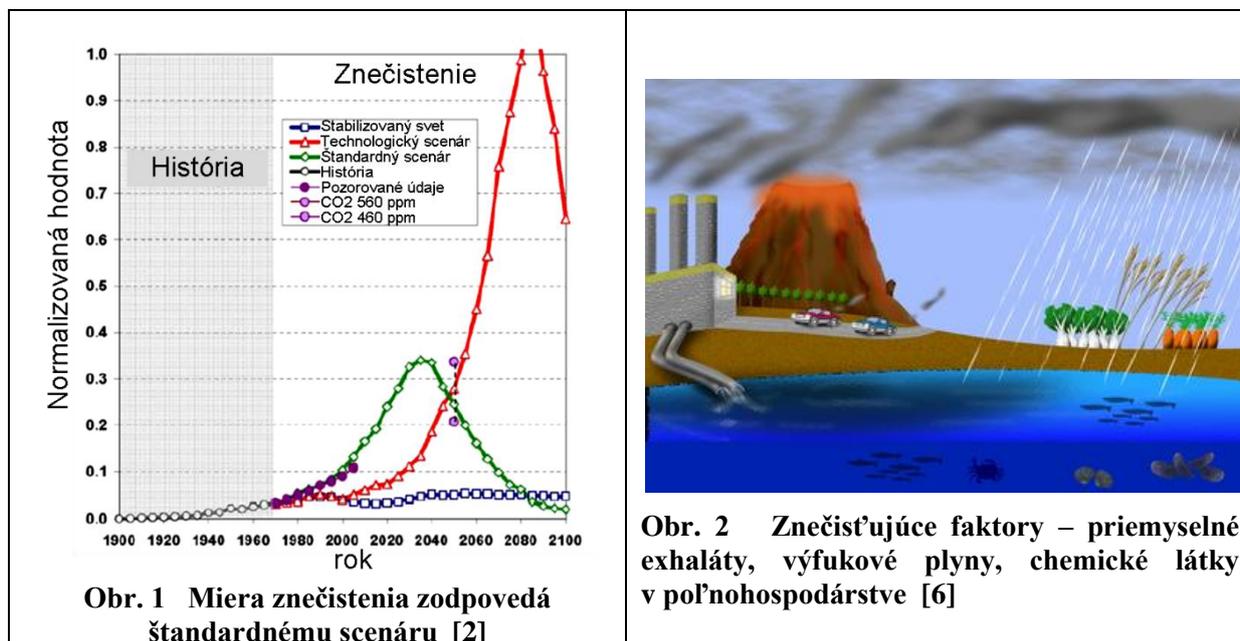
The industrial production as well as its products to ensure the needs of the people, however, they are a possible source of hazardous substances. The quick identification of these substances in the case of exceptional events (technological and technical failure, natural calamity) is of great importance. The technical devices serving to their detection are based on physical principles. Their use requires knowledge of physics.

**Keywords:** *Physical methods, hazardous substances, safety.*

#### ÚVOD

Rozvoj vedy a techniky v 20. a 21. storočí prináša so sebou veľké množstvo nových materiálov, výrobkov, technologických postupov. Mnohé produkty a technológie [4] sú však ekologicky neprijateľné a majú negatívny dopad na zdravie ľudí (Obr.1). Produktom výrobných procesov sú aj rizikové látky, ktoré môžu predstavovať nebezpečenstvo pri práci. S nebezpečnými látkami prichádzajú do styku aj členovia hasičských jednotiek HaZZ pri zásahoch v prípade ekologických havárií, požiarov a rôznych iných technických zásahov. Tieto nebezpečné látky je potrebné včas identifikovať vhodnými metódami, s čím je potrebné sa zaoberať aj pri príprave odborníkov v študijnom programe *Ochrana osôb a majetku pred požiarom*. Ak sú riziká známe, potom je možné prijať aj opatrenia vedúce ku zvýšeniu bezpečnosti pri práci. Preto je cieľom technicko-technologicky orientovaných disciplín vyvíjať nové čistejšie

technológie [3] a environmentálne akceptovateľné materiály. Avšak táto cesta je veľmi zdĺhavá.



**Obr. 2 Znečisťujúce faktory – priemyselné exhaláty, výfukové plyny, chemické látky v poľnohospodárstve [6]**

Príspevok prezentuje možnosti aplikácie fyzikálnych metód pri identifikácii nebezpečných a rizikových látok.

## 1 FYZIKÁLNE TEÓRIE V PRAXI

Študenti študijných programov a *Ochrana osôb a majetku pred požiarom* a *Technická bezpečnosť osôb a majetku* majú získať po absolvovaní *fyziky* súbor fyzikálnych vedomostí tak, aby ich mohli použiť pri riešení praktických situácií v bežnom živote. Na vysokej škole technického zamerania už nemôže fyzikálne vzdelávanie pozostávať len z teórie, pretože znalosť faktov (v zmysle doterajšieho nazerania) už nie je postačujúca. Fyzika musí naučiť študenta logickému mysleniu, schopnosti analýzy a syntézy získaných poznatkov a ich pretavenia do riešenia náročných úloh v inžinierskej praxi.

Pre pochopenie fyzikálnej podstaty javov ako aj princípov, na ktorých sú založené zariadenia pre identifikáciu nebezpečných látok, je dôležité spájať fyzikálnu teóriu s praktickými aplikáciami.

Existujú rôzne fyzikálne aj chemické metódy detekcie a identifikácie nebezpečných látok. Metódy založené na fyzikálnom princípe sú vhodnejšie pre kontinuálne meranie, chemické metódy pre diskontinuálne merania.



Základným princípom, ktorý sa využíva pri kontinuálnom meraní plyných znečisťujúcich látok je excitácia molekúl dodaním energie. Ku excitácii môže dôjsť pri ich vystavení žiareniu rôznych vlnových dĺžok, vplyvom vysokých teplôt (napr. pri spaľovaní, chemických reakciách). Buď excitačná energia alebo energia uvoľnená v inej podobe je využívaná pre merania. Existujú aj iné spôsoby excitácie, napr. elektrickými, magnetickými či jadrovými silami. Tieto sa však používajú pri laboratórnej analýze znečisťujúcich látok.

## 1.1 Metódy merania

Ku štandardným metódam patria fotometrické metódy. Tieto využívajú absorpciu infračerveného (IR), viditeľného a ultrafialového (UV) žiarenia plynom. Absorpcia svetelných kvánt molekulami sa riadi Lambert-Beerovým zákonom (1), na ktorom sú založené mnohé moderné analytické metódy.

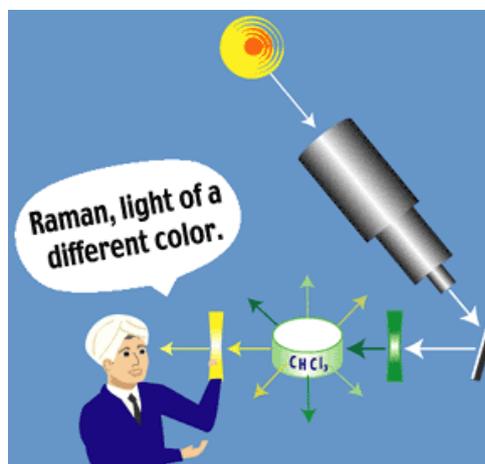
$$I_1 = I_0 \cdot e^{-\varepsilon \cdot c \cdot \ell} = I_0 \cdot e^{-\alpha \cdot \ell}$$

(1)

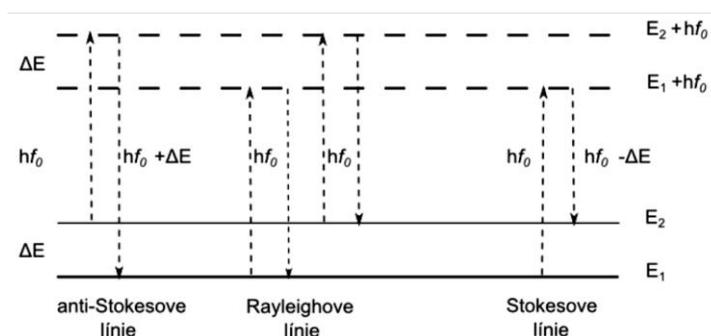
kde  $I_1$  je intenzita žiarenia po prechode vzorkou;  $I_0$  je intenzita žiarenia zdroja;  $\varepsilon$  je mólový absorpčný koeficient (závisí od  $\lambda$ );  $c$  je koncentrácia absorbujúcej zložky;  $\ell$  je dĺžka dráhy lúča vo vzorke;  $\alpha (= \varepsilon \cdot c)$  absorpčný koeficient látky. Absorpčné spektrum je charakterizované energiou prechodu a intenzitou absorpčných pásov.

Ramanova spektroskopia je doplnkovou metódou ku IR spektroskopii. V nej je analyzované žiarenie rozptýlené v smere kolmom na dopadajúci lúč pri dopade na látku. Meria sa rozptyľové spektrum vzniknuté po interakcii monochromatického excitačného laserového lúča s látkou. Vtedy bude v spektre rozptýleného žiarenia určitý počet čiar, ktorých vlnová dĺžka bude oproti pôvodnej posunutá a energia rozptýleného fotónu sa bude líšiť od energie dopadajúceho (Obr.3). Rozptýlené fotóny môžu mať nižšiu energiu ako dopadajúce (Stokesovo žiarenie), resp. vyššiu (anti-Stokesovo žiarenie), ak sú dopadajúce fotóny schopné pohltiť energiu už excitovaných molekúl a časť žiarenia je rozptýlená bez zmeny frekvencie (Rayleighovo žiarenie). Z Obr. 4 je zřejmé rozloženie troch typov línií na základe absorbovanej a emitovanej energie fotónov. Ramanova spektroskopia je nedeštruktívna analytická metóda. Uplatňuje sa na identifikáciu zložiek analyzovanej sústavy. Veľký význam má pri analýzach vzoriek

životného prostredia, pri ktorých umožňuje stanoviť formu kontaminujúcich látok a zlúčenín, v ktorých sú viazané toxické prvky.



Obr. 3 Ramanov posuv [5]



Obr. 4 Rozptyl svetla v Ramanovej spektroskopii [1]

Z uvedeného je zrejmé, že uvedené metódy sa navzájom dopĺňujú. Túto skutočnosť využívajú aj výrobcovia prístrojovej techniky. Pre aplikáciu v teréne je vhodnejšia Ramanova spektroskopia, nakoľko umožňuje bezkontaktné meranie (aj cez obaly) ako aj meranie vodných roztokov. Infračervená spektroskopia je ideálnou doplnkovou metódou, ktorá umožňuje meranie vzoriek, ktoré nie je možné merať Ramanovou spektroskopiou.

## 2 ZÁVER

Prístroje pre detekciu nebezpečných látok (plynov) musia byť schopné spoľahlivo identifikovať širokú škálu týchto látok podľa meniacich sa podmienok. To kladie veľký dôraz na ich spoľahlivosť a flexibilitu.

## Pod'akovanie

PRÍSPEVOK VZNIKOL V RÁMCI RIEŠENIA PROJEKTU KEGA MŠ SR, Č. PROJ. 023 TUZ-4/2012: „RIZIKOVÉ LÁTKY V ENVIRONMENTÁLNEJ TECHNIKE“.



## LITERATÚRA

1. HORÁK, Milan; PAPOUŠEK, Dušan. Infračervená spektra a struktura molekúl : Použití vibrační spektroskopie při určování struktury molekúl. 1.vydání. Praha: Academia, 1976. 840 s. ISBN 509-21-857.
2. MEADOWS, D. a kol. *The Limits to Growth*. 1st.ed. New York: Universe Books, 1972. 205 p. ISBN 0-87663-165-0.
3. RUŽINSKÁ, E. Implementácia aktuálnych poznatkov výskumu pri aplikácii nariadenia REACH a VOC v oblasti technického a environmentálneho vzdelávania. In: "Technické vzdelávanie ako súčasť všeobecného vzdelávania", UMB Banská Bystrica, 2009, s. 423 - 427. ISBN 978-80-8083-878-2.
4. RUŽINSKÁ, E. Detekcia emisií rizikových látok (VOC) v oblasti environmentálneho technického vzdelávania. Monografia z medzinárodnej konferencie „Trendy ve vzdělávání“. UP, PdF Olomouc, 2010, s. 563-567. ISBN 978-80-87244-09-0.
5. Scitech imaging specialist: About Raman spectroscopy. Dostupné na: <http://www.scitech.com.au/index.php?page=about-raman-spectroscopy>  
Získané: 16.04.2012
6. YAU, A. Overview of Metallic Contaminants in Food. In *Food Safety Focus*. ISSN 2224- 6908, 2007, Vol. 2, Issue 14, p. 3 – 4.

## KONTAKTNÁ ADRESA:

Anna Danihelová, doc. RNDr., PhD.,

Katedra fyziky, elektrotechniky a aplikovanej mechaniky,

Drevárska fakulta,

Technická univerzita, T.G. Masaryka 24,

960 53 Zvolen, SR

tel: + 421 45 5206 465

e-mail: [danihelova@tuzvo.sk](mailto:danihelova@tuzvo.sk)



## **IN SITU BIOREMEDIÁCIE VODY**

### **IN SITU BIOREMEDIATION OF WATER**

Blanka GALBIČKOVÁ, Maroš SOLDÁN

#### **Abstract**

Nowadays the major problem in water treatment technology is the presence of persistent and toxic substances. These substances can't be reduced in a traditional chemical way, so bioremediation technologies as progressive methods are used. Bioremediation technologies use biological agent, such as bacteria, fungi or plants. Phytoremediation is a special kind of bioremediation techniques in which plants are used.

The main goal of bioremediation is to remove, neutralize or binding of contaminant to prevent its migration in polluted soil or water.

Bioremediations are used for treatment of contaminated soil, water (surface water and ground water), mine water, landfill of various types etc. It can be used for organic and inorganic compounds also.

Bioremediation is used as a treatment in area with contaminants like heavy metals, oil substances, PAU, PCB and other various.

**Key words:** *Bioremediation, Phytoremediation, persistent, pollutant*

#### **1. ÚVOD**

Cieľom bioremediácií je redukcia potenciálneho, akútneho alebo dlhodobého znečistenia či iného environmentálneho rizika. Bioremediácie je možné uplatniť pri



znečistených pôdach, podzemných a povrchových vodách, banských vodách, skládkach rôzneho typu a pod. Odstraňované môžu byť rôzne toxické či inak nebezpečné látky – anorganické aj organické: ťažké kovy a iné toxické prvky, ropné látky, priemyselné a textilné farbivá, organochlórové zlúčeniny a iné toxické a perzistentné organické látky, rádioaktívne látky, pesticídy, hnojivá a iné.

Bioremediačnými metódami je možné odstrániť alebo deštruovať kontaminanty, modifikovať

ich na menej toxické, menej mobilné či menej reaktívne zlúčeniny, alebo je možné kontaminanty izolovať tak, že sa preruší ich migračná cesta medzi zdrojom a miestom expozície.[1]

## 2. MIKROORGANIZMY VYUŽÍVANÉ V PROCESSE BIOREMEDIÁCIE

Proces bioremediácie závisí od prítomnosti špecifických mikroorganizmov, v správnom množstve alebo v správnej kombinácii a tiež od vhodných podmienok daného prostredia.

V bioremediačných technológiách sa využíva biomasa rôznych skupín mikroorganizmov (predovšetkým baktérie a mikroskopické huby – jednobunkové kvasinky a vláknité huby), vyššie huby, rastlinná biomasa a živočíšna biomasa. Avšak najpoužívanejšími skupinami sú mikroorganizmy – baktérie a mikroskopické vláknité huby a kvasinky, mikroskopické riasy a vyššie rastliny. [1]

Bioremediačné procesy v sebe zahrňujú biotransformáciu a biodegradáciu transformáciou kontaminantu do formy ktorá už nie je nebezpečná, alebo do formy, ktorá je menej nebezpečná pre prostredie ako pôvodný kontaminant. Mikroorganizmy sú schopné metabolizovať daný polutant za produkcie oxidu uhličitého alebo metánu, vody a biomasy.

## 3. ROZDELENIE BIOREMEDIÁCIE PODĽA MIESTA APLIKÁCIE

Bioremediačné aplikované (sanačné) metódy sa delia na:

in situ (na mieste)- vykonáva sa priamo v kontaminovanom prostredí, kde zmenou parametrov je možné dosiahnuť



a) zmenu vlastností kontaminantu (rozpustnosti, mobility, bioprístupnosti, toxicity) využíva sa hlavne na kovy a menej perzistentné organické látky a/ alebo

b) odstránenie kontaminantu (predovšetkým organické látky)

ex situ- vykonáva sa mimo lokalitu sanačného zásahu po separácii kontaminovaného média (napr. odťazenie zeminy a sanácia na dekontaminačnej ploche alebo odčerpanie vody a zneškodnenie v čistiarni odpadových vôd). [1]

## 4. NAJČASTEJŠIE POUŽÍVANÉ IN SITU REMEDIÁCIE

### 4.1 Prirodzená atenuácia

Pri monitorovanej prirodzenej atenuácii sa využívajú prirodzené (bez aktívneho zásahu človeka) chemické, fyzikálne a biologické procesy prebiehajúce v horninovom prostredí na znižovanie množstva, objemu a koncentrácie znečisťujúcich látok alebo na ich premenu na menej nebezpečné a menej toxické látky. [2]

Používa sa na odstraňovanie napr. halogénových rozpúšťadiel, ropných látok, chlórbenzénov, chlórphenolov, aromatických uhl'ovodíkov, PCB, ťažkých kovov. [3]

### 4.2 Bioaugmentácia (podporovaná atenuácia)

Uplatňuje sa vtedy, ak degradačné a transformačné procesy prítomných organizmov nie sú dostačujúce. Je naočkovanie komerčne pripravených bakteriálnych kultúr do odpadových vôd za účelom zvýšenia imobilizácie polutantu. [4]

### 4.3 Vákuová bioextrakcia (Bioventing)

Táto sanačná metóda stimuluje biodegradáciu organických kontaminantov adsorbovaných na častice zemín v pásme prevzdušnenia. Aktivita mikroorganizmov prirodzene sa vyskytujúcich v pôdach a vode sa podporuje vháňaním vzduchu alebo kyslíka. Táto metóda sa môže použiť vtedy, ak rýchlosť prirodzenej degradácie je vo všeobecnosti limitovaná množstvom prítomného kyslíka alebo iných akceptorov elektrónov viac ako množstvom nutričov potrebných na biodegradáciu. Princíp metódy je založený na tom, že do pásma prevzdušnenia sa dopravuje kyslík núteným vháňaním alebo odsávaním vzduchu aplikačnými (ventingovými) vrtmi tak, aby sa zvýšila koncentrácia kyslíka v pásme prevzdušnenia a tým sa zlepšili podmienky na biologický rozklad. Množstvo dodávaného alebo odsávaného vzduchu je malé, pokrýva



iba spotrebu kyslíka pri biodegradácii. Tým sa zabráňuje úniku znečisťujúcich látok do prostredia a kontaminácii atmosféry. Rýchlosť prestupu dodávaného vzduchu prostredím musí byť taká, aby zaistila aeróbne podmienky v celom prostredí.

Používajú sa na odstraňovanie ropných látok, acetónu, benzénu, toluénu, fenolu, metylfenolu, naftalénu a PAU. [5]

#### 4.4 Biosparging

Biosparging je sanačná technológia, ktorá využíva prítomnosť mikroorganizmov, ktoré sa prirodzene nachádzajú v danom prostredí k biodegradácii organického znečistenia v saturovanej zóne. Technológia je založená na vŕhaní vzduchu (resp. kyslíka) a ak je to nutné aj nutrientov metódou priamej injektáže do saturovanej zóny, čo vedie k zvýšeniu biologickej aktivity mikroorganizmov. Použitie: na odstraňovanie VOC a SVOC. [6]

#### 4.5 Bioslurping

Bioslurping je technológia, pri ktorej sa uplatňuje vákuová extrakcia (kvapalín aj plynov) a bioventing tak, aby sa mohla súčasne odstraňovať voľná fáza a sanovať aj [pásma prevzdušnenia](#). Na rozdiel od ostatných sanačných technológií odstraňujúcich voľnú fázu, bioslurping čistí dve separátne geologické médiá súčasne. Systém bioslurping odstraňuje voľnú fázu a výpary znečisťujúcej látky zachytené v pôde (pôdny vzduch) v jednom procesnom prúde (cyklicky). [Podzemná voda](#) sa oddelí od voľnej fázy, dočistí (ak je to potrebné) a vypustí sa. Voľná fáza sa môže recyklovať. Extrakcia plynov (výparov) zabezpečuje aeráciu pásma prevzdušnenia a zvyšuje tak obsah kyslíka, a teda aj rozsah aeróbnej biodegradácie, pričom mikroorganizmy metabolizujúce uhl'ovodíky produkujú neškodnú vodu a CO<sub>2</sub>. Výpary sa dočisťujú (ak je to potrebné) a vypúšťajú. Používa sa na odstraňovanie VOC, SVOC, ropných látok. [7]

#### 4.6 Fytoremediácie

Fytosanácia je proces, pri ktorom sa využívajú rastliny na extrakciu, akumuláciu, stabilizáciu alebo degradáciu (odstránenie) kontaminantov zo životného prostredia. Fytoremediácie sa často používajú v kombinácii s inými technikami. Dôležitým predpokladom pre úspešnú aplikáciu fytoremediácie je biologická dostupnosť



znečisťujúcich látok pre rastlinu, ktorá je daná hlavne rozpustnosťou danej látky, typom pôdy a vekom kontaminácie.

Používa sa na čistenie pôdy resp. vody od ťažkých kovov, pesticídov, výbušnín, ropných látok a iných kontaminantov.[8]

Je vhodná na čistenie miest s veľkou rozlohou, kde použitie iných sanačných techník je príliš drahé alebo nepoužiteľné. Ide najmä o miesta s nízkou koncentráciou, ktoré si vyžadujú len dlhodobé dočisťovanie, prípadne v kombinácii s inými metódami, kde je vegetácia použitá len ako dokončovací krok.

Rozdelenie fytoimediačných metód:

- fytoextrakcia alebo aj fytoakumulácia je použitie rastlín schopných akumulovať znečisťujúce látky vo svojich nadzemných častiach a tak umožniť ich odstránenie z pôdy,
- fytotransformácia je čiastočná alebo úplná degradácia komplexných organických molekúl, alebo ich inkorporácia do rastlinných pletív,
- fytostimulácia alebo bioremediácia uľahčená rastlinami (niekedy označovaná aj ako fytodegradácia) je stimulácia degradácie organických látok mikroorganizmami alebo hubami pomocou látok (napr. enzýmov), ktoré rastlina uvoľňuje do svojej koreňovej zóny (rizosféry),
- fytovolatilizácia je premena znečisťujúcich látok na plynné látky počas rastlinného metabolizmu,
- rizofiltrácia je použitie rastlinných koreňov na absorpciu alebo adsorpciu znečisťujúcich látok, najčastejšie kovov, ale aj organických látok, z vôd a ich následné skoncentrovanie a vyzrážanie,
- fytostabilizácia je použitie rastlín na zníženie pohyblivosti a biologickej dostupnosti znečisťujúcich látok s cieľom zabrániť ich vstupu do spodných vôd a potravinového reťazca. [9]

Medzi organické kontaminanty odstraňované v procese fytosanácie patria: ropné uhľovodíky, explozívne látky (TNT, DNT), nitrozlúčeniny alebo chlórované rozpúšťadlá (TCE, PCE), benzén, toluén, etylbenzén a xylén (BTEX), bojové chemické



látky, polyaromatické uhľovodíky (PAH, PAU), chlórované pesticídy, organofosfátové insekticídy (parathion) a polychlórované uhľovodíky (PCB). Fytosanácia je najúčinnnejšia na miestach, kde je nízky až stredný stupeň kontaminácie. [10]

## 5. ZÁVER

V porovnaní s klasickými fyzikálno- chemickými metódami sú hlavnými výhodami bioremediácií hlavne nízka cena, možnosť odstraňovania kontaminantov či už in situ alebo ex situ a len minimálna tvorba odpadov. Bioremediácie sú tiež veľmi šetrné k životnému prostrediu, teda ich zásah do životného prostredia je len minimálny. Využívanie bioremediačných technológií na čistenie vôd kontaminovaných rôznymi perzistentnými a toxickými polutantami sa javí ako perspektívny ekonomický a tiež ekologický spôsob.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] ČERŇANSKÝ, S. Biologické remediácie: online <[http://www.enviro-  
edu.sk/database/environmentalne\\_problemy/biologicke\\_remediacie/Enviro-  
edu\\_4005\\_Biologicke\\_remediacie.pdf](http://www.enviro-<br/>edu.sk/database/environmentalne_problemy/biologicke_remediacie/Enviro-<br/>edu_4005_Biologicke_remediacie.pdf)>
- [2] HUZLÍK, J., JANDOVÁ, V. Proces prirodzenej atenuácie na lokalitě kontaminovanéj ropnými látkami, Vol. 20, Suppl.1 (2012), 35-40s, ISSN 1335-0285
- [3] National Research Council U.S, Natural Attenuation for Groundwater remediation, National Academy of Science, 2010, 6s, ISBN 0-309-13280-0
- [4] GERARDI, M.H. Wastewater Bacteria. Wiley & Sons, 2006, 41 s, ISBN 0-471-20691-1
- [5] LEHR, J.H. Wiley's Remediation Technologies Handbook. Wiley & Sons, 2004, 419s, ISBN 0-471-45599-7
- [6] Biosparging: online <[http://www.epa.gov/oust/pubs/tum\\_ch8.pdf](http://www.epa.gov/oust/pubs/tum_ch8.pdf)>
- [7] MOHAPATRA, K. Textbook of Environmental Biotechnology, I.K.International, 60s, ISBN 81-88237-54-X



[8] SINGH.A., WARD.O.P. Applied Bioremediation and Phytoremediation, Springer, 2004, 7s., ISBN 3-540-21020-2

[9] Využitie rastlín na stabilizáciu a čistenie pôdy a vody: online <

<http://actamont.tuke.sk/pdf/2006/n2/6kadukova.pdf>>

[10] FRANKOVSKÁ, J., SLANINA, I. a kol. Atlas sanačných metód environmentálnych záťaží, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava, 2010, 170,177s, ISBN 978-80-89- 343-39-3

## Adresa autorov

Ing. Blanka Galbičková,

Ústav bezpečnostného a environmentálneho inžinierstva,

Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave,

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Botanická 49, 917 24 Trnava

e-mail: [blanka.galbickova@stuba.sk](mailto:blanka.galbickova@stuba.sk),

doc. Ing. Maroš Soldán, PhD.

Ústav bezpečnostného a environmentálneho inžinierstva,

Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave,

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Botanická 49, 917 24 Trnava

e-mail: [maros.soldan@stuba.sk](mailto:maros.soldan@stuba.sk)



## EVAKUÁCIA V STAVBÁCH S VNÚTORNÝMI ZHROMAŽĎOVACÍMI PRIESTORMI

### EVACUATION INSIDE THE BUILDINGS WITH ASSEMBLY AREA

Michal GÁL

#### Abstract

This thesis focuses on solution of the evacuation problem inside of buildings with open space and its effectiveness. The first chapter describes definition and the basic terms related to the topic. The following chapter deals with the statistic and the analysis of fire inside the building with open space according to number of injured people, the type of open space, year of occurrence, direct fire damages. The next chapter describes the scenario of occurrence, a chain of events which could lead to the occurrence of fire

**Keywords:** *evacuation, assembly areas, fire*

#### 1. ÚVOD

V súčasnosti mnoho ľudí navštevuje miesta spoločenskej zábavy ako sú bary, reštaurácie, kaviarne a diskotéky. Pre všetky spomínané priestory platí, že pri evakuácii v dôsledku mimoriadnej udalosti dochádza k mnohým problémom, ktoré môžu byť vyvolané neznámym a neprehľadným objektom, zlým členením na požiarne úseky alebo nedostatočným označením únikových ciest a taktiež nesprávne vyškoleným personálom. K mimoriadnym udalostiam v zhromažďovacích priestoroch môže dochádzať z rôznych dôvodov, preto som sa rozhodol spracovať danú tému.



## 2. CHARAKTERISTIKA ZHROMAŽĎOVACIEHO PRIESTORU

Bary a reštaurácie sú priestory, ktoré sa v súlade s vyhláškou Ministerstva vnútra SR č. 94/2004 Z.z., ktorou sa ustanovujú technické požiadavky na protipožiarne bezpečnosť pri výstavbe a pri užívaní stavieb klasifikujú ako zhromažďovacie priestory.

Zhromažďovací priestor je priestor určený pre zhromažďovanie osôb v počte prevyšujúcom normovú dolnú medznú hodnotu počtu osôb (viac ako 200 osôb), pričom na jednu osobu pripadá pôdorysná plocha najmenej  $0,4 \text{ m}^2$  a najviac  $4 \text{ m}^2$ .

Zhromažďovacie priestory sa podľa vyhlášky Ministerstva vnútra SR č. 94/2004 Z.z. delia na:

- vnútorné zhromažďovacie priestory,
- vonkajšie zhromažďovacie priestory.

Vnútorný zhromažďovací priestor je priestor (miestnosť), po celom obvode a zhora vymedzený stavebnými konštrukciami. Za stavebnú konštrukciu sa v tejto súvislosti považuje tiež konštrukcia premiestniteľná a krátkodobá (pneumatické haly, stany a pod.). Vnútorné zhromažďovacie priestory sa triedia podľa veľkosti pôdorysnej plochy na jednu osobu a podľa celkového počtu osôb v týchto priestoroch na zhromažďovacie priestory ZP1, ZP2 a ZP3 [1].

## 3. EVAKUÁCIA

Evakuácia patrí medzi základné druhy kolektívnej ochrany obyvateľstva, zahŕňa organizačné a technické opatrenia, ktoré slúžia na zabezpečenie premiestnenia osôb, zvierat a vecí z ohrozeného miesta.

Podľa spôsobu evakuácie osôb rozlišujeme:

- súčasnú evakuáciu,
- postupnú evakuáciu.

**Súčasná evakuácia:** Jedná sa o jednoduchší variant riešenia evakuácie. Z hľadiska zabezpečenia objektu technickými systémami na riadenie evakuácie nie je



potrebná ich inštalácia a na začatie evakuácie postačuje jednoduchá informácia hlasovou signalizáciou požiaru, megafónom, signalizačnými zariadeniami elektrickej požiarnej signalizácie a pod.

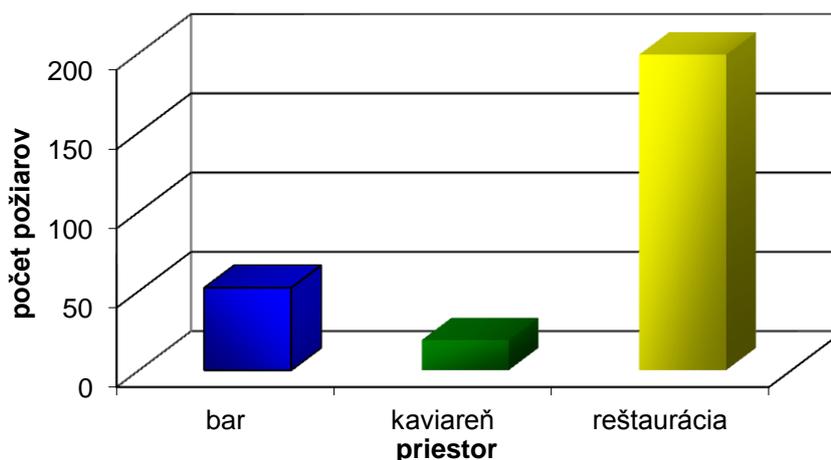
**Postupná evakuácia:** väčšinou je zložitejšia a dlhšie trvajúca ako súčasná. Taktiež kladie vyššie nároky na technické zabezpečenie a výcvik personálu. Riadenie evakuácie zabezpečuje zaškolená osoba. Úniková cesta musí byť vybavená automatickým miestnym a diaľkovým zariadením signalizujúcim vznik požiaru (napr. elektrická požiarňa signalizácia) a technickým zariadením k riadeniu evakuácie z miesta dozoru nad prevádzkou objektu.

## 4. SÚČASNÝ STAV POŽIAROVOSTI V ZHROMAŽĎOVACÍCH PRIESTOROCH

V rámci riešenej problematiky boli spracované základné informácie požiarovosti v zhromažďovacích priestoroch. Bol zostavený súbor s 270 sledovanými prípadmi v rozmedzí rokov 2006 – 2010. Formou expertného posúdenia boli vybrané sledované parametre jednotlivých udalostí.

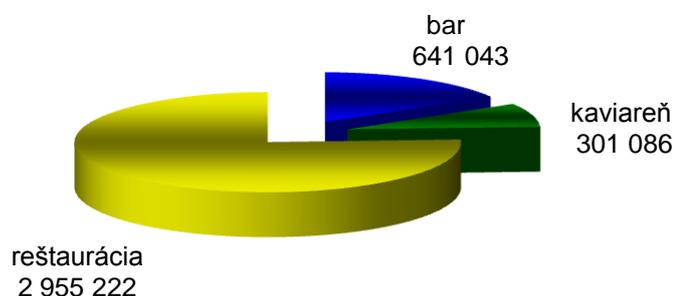
**Table 1 Selected Fires in assembly areas (bar, restaurant) for the period 2006 to 2010 [2]**

Priestor	Počet požiarov	Priama škoda (€)
bar	52	641 043
kaviareň	19	301 086
reštaurácia	199	2 955 222
<b>spolu</b>	<b>270</b>	<b>3 897 351</b>



**Figure 1 Fires in buildings with assembly areas (bar, restaurant) for the period 2006 to 2010**

Na grafe 1 si môžeme všimnúť, že najčastejšie dochádzalo k požiarom v reštauráciách v počte 199 čo nám predstavuje takmer 74 % všetkých požiarov vo vybraných zhromažďovacích priestoroch a najmenej v kaviarňach 19 požiarov čo nám vyjadruje 7 % sledovaných požiarov. Taktiež si môžeme všimnúť rastúcu úroveň zranení v daných priestoroch. Ďalším dôležitým ukazovateľom sú priame škody spôsobené požiarom, ktoré sú znázornené na nasledujúcom grafe 2, môžeme vidieť, že najviac škôd vzniká v reštauráciách v hodnote 2 955 222 €, čo predstavuje v priemere 14 850 € na jeden požiar a najmenej v kaviarňach vo výške 301 086 €, čo vychádza v priemere 15 846 € na jeden požiar, táto hodnota je však ovplyvnená počtom požiarov v jednotlivých priestoroch zhromažďovacieho priestoru.

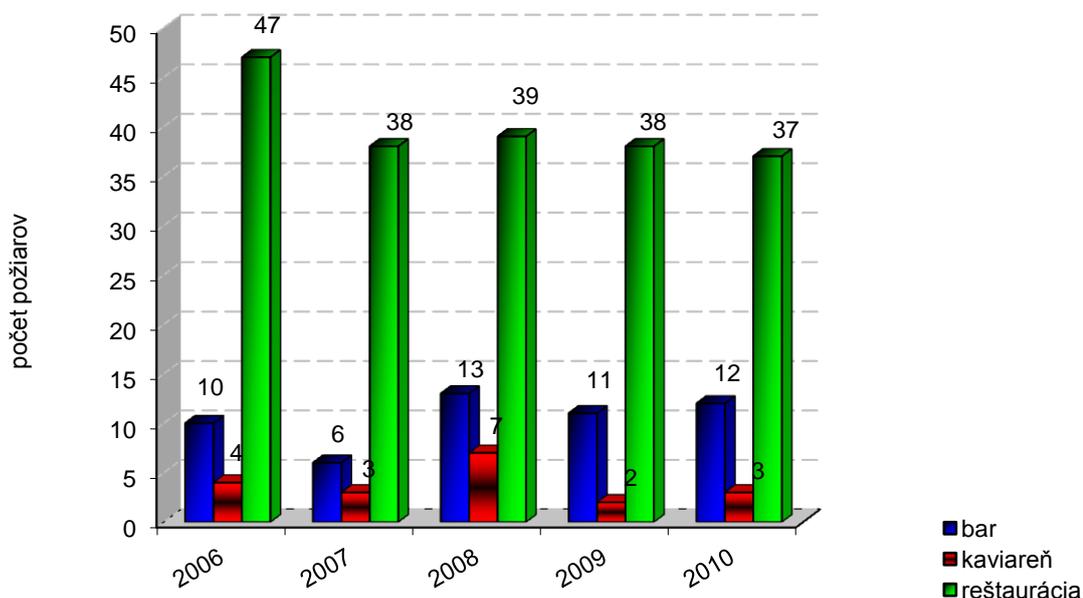


**Figure 2 Direct expressed in € damage caused by fire in the assembly area for the period 2006 to 2010**

Ďalším parametrom na ktorý som sa zamerlal bolo zatriedenie jednotlivých požiarov podľa jednotlivých rokov.

**Tab 2 Fires in the assembly area (bar, restaurant) per year**

priestor	2006	2007	2008	2009	2010
bar	10	6	13	11	12
kaviareň	4	3	7	2	3
reštaurácia	47	38	39	38	37



**Figure 3 Fires in the assembly area (bar, restaurant) per year**

Na základe grafu č. 3 si môžeme všimnúť počet požiarov za sledované obdobie v reštauráciách má mierne klesajúcu tendenciu, kaviarne a bary majú s výnimkou roku 2008 respektíve 2007 ustálenú tendenciu.

Jedným z najdôležitejších ukazovateľov je príčina vzniku požiaru. Z tabuľky 2 nám vyplýva, že najčastejšími príčinami vzniku požiaru sú úmyselné zapálenie neznámou osobou, fajčenie a elektrický skrat. V 16 prípadoch bola príčina nezistená.



Tab. 2 Fires in the assembly area (bar, restaurant) for the period 2006 to 2010 according to cause of fire [2]

Príčina vzniku požiaru	Počet požiarov	Priama škoda (€)
úmyselné zapálenie známou osobou	2	11 600
úmyselné zapálenie neznámou osobou	73	2 546 874
fajčenie	20	33 343
umiestnenie (inštalácia) vykurov. telesa; dymovodu	9	12 547
obsluha vykurovacieho telesa	2	332
obsluha tepelného spotrebiča pri varení	15	17 889
manipulácia s otvoreným ohňom	12	54 476
manipulácia so žeravým popolom	2	498
zváranie a rezanie vrátane spätného šľahnutia	1	66
iná nedbalosť a neopatrnosť dospelých	6	132 418
technická porucha vykurov. telesa	2	200 166
opotrebenie vykurovacieho telesa	2	30 500
opotrebenie (porušenie celistvosti) dymovodu	4	8 464
zamurovaná hrada v komíne	6	7 995
špára v komíne	1	2 000
úlet iskier z komína	1	1 328
vyhorenie sadzí	10	7 185
iná porucha vykurov. telies, dymovodov a komínov	10	57 403
opotrebenie a starnutie materiálu alebo zariadenia	2	10 258
porušenie tesnosti spoja, upchávky a pod.	2	894
zvýšené prehriatie	8	5 544
elektrický skrat	23	173 877
zvýšený elektrický prechodový odpor	19	29 246
preťaženie elektrickým prúdom	2	27 118
iné prevádzkovo-technické poruchy	14	273 349
samovznietenie brikiet	1	1 992
samovznietenie oleja; tuku	1	265
používanie zábavnej pyrotechniky fyzickou osobou	1	0
znovurozhorenie požiaru	3	0
nezistená	16	249 724
<b>spolu</b>	<b>270</b>	<b>3 897 351</b>

## 5. SCENÁR MIMORIADNEJ UDALOSTI

Scenár bude podkladom pre spracovanie metodiky hodnotenia situácií ohrozenia v stavbách s vnútornými zhromažďovacími priestormi. Na vypracovanie danej kapitoly som sa rozhodol použiť metódu analýzy stromu porúch FTA. Danú metódu som vybral, pretože si myslím, že zo všetkých menovaných metód sa najviac hodí k vyriešeniu

problému. Pri návrhu scenára som vychádzal zo štatistiky požiarovosti v zhromažďovacích priestoroch za obdobie rokov 2006 – 2010.

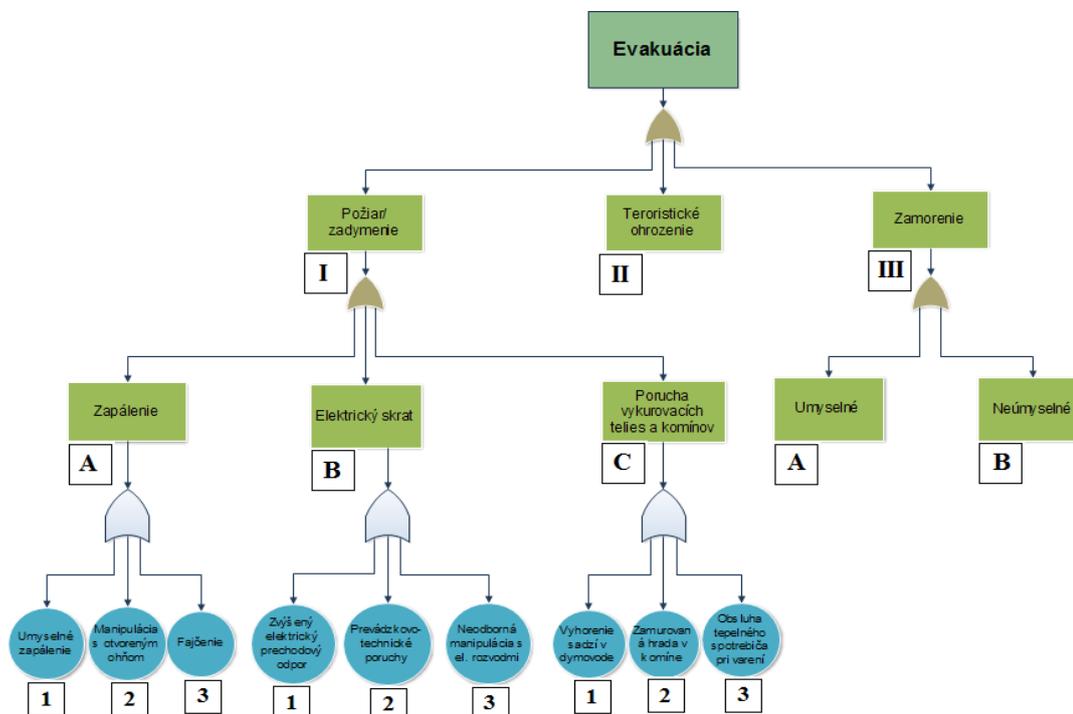


Figure 4 Tree fault conditions

Pre vyhodnotenie stromu poruchových stavov môžeme vyhodnotiť samostatne jednotlivé sekvencie. Za hlavné príčiny evakuácie môžeme považovať požiar, alebo zadymenie. Pre tieto dve vrcholové udalosti môžu nastať rôzne scenáre [3].

## 6. ZÁVER

Evakuácie v stavbách s vnútornými zhromažďovacími priestormi je veľmi aktuálna téma. Evakuácia z týchto priestorov je špecifická, pretože sa tam nachádzajú ľudia, ktorí nepoznajú daný objekt a môžu byť aj pod vplyvom omamných látok. Pri evakuácií tak môže dochádzať k rôznym problémom. V článku je stručne charakterizovaný zhromažďovací priestor, sú spracované štatistiky požiarovosti vo vybraných objektoch a taktiež scenár mimoriadnej udalosti.



## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] STN 73 0831: 1979, Zhromažďovacie priestory
- [2] Štatistika požiarovosti v zhromažďovacích priestoroch 2006 - 2010, PTEU Bratislava: 24.11.2011
- [3] ŠIMONOVÁ, M.: Scenáre možného úniku nebezpečných látok vplyvom povodne. In: Krízový manažment. Vedecko – odborný časopis Fakulty špeciálneho inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline. Ročník 8, číslo 2/2009. Žilina 2009. ISSN 1336-0019.

### Adresa autora

Michal Gál, Ing.,  
Žilinská univerzita v Žiline,  
Fakulta špeciálneho inžinierstva,  
Katedra požiarneho inžinierstva,  
Ulica 1. mája 32, 010 26 Žilina,  
e-mail: [Michal.Gal@fsi.uniza.sk](mailto:Michal.Gal@fsi.uniza.sk),



## SKÚMANIE FYZIKÁLNO-CHEMICKÝCH VLASTNOSTI SORBENTU UNI-SAFE

### EXAMINATION PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF THE SORBENT UNI-SAFE

Michal GÁL, Pavol RUBIS, Barbora BALCOVÁ

#### Abstract

The sorbent UNI-SAFE capable of preventing a hazardous reaction in contact with such aggressive chemicals such as nitric acid, hydrofluoric acid or hydrogen peroxide. It's another great advantage is that immediately prevent evaporation of substances into the atmosphere, and even in contact with sulfuric acid and hydrochloric acid. UNI-SAFE can be used as an indicator of the dangerous substance. This feature facilitates it's own course and improved action in disposing of spilled substances.

**Keywords:** *Sorbent, UNI-SAFE, hazardous substances, chemicals*

#### 1 ÚVOD

Článok sa zaoberá v súčasnosti vysoko aktuálnou témou. Počet dopravných nehôd každoročne stúpa a nie je v ľudských silách tomuto trendu zabrániť, z tohto dôvodu je nutné vynakladať úsilie na zdokonalenie prostriedkov ktoré znížia riziko vyplývajúce zo vzniknutej situácie. Väčšina dopravných nehôd končí únikom ropných produktov a v tých horších prípadoch aj únikom chemikálií alebo iných nebezpečných látok. Produkty používané v dnešnej dobe sú účinné ale množstvo použitého sorbentu by sa malo zmenšovať. Nemecký chemický priemysel v spolupráci s hasičmi vyvinul nový typ sorbentu. Tento produkt by mal pohltiť viac uniknutej látky ako ostatné sorbenty. Ďalšou dobrou vlastnosťou je indikačná schopnosť. Automobily, ktoré prepravujú nebezpečné látky by mali byť podľa ADR označené reflexnými tabuľami s UN a Kemler kódom. Pri dopravných nehodách dochádza často k odtrhnutiu tabule a



zasahujúci príslušníci HaZZ nevedia zvoliť vhodnú taktiku mimoriadnej udalosti, kým nepoznajú druh uniknutej látky.

## 2 ZÁKLADNÉ INFORMÁCIE SORBENTU UNI-SAFE

Unikátne zloženie výrobkov nereaguje s akýmikoľvek chemikáliami, aj keď ide o silne reaktívne a oxidačné látky, ako je kyselina dusičná, kyselina sírová, peroxid vodíka a ďalšie. UNI-SAFE dokáže na seba naviazať veľké množstvo vody, v porovnaní s inými druhmi sorbentov. Dva gramy UNI-SAFE môžu absorbovať 150 ml vody.

Hlavnou zložkou UNI-SAFE je polymér, ktorý môže viazať kvapaliny až do sedemdesiat päť násobok svojej hmotnosti. Sorbent UNI-SAFE je možné použiť pre všetky druhy náhodného rozliatia nebezpečnej látky na pôde bez obmedzenia. Látky sú naviazané chemicko-fyzikálnym procesom. Použitie sorbentu je najúčinnéjšie pri kontaminovaných spevnených plochách, nezáleží na tom či ide o rôzne oleje, farby, alebo nebezpečné usadeniny. Po zmiešaní sorbentu s trochou vody dokáže odstrániť aj najodolnejšie stopy nebezpečných látok. Odstraňovanie nebezpečných látok je jednoduché. Absorbovaná zmes môže byť jednoducho a rýchlo zlikvidovaná lopatou, vysatá vysávačom alebo odčerpaná čerpadlom. Správna metóda odstránenia použitého sorbentu závisí od druhu nebezpečnej látky. Jeho použitie a likvidácia nemá negatívny vplyv na životné prostredie.

### UNI-SAFE ako indikátor

UNI-SAFE ma veľkú výhodu oproti ostatným sorbentom a tá spočíva v schopnosti prvotného identifikovania o akú látku sa jedná, čo v značnej miere uľahčuje a urýchľuje samotný zásah príslušníkov HaZZ. Príslušníci dokážu priamo na mieste zásahu identifikovať nebezpečnú látku vysýpaním vzorky sorbentu UNIS-SAFE priamo na látku a sledovaním jej sfarbenia. Pri kontakte sorbentu s kyselinami sa sorbent začne meniť so svetlo zelenej na žltú a pri kontakte so zásadami sa mení so svetlo zelenej na červenú.

## 3 SÚČASNÝ STAV VÝJAZDOV HAZZ K DOPRAVNÝM NEHODÁM

V rámci riešenej problematiky boli spracované základné informácie výjazdov HaZZ k dopravným nehodám. Po dôkladnom preštudovaní štatistík za obdobie rokov 2001 - 2010 boli výjazdy roztriedené podľa druhu udalostí do viacerých kategórií. Na grafe 1 je zobrazený celkový počet výjazdov HaZZ a ten je následne rozdelený na počet výjazdov k dopravným nehodám a ekologickým zásahom.

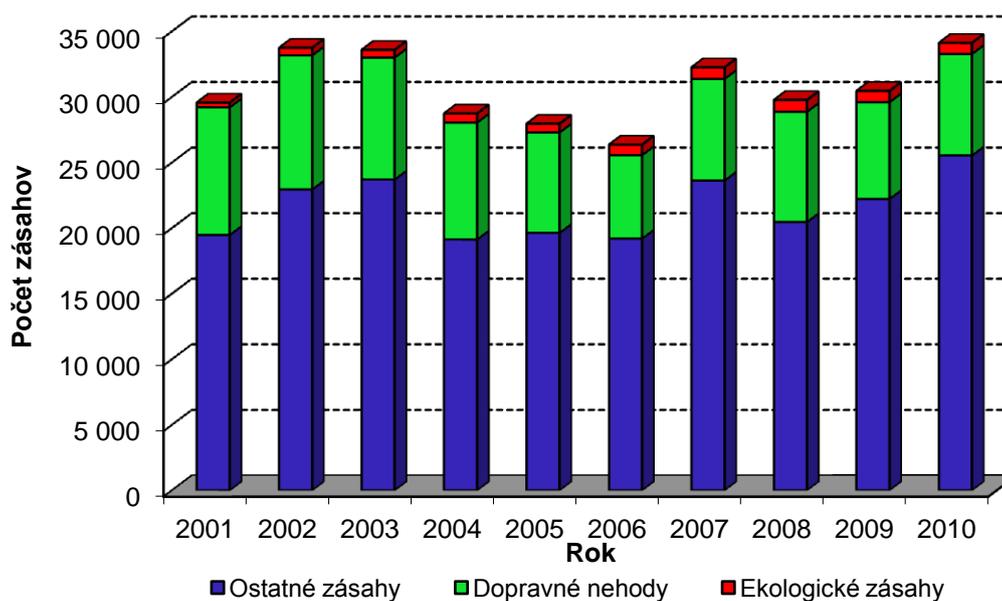


Figure 1 Exits Fire and Rescue Service in the years 2001 to 2010

Z grafu 1 vyplýva, že priemerný počet ročných výjazdov má kolísavú tendenciu a pohybuje sa okolo 30 000 výjazdov ročne. Z týchto výjazdov tvoria približne 30 % výjazdy k dopravným nehodám a k ekologickým zásahom, čo si môžeme všimnúť na grafe č. 2.

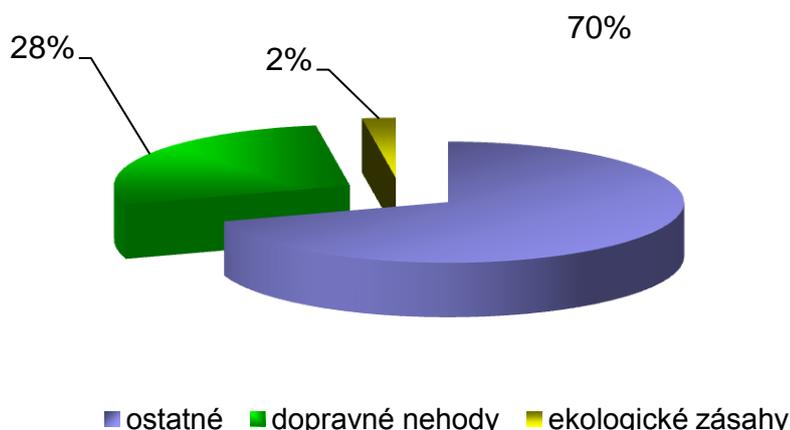


Figure 2 Exits Fire and Rescue Service in the years 2001 to 2010

Ekologické výjazdy za sledované obdobie vykazovali hodnotu niečo vyše 2 %. Aj napriek tomu je dôležité sa zaoberať takto malým číslom, pretože pri tomto druhu nehôd môže dochádzať k vysokým stratám na životoch a taktiež k devastujúcim dopadom na životné prostredie. Rozdelenie ekologických zásahov a vývoj situácie počas sledovaného obdobia je znázornený na grafe č. 3. Z tohto grafu môžeme vyčítať, že až 71 % tvoria nehody s únikom ropných produktov

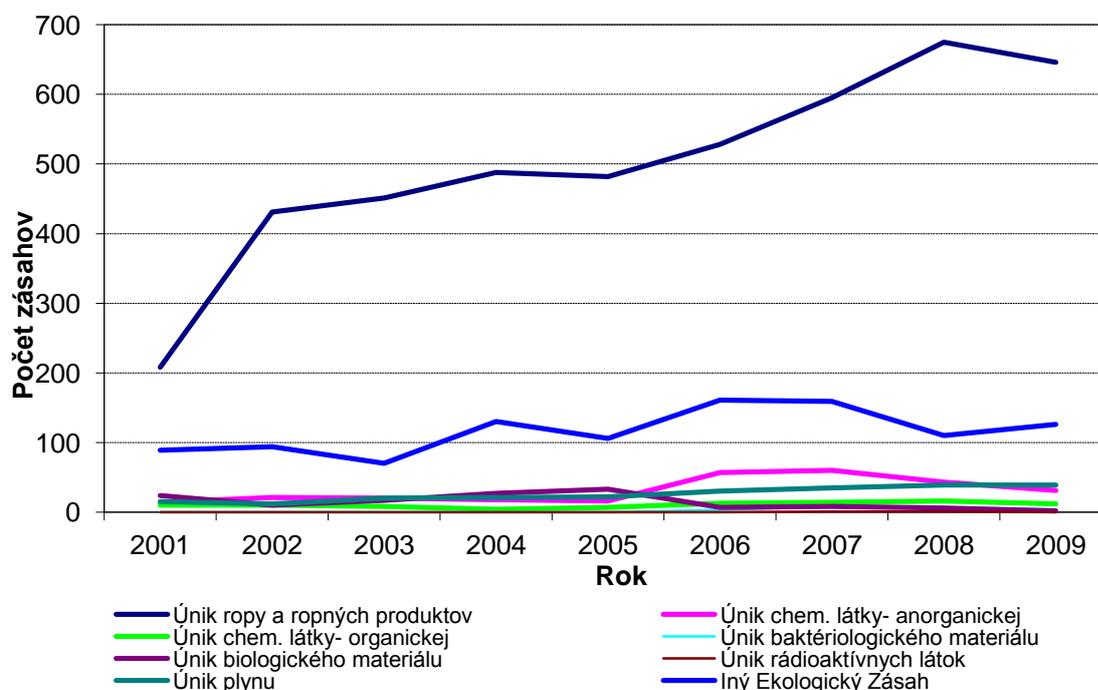


Figure 3 the distribution of environmental interventions by type of event

Zo štatistík ekologických zásahov vyplýva, že sa ročne vykonáva niekoľko stovák výjazdov k únikom NL. Najčastejšie dochádza k úniku ropy a ropných produktov (až 71%) a ich počet z roka na rok stúpa. Takmer všetky tieto úniky vznikajú v cestnej premávke.

Z uvedeného vyplýva, že dopravných nehôd spojených s únikom NL je pomerne veľa. Preto je potrebné, aby boli príslušníci HaZZ patrične pripravení na zásahy tohto druhu. Keďže sa po cestách prepravujú najmä látky triedy 3 - horľavé kvapalné látky, kde patrí aj ropa a ropné produkty, čo boli najčastejšie ekologické zásahy HaZZ, je potrebné, aby sa vybavenie hasičských staníc zameriavalo najmä na odstraňovanie udalostí s výskytom NL tohto druhu.

## 4 EXPERIMENTÁLNE SKÚMANIE ÚČINNOSTI SORBENTU UNI-SAFE

V laboratórnych podmienkach sme sa snažili zistiť experimentálnym skúmaním účinnosť sorbentu UNI-SAFE. Ako prvé sme sledovali sorbčnú schopnosť na vybraných látkach, a následne sme spravili ďalší pokus na indikáciu kyselín.

### 4.1 Postup pri experimentálnom skúmaní sorbčnej schopnosti sorbentu UNI-SAFE

Skúmanie bolo vykonané v chemickom laboratóriu na pracovisku Katedry požiarneho inžinierstva. Hlavným cieľom bolo pozorovanie správania sa sorbentu v reakcii s danou látkou. Ako prvé sme skúmali sorbčnú schopnosť sorbentu UNI-SAFE v kontakte s benzínom Natural 95. Pokus bol vykonaný na štyroch vzorkách s obsahom 100 g benzínu, do ktorého sme nasypali 10 g sorbentu UNI-SAFE. Pomer vzoriek sme určili podľa údajov, ktoré určil výrobca. Obidve vzorky sú znázornené na obrázku 2.



Figure 4 A sample of fuel and sorbent UNI-SAFE

Pokus trval 10 minút, po uplynutí času sme vzorky vizuálne preskúmali a zistili sme, že sorbent neúčinkoval podľa predpokladov. Na obrázku 3 je viditeľná účinnosť sorbentu.



**Figure 5 A sample of fuel and sorbent UNI-SAFE after 10 minutes**

Ako druhý bol testovaný sorbent UNI-SAFE v reakcii s naftou. Pokus prebiehal rovnako ako v prvom prípade. Na digitálnej váhe sme si odvážili požadované množstvo nafty (50g) a následne sme odvážili sorbent UNI-SAFE o hmotnosti 10g. vzorky sú znázornené na obrázku 4.



**Figure 6 fuel and sorbent samples UNI-SAFE**

Následne sme vzorky sorbentu nasypali do odmerného valca v ktorom bolo 50g nafty. Sorbent sme nechali pôsobiť 10 minút a následne sme vzorku vizuálne preskúmali. Po preskúmaní sme zistili, že výsledok bol priaznivejší ako v prvom prípade, ale aj tak nemal sorbent požadovanú účinnosť o čom sa môžeme presvedčiť na obrázku 5.



Figure 7 fuel and sorbent samples UNI-SAFE after 10 minutes

Dané pokusy nám dokázali, že sorbent v obidvoch prípadoch nemal požadovanú účinnosť. Bolo by vhodné zopakovať pokus ešte raz ale zmeniť pomer sledovanej vzorky so sorbentom UNI-SAFE.

#### 4.1 Postup pri experimentálnom skúmaní identifikačnej schopnosti sorbentu UNI-SAFE

Ďalšou časťou experimentu bolo testovanie identifikačnej schopnosti sorbentu UNI-SAFE na vybraných piatich chemikáliách. Zvolili sme si nasledovné chemikálie: Hydroxid draselný (KOH), chlorid draselný (KCl), uhličitan sodný ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), hydroxid hlinitý ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ), Jodid draselný (KI). Na úvod sme si chemikálie zriedili s vodou o objeme 100ml a zmerali sme ich pH. Na obrázku 6 sú znázornené chemikálie použité pri pokuse.



Figure 8 chemicals used in the experiment

Následne sme si obsah odmerných valcov naliali na Petriho misku a pridali sme UNI-SAFE. Po krátkom čase došlo k sfarbeniu podľa toho o akú chemikáliu sa jednalo. Na obrázku 7 je znázornený výsledok pokusu.



Figure 9 result after mixing chemicals with UNI-SAFE

Po vykonaní všetkých úkonov sme porovnali pH papieriky ponorené do chemikálií so zafarbením UNI-SAFE. Výsledky boli zhodné, Hydroxid draselný (KOH) a uhličitan sodný ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \times 10\text{H}_2\text{O}$ ) mali rovnaké sfarbenie ružovej farby a sfarbenie pH papierika bolo tmavo modré. Zvyšné chemikálie chlorid draselný (KCl), hydroxid hlinitý ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ), Jodid draselný (KI) mali zelenú farbu a k sfarbeniu pH papierika nedošlo.

## 5 ZÁVER

Dopravné nehody a s tým spojený únik nebezpečnej látky je aktuálna téma, preto sme sa rozhodli pracovať na tejto téme a podať inštitucionálny grantový projekt na tému experimentálne skúmanie účinnosti sorbentu UNI-SAFE. V práci sú postupne spracované jednotlivé časti. V úvode je spracovaná charakteristika sorbentu UNI-SAFE a taktiež súčasný stav výjazdov HaZZ. Ďalšia časť je venovaná experimentu ktorý dokázal indikačnú schopnosť sorbentu na vybraných chemikáliách. Na záver treba dodať, že nikdy nedôjde k zabráneniu vzniku dopravných nehôd a preto je potrebné vyvíjať účinnejšie látky na zabránenie znečistenia životného prostredia a záchranu ľudského života.



## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] STN 73 0831: 1979, Zhromažďovacie priestory
- [2] Štatistika požiarovosti v zhromažďovacích priestoroch 2006 - 2010, PTEU Bratislava: 24.11.2011
- [3] ŠIMONOVÁ, M.: Scenáre možného úniku nebezpečných látok vplyvom povodne. In: Krízový manažment. Vedecko – odborný časopis Fakulty špeciálneho inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline. Ročník 8, číslo 2/2009. Žilina 2009. ISSN 1336-0019.
- [4] Coneva I., Svetlík J., Orinčák M.: Problematika únikov nebezpečných látok pri dopravných nehodách. In: Riešenie krízových situácií v špecifickom prostredí : 16. medzinárodná vedecká konferencia : 1.-2. jún 2011, Žilina. - Žilina: Žilinská univerzita, 2011. - ISBN 978-80-554-0366-3. - S. 79-85.

### Adresa autorov

Michal Gál, Ing.,  
Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta špeciálneho inžinierstva,  
Katedra požiarneho inžinierstva,  
Ulica 1. mája 32, 010 26 Žilina,  
e-mail: [Michal.Gal@fsi.uniza.sk](mailto:Michal.Gal@fsi.uniza.sk),

Pavol Rubis Ing.,  
Fakulta špeciálneho inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline,  
Katedra požiarneho inžinierstva,  
ul. 1.mája 32, 010 26 Žilina  
e-mail: [pavol.rubis@fsi.uniza.sk](mailto:pavol.rubis@fsi.uniza.sk)

Barbora Balcová, Ing.  
Fakulta špeciálneho inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline,  
Katedra požiarneho inžinierstva,  
ul. 1.mája 32, 010 26 Žilina  
e-mail: [barbora.balцова@fsi.uniza.sk](mailto:barbora.balцова@fsi.uniza.sk)



# ANALÝZA KINETICKÝCH PARAMETROV PROCESU SAMOZHRIEVANIA TUHÝCH LÁTOK POMOCOU BEZPEČNOSTNÉHO KALORIMETRA SEDEX

## ASSESSMENT OF KINETIC PARAMETERS OF SELFHEATING OF SOLID MATERIALS USING SAFETY CALORIMETER SEDEX

Ivan HRUŠOVSKÝ, Tomáš CHREBET, Jozef MARTINKA, Karol BALOG

### Abstract

The SEDEX Safety calorimeter was developed for determination of the risk parameters of materials stressed under lower temperatures (from room temperature to up to 400°C). The device is capable of operating under different thermal conditions for tests such as scanning calorimetry, isothermal testing, adiabatic conditions and Accelerating Rate calorimetry.

**Keywords:** *SEDEX, exothermic reaction, Accelerating Rate Calorimetry*

### 1. ÚVOD

K najobľúbenejším a najčastejšie používaným metódam termoanalýzy patria DSC, DTA, TG a ich modifikácie. Zariadenia ktoré pracujú na princípe Diferenčnej termálnej analýzy alebo diferenčnej skenovacej analýzy majú široké spektrum použitia v praxi, avšak majú aj svoje nevýhody. Tieto zariadenia nebývajú najvhodnejšie pre analýzu exotermických reakcií a to hneď z viacerých dôvodov.

Vysoká produkcia plynov a pyrolitických produktov, ktoré sú pri týchto reakciách bežné, často znemožňujú adiabatické vyšetovanie týchto exotermických reakcií

(Grewer, 1994). Pri analýze niektorých látok je potrebné aby boli produkty spaľovania uchované v nádobe s konštantným objemom. Zariadenia určené na termálnu analýzu môžu používať uzavreté nádoby na vzorky, ale tie nebývajú vhodné pre výbušné látky. Ďalším obmedzením DSC môže byť, že v nemajú dostatočnú citlivosť na detekciu niektorých exotermických reakcií (Babrauskas, 2003).

## 2. BEZPEČNOSTNÝ KALORIMETER SEDEX

Bezpečnostný kalorimeter SEDEX (Figure 2) bol vyvinutý za účelom rýchlej a jednoduchej analýzy nebezpečných materiálov určených pre priemyselný sektor. Inými slovami má za úlohu citlivú detekciu exotermických reakcií v tuhých a kvapalných látkach (SEDEX je akronym z anglického Sensitive Detector of Exothermic processes) a ich zmesiach (Hakl, 2012). Pomocou tohto adiabatického kalorimetra môžeme získať množstvo užitočných a praktických informácií o reakciách prebiehajúcich v látke. Medzi ne patria napríklad bezpečná horná teplotná hranica, produkcia plynov a produkcia tepla z reakcie. Zo získaných údajov možno predpovedať správanie sa danej látky alebo zmesi látok pri väčších objemoch a tým predísť možným nebezpečným situáciám (Geissmann).

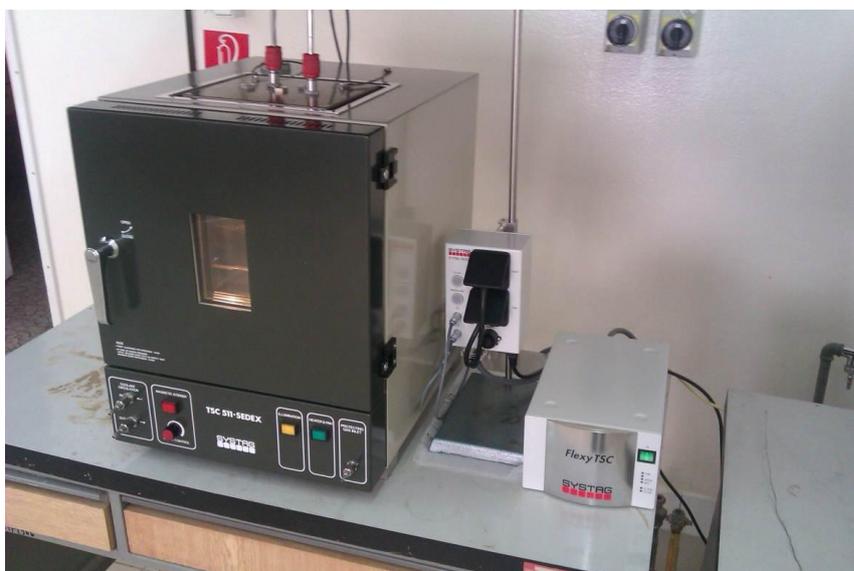


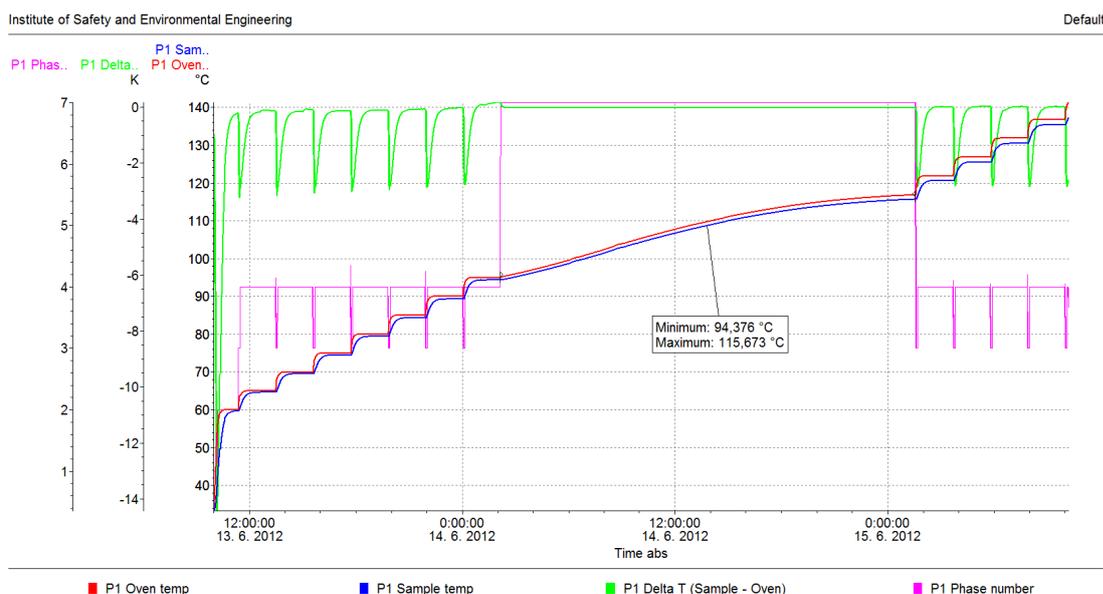
Figure 2 Safety calorimeter SEDEX

## 3. FUNKCIA ISOARC

Zariadenie pracuje v piatich základných operačných módoch:

- Scanning
- Isoperibol steps
- Isoperibol Long term
- Adiabatic Analysis
- IsoARC

Najhlavnejším a nosným operačným módom zariadenia je práve funkcia IsoARC (Figure 3). Spôsob fungovania tohto režimu spočíva v postupnom krokovom ohreve a následnom pátraní po exotermickej reakcii po tom, ako nastane tepelná rovnováha po kroku ohrevu. Zariadenie ohreje vzorku na danú teplotu a zotrúva na tejto teplote, pokiaľ nenastane tepelná rovnováha medzi vzorkou a teplotou pece. Ak sa počas tejto doby začne vzorka samovoľne zahrievať nad teplotu výdrže (citlivosť 0,05°C), tak zariadenie sa automaticky prepne do adiabatického režimu. Ak počas adiabatického režimu prestane vzorka vykazovať známky produkcie tepla, tak sa zariadenie znova prepne predchádzajúceho režimu, čiže nasleduje ohrev o teplotný krok, výdrž, hľadanie exotermickej reakcie. Ak k exotermickej reakcii nepríde, tak zariadenie pokračuje v ohreve na ďalší teplotný krok. Tento spôsob hľadania exotermických reakcií je charakteristický pre ARC. V literatúre sa nazýva aj ako heat-wait-search.



**Figure 3** Sample of cotton mixed with linseed oil investigated under the IsoARC operational mode of SEDEX



## 4. VÝSTUPNÉ ÚDAJE ZÍSKANÉ POMOCOU BEZPEČNOSTNÉHO KALORIMETRA SEDEX

Priložený software nám umožňuje spracovať a vyhodnotiť termodynamické a kalorimetrické dáta. Medzi ne patria:

- Určenie iniciačnej teploty pre prvú exotermickú reakciu (on-set)
- Tepelné toky (Figure 5)
- Čas do maximálnej rýchlosti reakcie (Figure 8)
- Rýchlosť samozahrievania (Figure 7)
- Priebeh samozahrievania v podobe arrheniusovej krivky (Figure 6)
- Aktivačná energia (Figure 6)

Zariadenie je štandardne dodávané s tlakovou nádobou na vzorky. Pri analýze pomocou ARC zohráva dôležitú úlohu takzvaný  $\Theta$ -faktor. Reprezentácia výsledkov získaných pomocou ARC ktorá bola vyvinutá Townsendom a Touom, je používaná aj dnešnými používateľmi moderných zariadení, ale bohužiaľ, prevzaté názvoslovie je čiastočne mätúce. V teórii prestupu tepla je termín „Tepelná inercia“ definovaná ako súčin tepelnej vodivosti, hustoty a tepelnej kapacity. Townsend a Tou však definovali tepelnú inerciu ako  $\Theta$  (Babrauskas, 2003).

Experimenty ukázali, že Phi faktor je veľmi dôležitý pri väčšine aplikácií, obzvlášť počas adiabatického operačného módu. Phi faktor štandardnej tlakovej nádoby na vzorku (Figure 4) je automaticky vložený vo vyhodnocovacom softvéri a nieje potrebné ho zadávať. Štandardná nádoba na vzorku sa skladá z vonkajšej a vnútornej časti. Vonkajšia časť je vyrobená z nerezovej ocele a navrhnutá tak, aby odolávala veľkým tlakom. Skladá sa z vrchnej časti, tesniaceho medeného krúžku, veka a spodnej časti. Veko spolu s tesniacim krúžkom sa vkladá medzi vrchnú a spodnú časť, ktoré sú k sebe následne priskrutkované. Vnútorňa časť je sklenená nádoba ktorá taktiež pozostáva z vrchnej a spodnej časti. Táto časť sa nazýva sklenený liner. Celá nádoba je vybavená pretlakovým ventilom a otvorom pre prívod kapiláry zo sondy snímajúcej tlak.

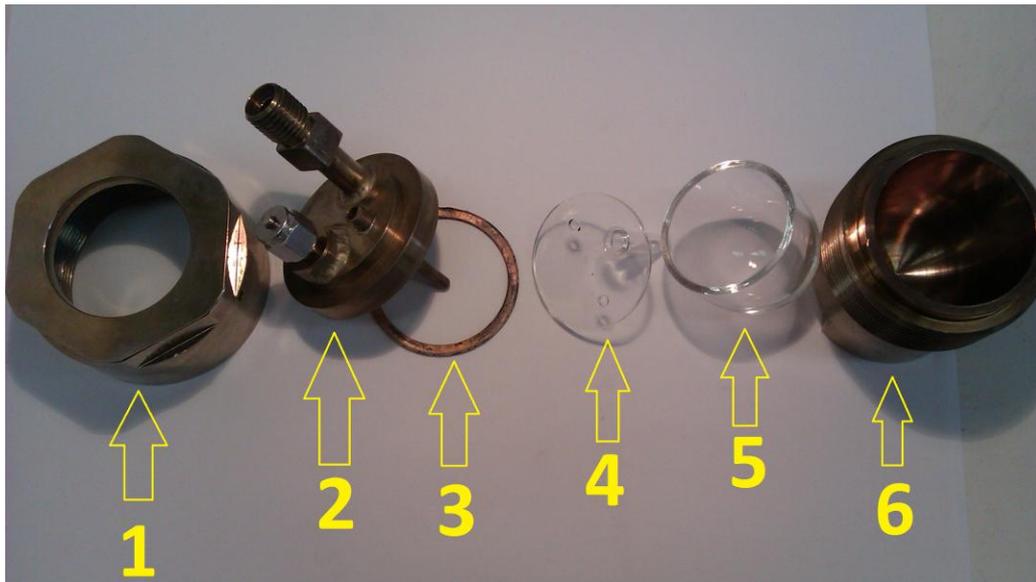


Figure 4 Sedex stainless steel vessel assembly 1 – Top part 2 – Lid 3 – Copper o-ring 4 – Glass inliner top 5 – Glass inliner bottom 6 – Bottom part

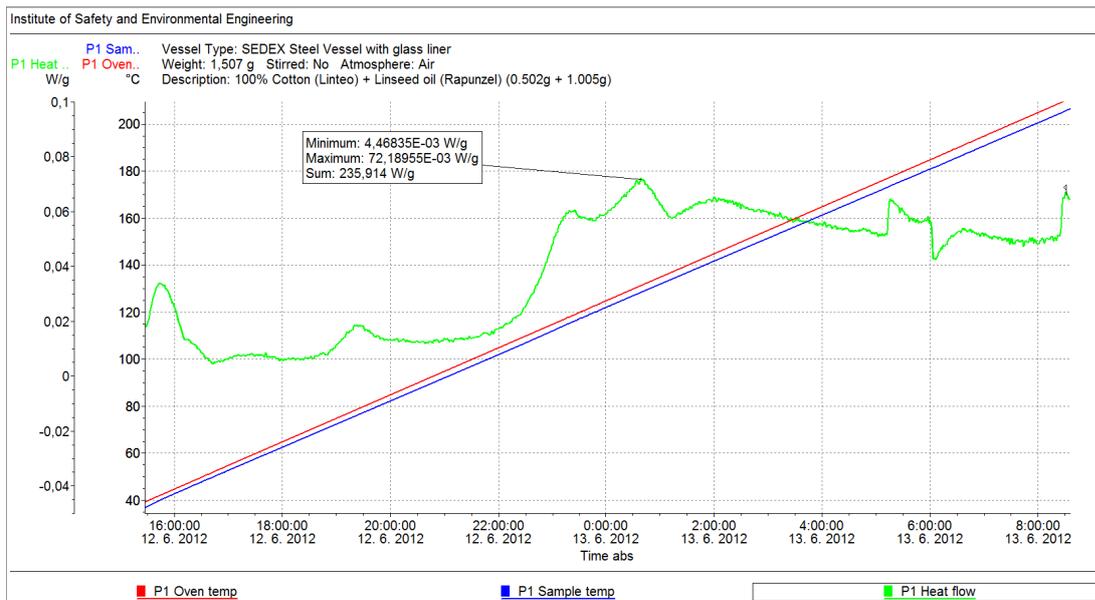
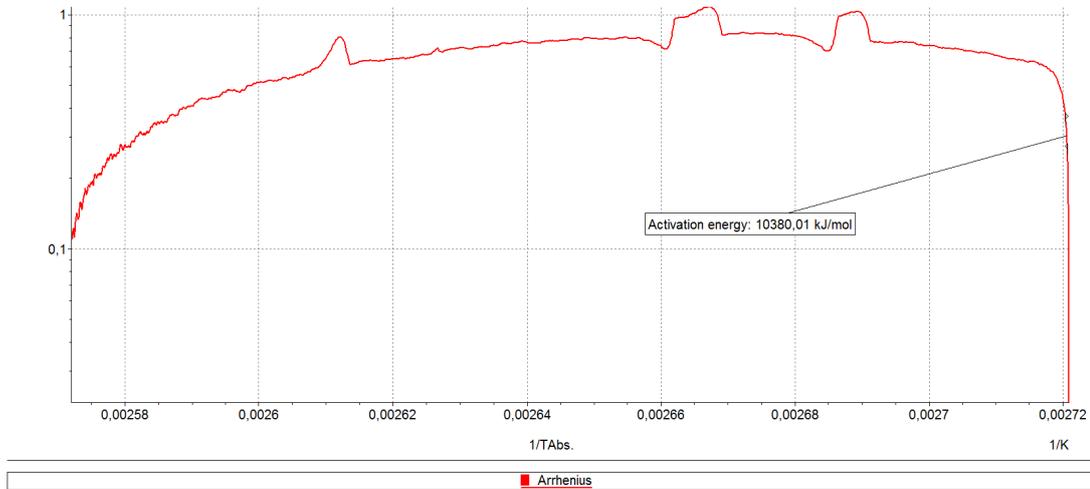


Figure 5 Sample of cotton mixed with linseed oil investigated by the means of scanning operational mode

Institute of Safety and Environmental Engineering

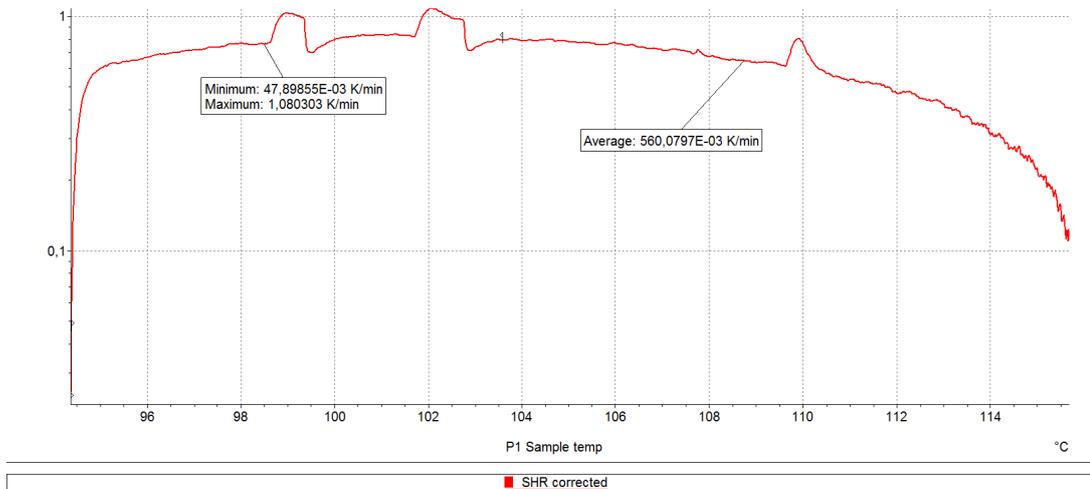
Vessel Type: SEDEX Steel Vessel with glass liner  
 Weight: 1,508 g Stirred: No Atmosphere: Air  
 Description: 100% Cotton (Linteo) + Linseed oil (Rapunzel) (0.501g + 1.007g)  
 Arrhenius K/min Adaptive filter (Tau = 600 s, UBand = 0,5 K, LBand = 0,5 K, MST = 600 s)



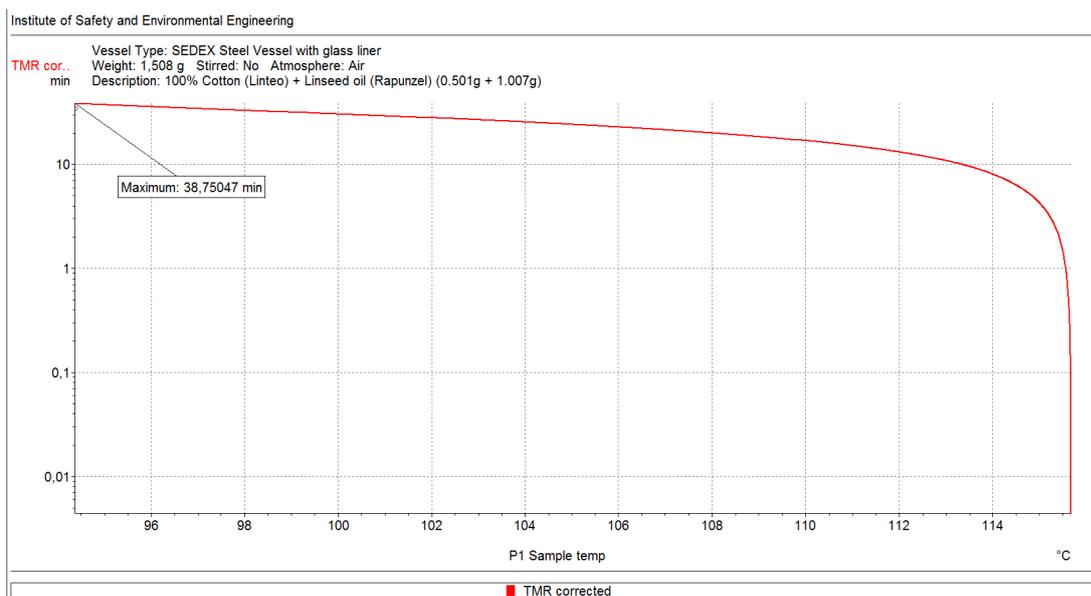
**Figure 6 Calculation of activation energy from arrhenius plot of cotton sample mixed with linseed oil investigated under IsoARC operational mode**

Institute of Safety and Environmental Engineering

Vessel Type: SEDEX Steel Vessel with glass liner  
 Weight: 1,508 g Stirred: No Atmosphere: Air  
 Description: 100% Cotton (Linteo) + Linseed oil (Rapunzel) (0.501g + 1.007g)  
 SHR cor.. K/min Adaptive filter (Tau = 600 s, UBand = 0,5 K, LBand = 0,5 K, MST = 600 s)



**Figure 7 Calculation of Selfheating rate of cotton sample mixed with linseed oil investigated under IsoARC operational mode**



**Figure 8 Calculation of The time to maximal rate of cotton sample mixed with linseed oil investigated under IsoARC operational mode**

## 5. ZHODNOTENIE

Keďže bol bezpečnostný kalorimeter Sedex navrhnutý pre rýchle a jednoduché vyhodnotenie bezpečnostných parametrov tuhých a kvapalných látok a primárne je určený pre priemyselné použitie, výsledky získané pomocou tohto zariadenia majú zväčša charakter grafickej interpretácie celkového priebehu samozahrievania v podobe prehľadných grafov. Z nameraných výsledkov dokážeme rýchlo získať prehľad o správaní sa látok počas nízkoteplotnej záťaže. Všetky metódy ktoré sa zaoberajú posudzovaním sklonu látok k samovznieteniu sú veľmi náročné na čas. Bezpečnostný kalorimeter SEDEX je ideálnym nástrojom na vyšetrovanie exotermických reakcií látok, pretože informácie o priebehu samozahrievania dokážeme získať počas relatívne krátkej doby testovania danej látky.

**„Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci OP Výskum a vývoj pre projekt: CE pre vývoj a aplikáciu diagnostických metód pri spracovaní kovových a nekovových materiálov, [ITMS:26220120048](https://doi.org/10.26907/26220120048), spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.**



## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

Babrauskas, V., 2003. *Ignition Handbook*. Issaquah WA, USA: Fire Science Publishers.

Geissmann, F., dátum neznámy *Adiabatic Reaction Calorimetry in the SEDEX Calorimeter*, Zofingen, Switzerland: Safety Laboratory SIEGFRIED & Co.

Grewer, T., 1994. *Thermal Hazards of Chemical Reactions (Industrial Safety Series)*. Amsterdam: Elsevier Science.

Hakl, J., 2012. *SEDEX (Sensitive Detector of Exothermic Processes) - A versatile instrument for investigating thermal stability*. [Online]

Available at: <http://www.icheme.org>

[Accessed 13 5 2012].

### Adresa autorov

Ing. Ivan Hrušovský, PhD.

Ing. Tomáš Chrebet, PhD.

Ing. Jozef Martinka, PhD.

Prof. Ing. Karol Balog, PhD.

Materiálovotechnologická fakulta STU,

UEBI Trnava, Paulínska 16, 917 08 Trnava

e-mail: [ivan.hrusovsky@stuba.sk](mailto:ivan.hrusovsky@stuba.sk)



**AKTÍVNA PARTICIPÁCIA SLOVENSKA NA PODPORE  
ČINNOSTI EURÓPSKEJ AGENTÚRY PRE BEZPEČNOSŤ  
A OCHRANU ZDRAVIA PRI PRÁCI**

**THE ACTIVE PARTITIPATION OF SLOVAKIA FOR  
SUPPORTING THE ACTIVITIES FOR EUROPEAN  
AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK**

Laurencia JANČUROVÁ

**Abstract**

The contribution promotes the coordination activities of labour inspection authority in the field of international cooperation of health and safety. It is focusing on the activities of the Slovak Focal point and EU campaign “Working together for risk prevention”. The Campaign is co-ordinated by the European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA) and its partners in the 27 EU Member States and beyond. It supports a wide range of activities at both the European and national level. The Slovak Focal Point is an active part of the European campaign and the contribution informs about the concrete Slovak activities to support it at the national level.

**Keywords:** *International cooperation, campaign, European Agency for Safety and Health at Work.*

**ÚVOD**

Rozhodnutie Európskej agentúry pre bezpečnosť a zdravie pri práci (ďalej agentúra) venovať sa nasledujúce dva roky podpore spolupráce zamestnávateľov a zamestnancov



pri prevencii ovplyvnilo poznanie, že úspešná spolupráca manažérov, zamestnancov, ich zástupcov a ostatných zainteresovaných strán môže významne kladne ovplyvniť bezpečnosť a zdravie zamestnancov a znížiť riziko na pracovisku. Zároveň sú to nevyhnutné predpoklady trvalého hospodárskeho úspechu a udržateľnej budúcnosti.

Slovensko ako plnohodnotný člen EÚ sa aktívne zapája do aktivít koordinovaných agentúrou a inými inštitúciami, ktoré sa zaoberajú otázkami bezpečnosti zdravia a ochrany pri práci.

## **1. VÝZNAM PARTICIPÁCIE ZAMESTNANCOV A DÔLEŽITÉ DÁTUMY KAMPANE**

Kampaň je dôležitá pre pochopenie samotnej podstaty významu zapojenia zamestnancov, bez ktorých aktívnej účasti je úsilie zamestnávateľov a vrcholového manažmentu odsúdené na neúspech. Dôležitú funkciu zohrávajú zástupcovia zamestnancov pre bezpečnosť.

Začiatok kampane: 18. apríl 2012, Svetový deň bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci

- Európsky týždeň bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci: október 2012 a 2013
- Slávnostné odovzdávanie ceny za dobrú prax: apríl 2013
- Slávnostné ukončenie kampane: november 2013

Mnoho podujatí kampane sa zameriava na Európsky týždeň bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci, ktorým je každoročne 43 kalendárny týždeň roka a organizuje sa od roku 2000. Každoročne sa jedná o série podujatí na propagáciu bezpečnosti a ochrany zdravia na pracovisku. Sleduje sa pri nich týchto päť cieľov: zvýšenie informovanosti, poskytovanie informácií, príprava zdrojov a umožnenie prístupu k nim, podpora činností, ktoré majú vplyv na pracovisko, identifikovanie a uznanie dobrej praxe.

Agentúra organizuje počas prvého roka kampane súťaž Európska cena za Dobrú prax v oblasti bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci. Cenou za dobrú prax sa odmeňujú organizácie, ktoré našli inovatívne spôsoby ako prispieť k podpore aktívnej spolupráce manažérov a zamestnancov pri zvyšovaní úrovne BOZP. Európski víťazi sa budú



vyberať v dvoch kategóriách, a to pracoviská do 99 zamestnancov a pracoviská nad 100 zamestnancov.

## 2. SLOVENSKÉ AKTIVITY NA PODPORU KAMPANE

Zapojenie sa do európskej súťaže zberu príkladov Dobrej praxe, ktorej cieľom je poukázanie na konkrétnych príkladoch na výhody vyplývajúce z postupov dobrej praxe v oblasti bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci a ich zviditeľnenie všetkým európskym zamestnávateľom a zamestnancom. Pre zlepšenie informovanosti a pomoc malým a stredným podnikom sú v rámci kampane organizované už tradične bezplatné semináre, obsahovo zabezpečené Národným kontaktným miestom agentúry, na ktorých sú účastníci bližšie oboznámení s činnosťou agentúry, s jej propagačnými materiálmi ako aj legislatívou v oblasti bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci, aktuálnymi zmenami legislatívy a výsledkami inšpekcie práce v konkrétnej oblasti, na ktorú budú semináre zamerané. Na semináre sú prizývaní aj odborníci z iných inštitúcií, podnikov a odborových organizácií. Účastníkom sú bezplatne poskytnuté propagačné materiály kampane, ktoré môžu hlavne bezpečnostní technici a majitelia menších firiem, ktorí sami zabezpečujú úlohy BOZP použiť ako zdroj informácií na lepšie zvládnutie povinností súvisiacich so zabezpečením BOZP. V priebehu roka 2012 sú organizované štyri takéto semináre, pričom na každý z nich sa môže prihlásiť 50 účastníkov.

Ďalšou z plánovaných aktivít v rámci kampane je exkurzia novinárov vo firme, ktorá sa stane víťazom národného kola súťaže Dobrá prax.

Počas týždňa bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci, ktorý sa v krajinách EÚ každoročne koná v 43-om kalendárnom týždni roka je zorganizovaná tlačová konferencia za účasti médií - tlače, rozhlasu a televízie, zástupcov organizácií zapojených do súťaže Dobrá prax ako aj odborníkov, ktorí predstavia širokej verejnosti cieľ a konkrétne aktivity prvého ročníka kampane.



### 3. AKO MÔŽE AGENTÚRA POMÔČŤ ORGANIZÁCIÁM ZAPOJENÝM DO KAMPANE – UZNANIE A PARTNERI KAMPANE

Agentúra zviditeľní organizáciu, ktorá sa aktívne zapojí ako partner kampane. Pomocou jednoduchého on-line dotazníka možno oznámiť agentúre, čím sa organizácia zaoberá a čo chce v kampani dosiahnuť, a tým môže dosiahnuť uznanie svojej účasti formou osobného osvedčenia o účasti, ktorý si možno stiahnuť z webových stránok, vytlačiť a vystaviť, ale aj formou on-line reklamného nápisu pre webovú stránku danej organizácie.

Organizácie, ktoré dokážu konať na medzinárodnej úrovni a želajú si významné zapojenie do kampane, majú možnosť stať sa oficiálnym partnerom kampane.

Partnerstvo prinesie organizácii viacero výhod, a to:

- uverejnenie vo vyhradenej sekcii webovej stránky kampane, s výrazným vyobrazením jej loga a kontaktných údajov, uvedením podrobných údajov o činnostiach, ktorými sa zaoberá a s odkazom na jej webové stránky,
- uverejnenie podujatí, ktoré organizuje v „Kalendári podujatí kampane“;
- uverejnenie vedúcej osobnosti organizácie, ktorá môže byť uvedená na webovej stránke kampane aj s fotografiou;
- príležitosť propagovať on-line súvisiace tlačové správy, správy a činnosti, jednak v sekcii správ webovej stránky kampane Zdravé pracoviská, jednak cez elektronický bulletin OSHmail,
- propagácia zo strany agentúry: vždy, keď agentúra propaguje kampaň Zdravé pracoviská na úrovni EÚ (napríklad európskym zainteresovaným stranám, sociálnym partnerom, Európskemu parlamentu a Európskej komisii, ako aj na podujatiach predsedníctva EÚ a pri udeľovaní cien za dobrú prax) alebo v médiách, uverejňuje aj oficiálnych partnerov kampane.

### 4. INÉ AKTIVITY, KTORÉ KOORDINUJE ALEBO NA KTORÝCH SA PODIEĽA AGENTÚRA

4.1. Mini“ kampaň k problematike označovania a balenia nebezpečných chemických látok (CLP), na národnej úrovni budú informácie šírené národnými kontaktnými miestami.



4.2. Informačná kampaň, v ktorej agentúra vyzýva zamestnávateľov a zamestnancov, aby na pracoviskách v celej Európe odstránili environmentálny tabakový dym. Vychádza sa zo štatistických odhadov, ktoré hovoria, že viac ako pol milióna úmrtí ročne v EÚ súvisí s fajčením, z čoho približne 79 000 sa pravdepodobne týka samotného environmentálneho tabakového dymu. Ku tejto kampani boli agentúrou vydané a do 24 jazykov preložené tri letáky, videoklip Napo – „Pľúca v práci“ a ďalšie informačné materiály, zverejnené na webovej stránke agentúry.

4.3. EÚ kampaň Výboru vrchných predstaviteľov inšpekcie práce (SLIC) 2012 venovanú psychosociálnym rizikám podporili aj zástupcovia EU-OSHA. Agentúra bude vychádzať zo skúseností, ktoré budú získané počas tejto kampane pri príprave vlastnej kampane, ktorá prebieha každoročne pod názvom „Zdravé pracoviská“ a v rokoch 2014 – 2015 bude zameraná na psychosociálne riziká.

4.4. Projekt EU-OSHA a konzorcium Napo s názvom „NAPO pre učiteľov základných škôl“, ktorý pomáha učiteľom hravou a nenásilnou formou oboznámiť deti ZŠ so základnými pojmami BOZP.

4.5. Pan-európsky prieskum verejnej mienky o BOZP, realizovaný v mene agentúry spoločnosťou Ipsos MORI, ktorým sa zisťovali názory viac než 35 000 bežných občanov z 36 európskych krajín na súčasné problémy na pracovisku vrátane stresu súvisiaceho s prácou a významu BOZP pre hospodársku konkurencieschopnosť, ako aj v súvislosti s dlhším pracovným životom. Na Slovensku bola oslovená reprezentatívna skupina 1041 respondentov vo veku viac ako 18 rokov, zastupujúca príslušné vekové kategórie, pohlavie a regióny krajiny. Prezentácia uvádza zopár konkrétnych prípadov týkajúcich sa úrovne pracovného stresu a informovanosti zamestnancov o rizikách na pracovisku.

4.6. Agentúra a projekt Európskej komisie „Starší zamestnanci“, ktorého východiskom je nepriaznivý demografický vývin a požiadavka dlhšieho zotrvania v pracovnom pomere. Výsledkom projektu bude správa zahŕňajúca príklady dobrej praxe BOZP inštitúcií, inšpekcie práce, pracovísk všeobecne a hlavne malých a stredných podnikov, ktoré budú zozbierané prostredníctvom zástupcov ČŠ a prezentované ako výsledok projektu.



## ZÁVER

Vzdelávacie inštitúcie venujúce sa problematike BOZP, ako aj tí, ktorí vyvíjajú aktivity, činnosti a projekty týkajúce sa osvetu v oblasti BOZP a majú záujem o spoluprácu, môžu v prípade záujmu kontaktovať národné kontaktné miesto agentúry.

## Adresa autora

Ing. Jančurová Laurencia

Národný inšpektorát práce,

Národné kontaktné miesto Európskej agentúry pre bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci,

Masarykova 10, 040 01 Košice, Slovenská Republika

Tel: +421 55 79 79927,

e-mail: [laurencia.jancurova@ip.gov.sk](mailto:laurencia.jancurova@ip.gov.sk)



## AKTÍVNA PROTIPOŽIARNA OCHRANA BUDOV- STABILNÉ HASIACE ZARIADENIA

### ACTIVE FIRE PROTECTION BUILDING-FIXED FIRE FLAMMABILITY OF

Michaela JURÍČKOVÁ

#### Abstract

At the time of construction demanding building complexes, which are complicated not only their disposition but also their technology and the height is the protection of the population in these areas an integral part of the building. Fire technical devices which are currently available and provide both fire detection itself, or its location, but also the possibility of the active principle and the direct protection of the population, are the main help in active fire protection of buildings.

**Keywords:** *Fire safety, active control, passive control, paint system, spray – on system, safe protection ratio distance, electric fire alarm, fire distance, open fire area and space without the risk of fire*

#### 1. ÚVOD

Protipožiarna ochrana a bezpečnosť osôb, zvierat a majetku patrí k jedným z priorít pri riešení budov a návrhu požiarotechnických zariadení v nich.

Protipožiarnu ochranu budov delíme na :

- **aktívnu protipožiarnu ochranu a**
- **pasívnu protipožiarnu ochranu.**

Základné delenie požiarotechnických zariadení pre aktívnu a pasívnu protipožiarnu ochranu:

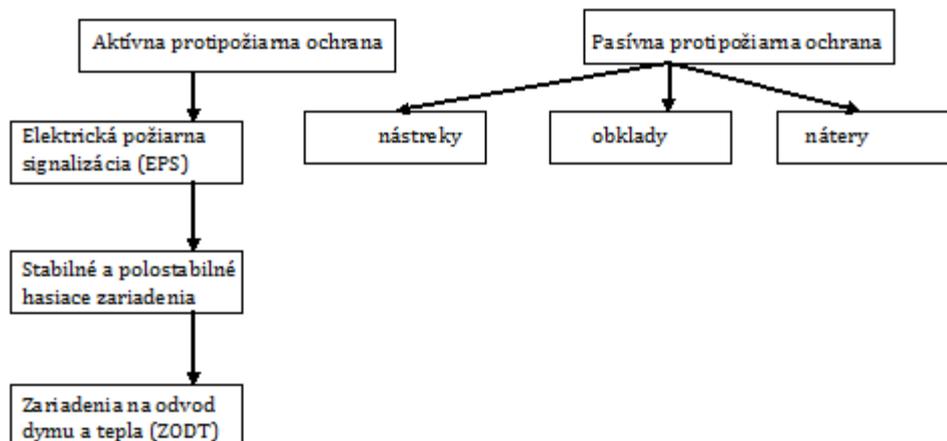


Figure 1 The basic division of fire-fighting equipment for active and passive fire protection

## 2. DELENIE POŽIARNOTECHNICKÝCH ZARIADENÍ AKTÍVNEJ PROTIPOŽIARNEJ OCHRANY

Požiarotechnické zariadenia aktívnej protipožiarnnej ochrany slúžia nielen na včasnú detekciu požiaru a tým predchádzajú veľkým škodám spôsobených požiarom, ale sú aj lokalizátormi vzniknutých požiarov. Ich vzájomná spolupráca a správne zosúladenie sú základným predpokladom vysokého stupňa ochrany budov.

### Elektrická požiarzna signalizácia (EPS) –

- musí identifikovať minimálne jeden fyzikálny alebo chemický jav spôsobený požiarom v chránenom priestore.
- Akusticky a/alebo aj opticky signalizovať vzniknutý stav, t. j. poplach v stráženom priestore a/alebo v jeho okolí, ktorý smeruje do ohlasovne požiarov alebo na hasičskú jednotku.
- ovládať požiarotechnické zariadenia, ktoré sú na ňu napojené.

Podľa typov hlásičov sa elektrická požiarzna signalizácia delí na :

- automatické hlásiče a



- tlačidlové hlásiče.

Podrobnosti súvisiace s prevádzkovaním a zabezpečením kontroly elektrickej požiarnej signalizácie ustanovuje vyhláška MV SR č. 726/2002 Z. z. ktorou sa ustanovujú vlastnosti elektrickej požiarnej signalizácie, podmienky jej prevádzkovania a zabezpečenia jej pravidelnej kontroly a norma STN730875 Požiarna bezpečnosť stavieb. Navrhovanie elektrickej požiarnej signalizácie.

**Zariadenia na odvod dymu a tepla (ZODT)** resp. zariadenia na odvod splodín horenia – predstavujú súbor systémov, ktorých hlavnou úlohou je odvieť z detegovaného priestoru dym a nadmerné teplo. Podľa spôsobu odvodu splodín horenia a tepla sa rozdeľujú tieto zariadenia na :

- zariadenia s prirodzený systém odvodu dymu a tepla (splodín horenia) a
- zariadenia s nútený systém odvodu dymu a tepla (splodín horenia).

Podrobnosti súvisiace s druhmi zariadení na odvod tepla a splodín horenia , spôsobov vyhotovenia a aplikáciami sú bližšie uvedené v STN EN 12101.

Vyhláška MV SR č.169/2006 Z. z. o konkrétnych vlastnostiach stabilného hasiaceho zariadenia a polostabilného hasiaceho zariadenia a o podmienkach ich prevádzkovania a zabezpečenia ich pravidelnej kontroly, definuje stabilné hasiace zariadenia nasledovne:

**Stabilné hasiace zariadenie (SHZ)-** je hasiace zariadenie, ktoré obsahuje najmä stabilný zdroj hasiacej látky, rozvodné potrubie, vypúšťacíu armatúru, spúšťací mechanizmus a signalizačné zariadenie.“ Podľa hore uvedenej vyhlášky musí : „stabilné hasiace zariadenie požiar uhasiť alebo uviesť pod kontrolu, signalizovať svoju činnosť a vykonať pomocnú funkciu.“ (MV SR č. 169/2006 Z.z.)



### 3. PROTIPOŽIARNA OCHRANA BUDOV STABILNÝMI HASIACIMI ZARIADENIAMI

Tak ako je to uvedené v definícii podľa vyhlášky MV SR č. 169/2006 Z. z. je stabilné hasiace zariadenie vybavené stabilným zdrojom hasiacej látky.

Pri výbere hasiaceho média do stabilných hasiacich zariadení sú dôležitými faktormi najmä :

- technológia prevádzky budovy ,
- horiace látky a materiály,
- samotné požiarne riziko riešeného priestoru,
- obsadenie priestoru osobami ako aj samotný pohyb osôb v danom priestore a ich spôsob úniku či
- dostupnosť hasiaceho média.

Pri pohľade do histórie vývoja stabilných hasiacich zariadení sa môže s prehľadom povedať že od 50-tych rokov 20. storočia sa v oblasti technickej spôsobilosti klasických sprinklerových hlavíc, ako armatúr slúžiacich na distribúciu hasiaceho média do priestoru, príliš veľké pokroky neurobili. No napriek tomu, to účinnosti a technickej zdatnosti, stabilným hasiacim zariadeniam vôbec neuškodilo. Ich technické premyslenie už v týchto rokoch bolo na vysokej úrovni a predpokladalo mnohé faktory, s ktorými sa pri návrhu hlavíc , či potrubného systému počítalo. To umožnilo stabilným hasiacim zariadeniam dostať sa v oblasti protipožiarnej prevencie budov , z hľadiska ochrany majetku , na popredné miesto.

Hasiace média pre stabilné hasiace zariadenie z hľadiska odoberania tepelnej energie sa delia na :

- vodné,
- penové a
- s použitím vodnej hmly.

Stabilné hasiace zariadenia môžu byť napojené aj na elektrickú požiarnu signalizáciu tak ako hovorí STN 730875. (*STN730875:1991 - Navrhovaní elektrické požární signalizace*)



## 3.1 Vodné stabilné hasiace zariadenia

Stabilné hasiace zariadenia z hľadiska spôsobu ovládania a spôsobu spúšťania do prevádzky rozdeľujeme na :

### 1. s ručným ovládaním

- priame otvorenie ventilu pákou,
- diaľkové otvorenie mechanickým alebo elektrickým zariadením,

### 2. so samočinným ovládaním .

Z hľadiska spôsobu vypúšťacej armatúry a integrovania hasiaceho média do priestoru, vodné stabilné hasiace zariadenia môžeme rozdeliť na :

- drenčerové zariadenia,
- sprinklerové zariadenia,
- záplavové zariadenia a
- zariadenia na vodnú hmlu

*(ING. MAREK POKORNÝ A ING. DANIEL ŠIMMER, 2006. Stabilné hasiace zariadenia, Fakulta stavební. Praha : ČVUT v Praze,)*

## 3.2 Sprinklerové zariadenia

Možnosti vyhotovenia sústavy sprinklerových zariadení :

- a) mokrá sústava,
- b) suchá sústava,
- c) zmiešaná sústava a
- d) sústava s predstihovým zariadením.

Neoddeliteľnou súčasťou správnej protipožiarnej ochrany budov je aj výber vhodnej sústavy sprinklerových zariadení.



**Mokrá sústava** – patri medzi najjednoduchšie a najspolahlivejšie sústavy. Potrubie spájajúce ventilovú stanicu s hlavicami je trvale napustené tlakovou vodou. Takúto sústavu je možné pouzit iba tam, kde sa prevádzkova teplota pohybuje nad 5C.

**Suchá sústava** – rozvodné potrubie je naplnené tlakovým vzduchom a v prívodnom potrubí medzi tlakovou stanicou a vodným zdrojom je tlaková voda. Navrhujeme ju tam, kde môže prevádzkova teplota klesnut pod 0C. Dôležitou astou tejto sústavy je suchý riadiaci ventil, ktorý oddeľuje suchú a mokrú ast potrubného rozvodu.

**Zmiešaná sústava** – k rozvodnej sieti mokrej sústavy je pripojená jedna alebo viac suchých sústav. Používa sa všade tam, kde je potrebné chranit poziarny usek a teplota tu klesá pod 0C alebo stúpa nad 70C.

**Sústava s predstihovym riadením** – spája suchú sústavu s elektrickou požiarnou signalizáciou. Tá zabezpei otvorenie riadiaceho ventilu, následkom čoho dojde k zaplaveniu suchej sústavy skor, než sa otvorí prvá sprinklerova hlavica, o umozňuje rýchly a okamžitý zásah.

*(ING. MAREK POKORNÝ A ING. DANIEL ŠIMMER, 2006. Stabilné hasiace zariadenia, Fakulta stavební. Praha : ČVUT v Praze,)*

## 4. ZAHRANIIE VERZUS SLOVENSKÁ REPUBLIKA

V **USA** sa vyžaduje, aby v budovách , v ktorých sa vyskytuje viac ako 100 osôb a budovách, ktoré sú urcene na spanie (sanatóriá, hotely, motely, ubytovne, nemocnice) boli situované sprinklerové zariadenia. Povinnost zavedenia stabilného hasiaceho zariadenia je podmienená v jednotlivychtatoch stavebným zákonom, federálnym nariadením alebo moznostou udelenia certifikátu pre danú budovu. ([http://en.wikipedia.org/wiki/Fire\\_sprinkler\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Fire_sprinkler_system))

V **Nemecku** od roku 1996, kde pri požiari na letisku v Dusseldorf, zahynulo 17 ľudí, sa zaviedla dodatočná sprinklerova ochrana do všetkých nemeckých letiskových hál, ktoré slúžia ako zhromažďovacie priestory. ([http://en.wikipedia.org/wiki/Fire\\_sprinkler\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Fire_sprinkler_system))



**V Holandsku** od roku 2005, kde pri požari vo väznici pre ilegálnych imigrantov na letisku Schiphol zahynulo 11 väzňov, sa zaviedla dodatočná sprinklerová ochrana do všetkých obdobných prevádzok. ([http://en.wikipedia.org/wiki/Fire\\_sprinkler\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Fire_sprinkler_system))

**Fínsko** od roku 2010 má viac ako tretinu opatrovateľských domov chránených stabilnými hasiaci zariadeniami. ([http://en.wikipedia.org/wiki/Fire\\_sprinkler\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Fire_sprinkler_system))

**Wales** sa v roku 2011 stal prvou krajinou sveta, kde sú stabilné hasiace zariadenia povinné vo všetkých novopostavených rodinných, obytných domoch ako aj v domoch s opatrovateľskou službou a univerzitných internátoch.

([http://en.wikipedia.org/wiki/Fire\\_sprinkler\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Fire_sprinkler_system))

Väčšina európskych krajín si vyžaduje používanie sprinklerov v skladových priestoroch, obchodných centrách, vo výškových budovách a vo vybraných typoch budov (individuálne pre každú krajinu).

([http://en.wikipedia.org/wiki/Fire\\_sprinkler\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Fire_sprinkler_system))

**Na Slovensku** sa stabilné hasiace zariadenie inštalujú v budovách spoločenskej a občianskej vybavenosti (nákupné centrá, kongresové centrá, kiná, divadlá, zhromažďovacie priestory a pod.) a v priestoroch výrobných objektov a skladov. V novopostavených budovách zdravotníckych, telovýchovných či školských zariadení sa vzhľadom na legislatívne predpisy a zvýšenú ochranu osôb, zvierat a majetku už rovnako tak pristupuje k inštalovaniu stabilných hasiacich zariadení.

Nezanedbateľným faktorom pri tom je aj samotné poistenie budov, kde poisťovne výrazne preferujú objekty s dostatočným protipožiarnym zabezpečením. Potvrďuje to aj Britská štúdia, ktorá dokazuje, že škody v objektoch chránených sprinklerovými zariadeniami dosahujú len jednu desatinu škôd, ktoré boli spôsobené v objektoch bez sprinklerového stabilného hasiaceho zariadenia.



## 5. VPLYV STABILNÝCH HASIACICH ZARIADENÍ NA ODSUPOVÉ VZDIALENOSTI U NÁS A V ČESKEJ REPUBLIKE

Podľa STN 920201-4:2000 a ČSN 730802:2008 sa odstupová vzdialenosť určuje pre každý požiarne úsek stavby, otvoreného skladu alebo otvoreného technologického zariadenia samostatne.

Pre určenie odstupových vzdialeností od stavebných objektov (budov) v oboch legislatívnych normách je rozhodujúca:

- veľkosť požiarne otvorených plôch posudzovaného požiarneho úseku a
- plošná hustota tepelného toku z posudzovaného požiarneho úseku.

**Veľkosť požiarne otvorených plôch** a metodický výpočet pre úplne požiarne otvorenú plochu ako aj čiastočne požiarne otvorenú plochu nachádza v STN920201-4.

**Plošná hustota tepelného toku** podľa STN 920201-4 z úplne požiarne otvorenej plochy obvodovej steny predmetného požiarneho úseku sa určí podľa ekvivalentného času trvania požiaru alebo podľa výpočtového požiarneho zaťaženia.

Z hľadiska slovenských legislatívnych predpisov platných do dnešného dňa sa za úplne požiarne otvorenú plochu alebo čiastočne požiarne otvorenú plochu nepovažujú:

- a) chránené únikové cesty a
- b) úseky bez požiarneho rizika. (*STN920201-4:2000 - Požiarne bezpečnosť stavieb, Spoločné ustanovenia.*)

Česká legislatíva v oblasti ochrany vnútorných priestorov postúpila ďalej už v roku 2009, kedy v odseku 8.4.6 ČSN 730802 za úplne požiarne otvorenú plochu alebo čiastočne požiarne otvorenú plochu nepovažujú :

- a) chránenú únikovú cestu,
- b) úseky bez požiarneho rizika a
- c) priestory, v ktorých je po celej pôdorysnej ploche inštalované sprinklerové stabilné hasiace zariadenie alebo doplnkové sprinklerové hasiace zariadenie.



Následne je hustota tepelného toku podľa ČSN 730802 odsek 10.4.4 rovná nule, pre priestory podľa odseku 8.4.6. Pokiaľ je v požiarom úseku inštalované sprinklerové stabilné hasiace zariadenie alebo doplnkové sprinklerové stabilné hasiace zariadenie v súlade s kapitolou 11 podľa ČSN730810: 2009. A ak obvodové steny sú triedy D3 alebo D2 s vonkajšou povrchovou úpravou z výrobkov triedy reakcie na oheň typu C až F, s možným uvoľnením tepla nad  $150\text{MJ/m}^2$ , môže sa hustota tepelného toku započítať reprezentatívnym uvoľneným teplom  $3,6\text{MJ/m}^2$ . min a to po celej ploche takto upravenej obvodovej steny prislúchajúcej posudzovanému požiarom úseku. (ČSN73080:2009, *Požární bezpečnost staveb- Nevýrobné objekty.* )

## 6. ZÁVER

V praxi to znamená, že podľa platným noriem a vyhlášok na území Slovenskej republiky je nutné v každom priestore, bez ohľadu na jeho zabezpečenie požiarne technickými zariadeniami, najmä stabilným hasiacimi zariadeniami (s hasiacim médiom s účinkom chladenia priestoru), počítať odstupové vzdialenosti ako pri plne rozvinutom požiaru. Charakter činnosti stabilného hasiaceho zariadenia ako aj lokalizácia požiaru v jeho počiatocnej fáze zabezpečí, že v detegovanom priestore s požiarom nevzniká dostatočná plošná hustota tepelného toku na ohrozenie priestorov mimo zasiahnutého požiarneho úseku. Z čoho je zrejmé, že v priestoroch, ktoré sú po celej ploche chránené funkčným stabilnými hasiacim zariadením s hasiacim k plne rozvinutému požiaru nedochádza.

Vďaka včasnej detekcii požiaru pomocou požiarotechnických zariadení (hlavne elektrickej požiarnej signalizácie) a okamžitej aktivácii sprinklerových hlavíc na miestach výskytu požiaru v počiatocnom štádiu, je možné požiar buď uhasiť, alebo uviesť pod kontrolu až do príchodu hasičských jednotiek.

Pri výpočtoch a návrhoch počtu sprinklerových hlavíc sa pri tom vychádza z výpočtových hodnôt, kde otvorená sprinklerová hlavica dokáže odobrať cca  $2160\text{kW}$  tepla z plochy objemu  $\text{m}^2$  z prebiehajúceho požiaru. Každá ďalšia otvorená hlavica následne odoberá rovnaké množstvo tepla zo vzniknutého požiaru.



Priestory chránené stabilným hasiacim zariadením s médiom, ktoré odoberá tepelnú zložku z požiaru, by preto z hľadiska riešenia odstupových vzdialeností mali mať aspoň také požiadavky ako u našich blízkych susedov, t. j. z hľadiska reálneho vyhodnotenia nebezpečenstva = reálnej hodnoty hustoty tepelného toku, požiadavka na odstupovú vzdialenosť nevzniká.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- KRATOCHVÍL, V., NAVAROVÁ, Š., KRATOCHVÍL M.,2011. Požárně bezpečnostní zařízení ve stavbách (Stručná encyklopedie pro jednotky po, požární prevenci a odbornou veřejnost, Ostrava : EDICE SPBI SPEKTRUM XII) ISBN: 978-80-7385-103-3
- ING. MAREK POKORNÝ A ING. DANIEL ŠIMMER, 2006. Stabilné hasiace zariadenia. (Praha : Fakulta stavební, ČVUT v Praze) , 4 s.
- STN 920201-4 :2000 – Požiarna bezpečnosť stavieb, Spoločné ustanovenia. (Bratislava: Slovenský ústav technickej normalizácie), 32 s.
- ČSN 730802:2009 – Požární bezpečnost staveb- Nevýrobné objekty. (Praha :Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví), 122 s.
- ČSN 730875:1991 – Navrhování elektrické požární signalizace (Praha : Vydavatelství norem)40 s.
- Vyhláška MV SR č.169/2006 Z. z. o konkrétnych vlastnostiach stabilného hasiaceho zariadenia a polostabilného hasiaceho zariadenia a o podmienkach ich prevádzkovania a zabezpečenia ich pravidelnej kontroly (Bratislava: IURA EDITION, spol. s.r.o.), 15 s.
- Vyhláška MV SR č. 726/2002 Z. z. ktorou sa ustanovujú vlastnosti elektrickej požiarnej signalizácie, podmienky jej prevádzkovania a zabezpečenia jej pravidelnej kontroly (Bratislava: IURA EDITION, spol. s.r.o.,Bratislava), 7 s.
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Fire\\_sprinkler\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Fire_sprinkler_system)



## Adresa autora

Ing. Michaela Juríčková

Slovenská technická univerzita v Bratislave,

Stavebná fakulta

Katedra konštrukcií pozemných stavieb

Radlinského 11, 813 68, Bratislava

e-mail: [michaela.jurickova@gmail.com](mailto:michaela.jurickova@gmail.com)



Pozvaná prednáška

## HASENIE POŽIAROV V STREDNE VYSOKÝCH BUDOVÁCH

### FIRES IN MID-RISE

László KOMJÁTHY

#### Abstract

The article deals with fires in medium-high buildings and putting out fires in them. Of course, each time a fire is called in firefighters to fight fire in the middle of high buildings. More rapid spread of fire in homes also contributes to the amount of combustible materials. Therefore, access is often difficult and interference detection focus for intervention difficult, as dense smoke. Several times there also the rescue and escape routes are mutually coincide. In many cases, the intervention could make a people freed only by stairs. Quick action is extremely important, it is necessary to have a good understanding of space and excellent condition from intervening.

**Keywords:** *firefighters, fire, confined space, mid-rise, hurt, fire action*

#### 1. ÚVOD

Samozrejme, že pri každom požiaru sú hasiči privolaní k haseniu požiarov v stredne vysokých budovách. Rýchlejšiemu šíreniu požiaru v bytoch prispieva aj množstvo horľavých materiálov. Preto je prístup a zásah často sťažený. Zistenie ohniska pri zásahu sťažuje, napríklad hustý dym. Informácie o ohnisku majú veľký význam aj pre zisťovanie požiarov [5]. Niekoľkokrát sa vyskytne aj to, že zásahové a únikové cesty sa vzájomne kryjú. Vo viacerých prípadoch možno zásah vykonať a obyvatel'ov



vyslobodiť len cez schodište. Rýchly zásah je mimoriadne dôležitý, k tomu je potrebné mať dobré znalosti miesta a výbornú kondíciu zo strany zasahujúcich.

## 2. POŽIARE V STREDNE VYSOKÝCH BUDOVÁCH

Z hľadiska vzniku požiaru je charakteristická tvorba hustého dymu, ktorý rýchlo zaplní budovu. Vzhľadom na charakteristiku schodísk sa splodiny a dym[1] rýchlo šíria od ohniska smerom na schodisko. Príslušníci zasahujúcich jednotiek musia používať dýchacie prístroje a musia rátať veľkým počtom osôb, ktoré treba zachrániť.

Z hľadiska stavebného inštalatérstva predstavujú problémy chýbajúce bezpečnostné, respektíve protipožiarne výťahy. Tieto výťahy neboli vybudované iba zriedkakedy. Rýchlemu vertikálnemu šíreniu požiaru napomáha systém vetracích šácht, alebo nečistoty, ktoré sa v nich usadili. Tesnenie škár pri stavebno-inštalatérskych potrubiach prechádzajúcich cez steny nie je dostatočne kvalitné. Fungovanie prístrojov na odvod dymu je ťažké, obyvatelia nevedia ich používať.

V budovách sú suché stúpačky [2] väčšinou nepoužiteľné, ich údržbe sa nevenuje pozornosť. Funkčnosť zabudovaných požiarных vodovodných potrubí a armatúr je tiež otázna. Nástenné hydrantové skrine sú naďalej buď dôkladne zamknuté, alebo z nich chýbajú armatúry. Technický stav elektrických a svetelných zariadení je nevyhovujúci. Potrubia často krát nezvládajú zvýšené zaťaženie.

Ďalším problémom je, že na odstránenie nedostatkov obyvatelia bytov nemajú peniaze. Žiaľ výsledky poškodenia elektrických zariadení možno na viacerých miestach dobre vidieť aj na prvý pohľad. V bezdymových schodiskách výkon ventilátorov zabezpečujúcich bezdymovosť je nevyhovujúca, dvere sa nezamykajú samočinne.

Výrazným nedostatkom je, že ani v únikových priestoroch, ani v bytoch sa neinštalovali automatické požiarne signalizačné zariadenia a systémy. Tento nedostatok bol odstránený súčasne účinných právnou úpravou iba čiastočne, keďže táto úprava predpisuje v tomto smere povinnosti iba v prípade vysokých budov. Podľa zaužívanej praxe, ich inštalácia pri obytných budovách nie je ani v súčasnosti samozrejmosťou. Tento nesprávny postoj predstavuje niekoľko desaťročné omeškanie v porovnaní so



západoeurópskou praxou. Protipožiarny signalizačný systém by umožnil včasné zistenie požiaru, včasný únik obyvateľov a včasné zalarmovanie požiarnikov.

## 2.1 Únikové cesty v stredne vysokých budovách

Čo sa týka únikových ciest, schodisko je bezpečné iba niekoľko minút po vypuknutí požiaru, neskoršie to už neprichádza do úvahy z dôvodu dymu a vysokej teploty. Z poschodí nad požiarom záchranné práce sťažuje prístup. Únik cez spojovacie chodby, ktoré spájajú schodiská cez strechy je často znemožnený, keďže dvere sú zamknuté, kľúče nie sú uložené na mieste, kde by mali byť podľa predpisov.

Požiare s tragickými následkami vznikajú väčšinou v noci. Ľudia si požiar všimnú len neskoro, ich konanie sa často líši od ich denných reakcií. Vchodové dvere od bytov možno otvoriť často iba kľúčom, preto sa obyvatelia niekedy vymknú z bytu, najmä keď je veterno priedan zabuchne dvere. Takto napríklad človek, ktorý vybehne z bytu, aby privolať pomoc, sa už často nedostane naspäť do bytu, čím môže byť ohrozená záchrana detí, starších osôb, ktoré zostali vnútri, pričom zabráni sa tak aj včasnej likvidácii požiaru.

Aplikácia oceľových mreží proti vlámaniu je povolená iba pri individuálnych vchodových dverách, na úsekoch chodby, cez ktoré vedie cesta k viacerým bytom, je zakázaná. Pri ohrození obyvatelia nevedia otvoriť zámok a môžu uviaznuť mimo svojho bytu v priestore plnom dymu. Prerežanie mreží predlžuje čas na záchrana aj požiarnikom, čím treba rátať aj na miestach, ktoré nie sú požiarom bezprostredne ohrozené, pretože aj na týchto miestach sa musia presvedčiť o tom, či nie je niekto v ohrození.

## 2.2 Osoby nachádzajúce sa v stredne vysokých budovách

Obyvatelia často uskladňujú v rozpore s predpismi horľavé materiály v priestoroch na skladovanie, na chodbách, v pivnici, čo môže postaviť požiarnikov pred neočakávanú úlohu a zároveň napomáha šíreniu požiaru. Je potrebné brať do úvahy skutočnosť, že niektoré druhy bežných materiálov použitých v obytných a obchodných stavbách, rovnako ako niektoré konštrukčné prvky, ktoré sú použité vo



väčšine stavieb, majú tendenciu absorbovať akúkoľvek horľavú kvapalinu, s ktorou prídu do kontaktu [3]. Časť predmetov v bytoch môže vplyvom tepla alebo ohňa vybuchnúť.

Z hľadiska obyvateľov sa môže v desaťposchodovej budove zdržiavať až tristo osôb, pokiaľ rátame s tým, že v každom byte sú 3-4 osoby, ich záchrana je časovo náročná a veľmi zložitá úloha, keďže obyvatelia majú rôznu fyzickú kondíciu a vek.

## 2.3 Zásah v stredne vysokých budovách

Z hľadiska osôb zúčastnených na záchranárskych prácach predstavuje problém meškanie so signalizáciou požiaru, keďže po výjazde majú pred sebou už rozšírený požiar. Počet požiarnych jednotiek prichádzajúcich na miesto ako prvé je rozhodujúci z hľadiska zvládnutia úloh. Ak požiar je na jednom podlaží, tak k záchrane ľudských životov a k haseniu treba mať k dispozícii minimálne 2 kompletne jednotky.

Kedy treba používať prístroj? Používanie dýchacích prístrojov treba nariadiť vždy, keď vzduch na mieste škodovej udalosti nie je spôsobilý na výkon práce. Pod týmto sa nerozumejú iba rôzne prítomné registrované jedy, znečisťujúce látky alebo nedostatok kyslíka vo vzduchu, ale aj možné, resp. predpokladané hrozby, ktoré vzbudzujú podozrenie. Takéto situácie sa môžu vyskytnúť:

- v uzavretých priestoroch, kde v dôsledku biologického rozkladu sa zníži obsah kyslíka v ovzduší, alebo sa nahromadia rôzne omamné, jedovaté, iritujúce plyny alebo pary,

- pri intenzívnej tvorbe dymu.

Viditeľnosť pri vysokej teplote a relatívnej vlhkosti sa zníži, vysoká fyzická náročnosť a predlžujúce sa záchranárske práce vyžadujú vysokú odolnosť a fyzickú kondíciu. Oddych záchranárov, ktorí sa zúčastňujú záchranárskych prác, možno riešiť vzhľadom na ich počet iba veľmi ťažko.



### 3. OPATRENIA V STREDNE VYSOKÝCH BUDOVÁCH

Vznikom požiarov nemožno zabrániť ani v stredne vysokých budovách, ale pri dôslednom dodržiavaní protipožiarnych predpisov možno zvýšiť bezpečnosť obyvateľov. Úlohou pracovníkov z oblasti prevencie požiarov je udržiavať priebežný kontakt so spoločnými zástupcami alebo osobami poverenými protipožiarnou ochranou obytných budov, a v prípade potreby presvedčiť ich o tom, že dodržiavanie protipožiarnych predpisov je dôležité. V obytných budovách by sa mali vykonávať častejšie kontroly.

### 4. ZÁVER

V oblasti protipožiarinej ochrany by bolo treba organizovať viac stretnutí na oboznámenie sa s priestormi, takto by príslušníci získali skúsenosti, že kde sa nachádzajú stavebno-inštalatérske zariadenia, prístroje na uzavretie inžinierskych sietí, spínače na odpojenie elektrickej siete, hlavné vypínače. Bolo by vhodné zvýšiť počet hasičských a záchranárskych cvičení. Za účelom zlepšenia fyzickej kondície zboru by bolo potrebné nacvičovať zásah po schodoch až na najvyššie poschodie, v úplnom ochrannom odevu pod ochranou prúdnice. Pretože chýbajúca kondícia spôsobuje pomalú a zlú prácu, čím sa znižujú šance ľudí, ktorých treba zachrániť. Cvičeniami po schodoch by účastníci záchranárskych prác nadobudli zdatnosť a rutinu, čo by mohli následne zužitkovať počas zásahu[4].

### ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

1. Lanátor, Július: Požiar výroby drevnej štiepky. In: Spravodajca 2 2011 roč.XLII. č. 2. s. 45. ISSN: 1335-9975.
2. 28/2011.(XI.6.)BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzat kiadásáról. /Nariadenie Ministerstva Vnútra Madarskej republiky č. 29/2011 o vydaní predpisov o ochrane pred požiarimi/



3. Moravec, V., Galla, Š., Nejedlý, A.: Odber kvapalných vzoriek z požiariska určených na analýzu. In: Požární ochrana 2011. Sborník přednášek XX. ročníku mezinárodní konference. Ostrava, VŠB – TU, s. 212 – 216. ISBN 978-80-7385-102-6. ISSN 1803-1803.

4. [www.tuzoltosport.hu/images/Dokumentumok/Lepcsofutas\\_2010/2012/egyeni\\_eredmenyek\\_2012.pdf](http://www.tuzoltosport.hu/images/Dokumentumok/Lepcsofutas_2010/2012/egyeni_eredmenyek_2012.pdf)

5. Zachar, M., Galla, Š., Moravec, V., Pravlík, R.: Zisťovanie príčin požiarov v spojitosti s foreznými vedami. In: Delta, vedecko-odborný časopis Katedry protipožiarnej ochrany. Zvolen. Technická univerzita vo Zvolene, 2012. 33 – 37. ISSN 1337-0863.

The paper has been supported by the TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 „Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások” ("Researches on the critical infrastructure") program. This project is running with the support of the European Union by the co-finance of the European Social Found.

## **Adresa autora**

Dr. Komjáthy László,

Nemzeti Közszołgálati Egyetem,

Budapest, Hungária krt 9-11.

e-mail: [komjathy.laszlo@uni-nke.hu](mailto:komjathy.laszlo@uni-nke.hu)



## VLASTNOSTI A PARAMETRY BALÓNKŮ ŠTĚSTÍ

# PROPERTIES AND CHARACTERISTICS OF SKY LANTERNS

Miloš KVARČÁK, Jan ONDRUCH

### Abstract

The work deals with the determination of the parameters and characteristics of the sky lanterns. Brings insights from the realized experiments and tests that were carried out in the Interior and outdoor area. Experiments and tests shall as far as possible seek to comply with the terms and conditions that occur in actual use of sky lanterns. Lessons learned subsequently were used to refine instructions and procedures for the safe use of sky lanterns.

**Keywords:** *sky lantern, burning, fire, launching, product.*

### 1. Úvod

Balónky štěstí se používají již stovky let a patří k tradičním projevům obyvatel provozovaných ve východních státech Asie. Vypouštění balónků štěstí má své příznivce také v České republice. Balónky jsou vypouštěny v průběhu celého roku na rodinných oslavách, společenských či firemních akcích a zejména při oslavách v posledním dnu v roce. O oblibě balónků štěstí svědčí i zařazení tohoto výrobku do sortimentu velkého počtu obchodníků. Použití tohoto výrobku také přináší některá nebezpečí spojená s jeho vypouštěním. Ze statistického sledování mimořádných událostí je patrný nárůst počtu požárů způsobených vypuštěnými balónky štěstí. Letící balónky štěstí mohou být zdrojem vzniku požáru, ohrožují svými zbytky životní prostředí, poškozují rozvody elektrické energie a představují nebezpečí pro leteckou, silniční, kolejovou a také vodní dopravu. Značné nebezpečí vzniku požáru představují nekvalitní balónky štěstí, které se

dostávají na trh v České republice nelegálně z jiných zemí, dále nepřesné návody a pokyny pro užití a také nedbalostní jednání osoby, která při jeho užití nedodrží postup uvedený v průvodní dokumentaci.

## 2. popis a vlastnosti použitých materiálů

Balónky štěstí se skládají ze dvou hlavních částí. Jsou jimi plášť balónku a palivový zdroj. Balónky štěstí se vyrábí v různých velikostech, tvarech a barvách. Limitující je pouze dostatečný tepelný výkon palivového článku, který musí být schopen ohřát vzduch v balónku, aby dokázal vynést celou hmotnost balónku do vzduchu. Klasický balónek štěstí má výšku cca 1000 mm, největší šířku cca 600 mm a průměru dolní obruče cca 380 mm. Jehož plášť je slepen ze čtyř stejných dílů. Hmotnost celého balónku je cca 39 g. Tento druh balónku byl také podroben zkouškám a experimentům, které byly zaměřeny na hodnocení vlastností z hlediska zapálení a hoření a dále na chování balónku v průběhu jeho letu, případně pádu na zem.



Figure 1 Tested sky lantern outdoors



Figure 2 Tested sky lantern in an indoor environment

Obrázek 1 Testovaný balónek štěstí ve venkovním prostředí      Obrázek 2 Testovaný balónek štěstí ve vnitřním prostředí

Plášť balónku štěstí se skládá nejčastěji z drátěného kříže, bambusové obruče a papírového obalu. V minulosti se na plášť balónků používal morušový papír. V dnešní době se nejčastěji používá rýžový papír s impregnací omezující hořlavost. Papír je velmi tenký, proto hrozí jeho poškození při manipulaci a přípravě k letu. Celý plášť je složen ze čtyř dílů, které jsou k sobě slepeny lepidlem. K upevnění palivového článku slouží drátěný kříž ve spodní části balónku, který je na čtyřech místech připevněn k obruči omotáním drátu kolem bambusu. Ve středu kříže jsou vytvořena dvě očka pro připevnění palivového článku.



Figure 3 Bamboo hoop with wire and fastened a cross burning fuel article

Obrázek 3 Bambusová obruč s drátěným křížem a upevněným hořícím palivovým článkem

## Papírový plášť balónku

U použitého papíru pláště balónku šlo stanovit teplotu vzplanutí a vznícení jen velmi obtížně. Ke vzplanutí docházelo pouze, pokud součástí testovaného vzorku byly slepované části. Pokud byl zkoušce podroben pouze papír bez slepovaných částí, ke vzplanutí vzorku papíru vůbec nedošlo. Teplota vznícení testovaných vzorků papíru dosahovalo hodnot větších než 600 °C [1]. Při zkouškách zapálení pláště balónku ve vnitřním prostředí docházelo k tepelné degradaci papíru a k uhelnatění pláště na vrchní straně balónku v místech, kde byl balónek přeložený. Lze usuzovat, že v těchto místech byl materiál zeslaben přeložením, popřípadě zatížen ostatními balónky či jinými

předměty při skladování zboží. Ve vnitřním prostředí docházelo také k mnohem rozsáhlejšímu poškození papírového obalu teplem, než u venkovního prostředí, kde docházelo k ochlazování povrchu papíru vlivem nižší teploty okolí a proudění vzduchu. Po přiblížení externího plamene papír samostatně nehořel, docházelo pouze k degradaci papíru a uhelnatění v místě působení tepla. Při zapalování slepených částí pláště balónku se velmi sporadicky objevil plamen, který ovšem po krátké době uhasínal.

Po pádu balónku na zem, kdy palivový článek hořel 3,5 minuty od zapálení, došlo působením plamene k zuhelnatění papírového pláště [9]. Zuhelnatělá část měla vzhled krusty, která se následně porušila a rozpadla. Ani při těchto zkouškách nedocházelo k hoření papírového pláště balónku. Při zkouškách ve venkovním prostoru došlo k zuhelnatění části papírového pláště v blízkosti bambusové obruče. Vlivem silného poryvu větru se balonek naklonil a plamen se přiblížil k papírovému plášti. Ve všech těchto případech nemělo toto porušení papírového pláště žádný vliv na let balónku, ani nevedlo ke vzplanutí papíru. Zkouška byla provedena pětkrát s naprosto stejným závěrem.



Figure 4 Charring a paper cloak lantern

Obrázek 4 Zuhelnatění papírového pláště balónku



Figure 5 Disintegration of charred paper lantern tines

Obrázek 5 Rozpadnutí zuhelnatěné části papírového pláště balónku

Rozsáhlejší porušení papírového pláště balónku štěstí v průběhu jeho letu má za následek jeho pád na zem, včetně hořícího palivového článku. Pád letícího balónku štěstí představuje nebezpečí vzniku požáru na místě dopadu. Vlivem větru může dojít k vlečení balónku po zemi a vzniku požáru na větší ploše.

Při realizovaných experimentech byla zjišťovaná povrchová teplota na papírovém obalu balónku štěstí. Upoutaný balónek byl sledován termovizní kamerou. Na snímcích z kamery bylo patrné, že vzduch ve vnitřním prostoru balónku je nerovnoměrně zahříván a následně se na papírovém obalu vytváří nestacionární teplotní pole. Byly realizovány celkem tři experimenty. První experiment byl proveden s bílou parafínovou kostkou, druhý a třetí experiment se žlutou parafínovou kostkou. Nejvyšší dosažená hodnota teploty papírového pláště balónku štěstí měla hodnotu 121,9 °C [9]. V tomto případě byla použita bílá parafínová kostka.



Figure 6 The peak temperature of the casing sky lantern

Obrázek 6 Nejvyšší dosažená teplota pláště balónku štěstí

## Palivový článek

Jako palivový článek se u balonků štěstí používají parafínový kotouček, parafínová kostka, lihová kostka, bavlněná svíčka nebo speciálně upravený papír. Při experimentech byly použity parafínové kostky s otvorem pro upevnění ke kříži balónku. Tímto otvorem se provléknou dvě očka ve středu na drátěném kříži a po protažení jsou zahnuta na opačné strany. Tím je zabezpečeno, že hořící palivový článek nevytáhne z místa upevnění během letu. Tento způsob se jeví jako nejvhodnější, protože je cenově levný, jednoduchý a uživatelsky srozumitelný. Parafínová kostka je tvořena skelnou

vatou, která je napuštěna parafínem [35]. Při použití parafínové kostky může docházet k ukapávání tekutého parafínu a následně ke zranění uživatele balonku.

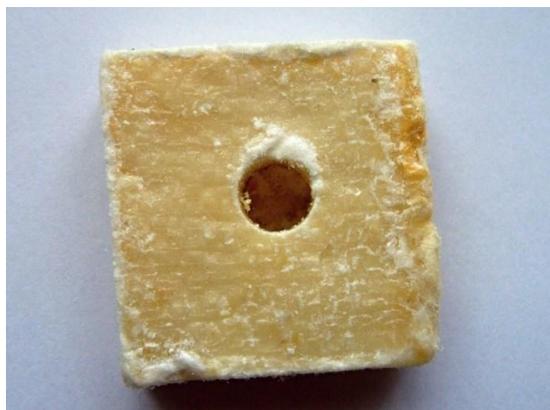


Figure 7 Yellow paraffin cube

Obrázek 7 Žlutá parafínová kostka



Figure 8 White paraffin cube

Obrázek 8 Bílá parafínová kostka

Zapálit parafínové kostky není snadné. Je třeba působit plamenem na roh kostky až do okamžiku, kdy parafín taje a následně kostka hoří [9]. Je důležité v zapálení kostky pokračovat, dokud nebude plamenem dosahovat výšky asi 20 mm. Poté je vhodné na protilehlém rohu kostky toto zapalování opakovat. V opačném případě bude trvat delší dobu, než se plamenné hoření rozšíří na celou plochu kostky. Tímto způsobem docílíme rovnoměrného hoření kostky a především urychleného naplnění balonku horkým vzduchem. Po vyhoření parafínu zůstává skleněná vata na drátěném kříži, kde pevně drží. Zbytky jak žluté, tak i bílé parafínové kostky si po vyhoření zachovávají svůj původní tvar.

### 3. Pád balónku štěstí na zem

Hořící palivový článek u balónku štěstí se může stát iniciačním zdrojem hoření různých hořlavých materiálů a hmot. Při praktickém použití balónků štěstí půjde především o hořlavé materiály na pláštích střech a hořlavé materiály vyskytující se běžně v přírodě. Z tohoto důvodu byly provedeny praktické zkoušky schopnosti palivového článku zapálit hořlavé materiály přírodního původu. Jako hořlavý materiál byl použit suchý travní porost s kousky dřeva [9]. Balónek byl uchycen v místě drátěného kříže. Vypuštění balónku bylo provedeno podle návodu a v čase 4 minuty po



zapálení. Současně byl vnějším zásahem porušen plášť balónku. Následoval pád balónku na hořlavý materiál. Test byl opakován pětkrát za stejných podmínek s novým balónkem a novým hořlavým materiálem. Při všech pěti pokusech došlo vždy k zapálení suchého travního porostu. Pouze při pokusu č. 2 došlo k zapálení travního porostu, ale oheň sám po 15 vteřinách samovolně uhasl. U ostatních pokusů došlo k hoření a samovolnému uhašení až po vyhoření celého travního porostu. Z výsledků zkoušek je zřejmé, že palivový článek u balónků štěstí má dostatečnou tepelnou kapacitu k zapálení přírodních hořlavých materiálů.

## 4. ZÁVĚR

Z provedených experimentů a zkoušek je patrné, že balónek je při použití parafínové kostky připraven k letu po dvou minutách od zapálení tohoto palivového článku. Vhodné je prodloužit tuto dobu na tři minuty. Pak má plyn v balónku dostatečnou teplotu i při nedůsledném zapálení palivového článku [4]. Po vypuštění balónku štěstí přestáváme mít nad ním kontrolu. Samotný let je pak ovlivňován faktory:

- velikost balónku štěstí,
- tepelný výkon palivového článku,
- teplota okolního vzduchu,
- kolísání teplot vzduchu v různých výškách postupu balónku štěstí,
- rychlost a směr větru,
- místo vypouštění balónků štěstí (údolí, větrnější oblast, aj.).

Z těchto faktorů ovlivňuje let balónku štěstí nejvíce rychlost a směr větru. Stav povětrnostních a klimatických podmínek v místě vypouštění balónků má zásadní vliv na bezpečné použití balónků štěstí. Vypouštění balónků štěstí je nutné provádět při bezvětří a odpovídá rychlosti větru  $0 - 0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (méně než  $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) [9]. Odhadnout vzdálenost, kterou balónky štěstí uletí, je velmi obtížné. Rychlost s jakou balónek štěstí stoupá a výška, které dosáhne, je závislá od aktuálních povětrnostních podmínek, teploty a vlhkosti vzduchu a také v kvalitě zpracování jednotlivých částí balónku. Nelze tedy přesně určit jakou výšku, jakou dobu a jakým směrem se bude balónek unášený proudem vzduchu pohybovat. Při rychlosti větru okolo  $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  se může balónek vzdálit cca 1 km od místa vypouštění. Navíc pokud v letních měsících budeme počítat s



pravděpodobnosti termického proudění, může se balónek dostat do mnohem větší výšky a vzdálenosti. Je tedy nutné odhadnout před vypuštěním balónku štěstí, zda se při svém letu nedostane do prostoru, kde po jeho pádu hrozí zapálení hořlavých hmot nebo se dostane do míst, kde ohrozí dopravu.

## SEZNAM LITERATURY

1. *Létající přání* [online]. c2011 [cit. 2012-03-20]. Dostupné na:  
<http://www.themalaysianinsider.com/malaysia/article/ministry-warns-against-releasing-sky-lanterns> [cit. 2012-03-29].
2. Dostupné na:  
<http://www.telegraph.co.uk/earth/agriculture/farming/8289767/Firefighters-called-100-times-to-deal-with-burning-Chinese-lanterns.html> [cit. 2012-03-29].
3. Dostupné na:  
[http://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA\\_2009\\_II\\_423/BGBLA\\_2009\\_II\\_423.pdf](http://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA_2009_II_423/BGBLA_2009_II_423.pdf) [cit. 2012-03-29].
4. Dostupné na: <http://www.necn.com/Boston/World/2009/12/06/Indonesia-breaks-world-record/1260099511.html> [cit. 2012-03-22].
5. Dostupné na: [http://www.hzszlk.eu/data/file\\_downloads/nzk1-2012.pdf](http://www.hzszlk.eu/data/file_downloads/nzk1-2012.pdf) [cit. 2012-03-28].
6. Dostupné na: <http://www.comlaw.gov.au/Details/F2011L00227> [cit. 2012-03-29].
7. Dostupné na: <http://presov.korzar.sme.sk/c/5589134/lampiony-stastia-priniesli-aj-smolu.html> [cit. 2012-04-04].
8. Dostupné na: <http://www.himmelslaternen.ch/security.php> [cit. 2012-03-29].
9. ONDRUCH, Jan. *Bezpečné použití balonků štěstí: diplomová práce*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, FBI, 2012, 57 s.

## Adresa autorů

Doc. Dr. Ing. Miloš Kvarčák,  
FBI, VŠB – TU Ostrava,  
Lumírova 13, Ostrava, ČR



tel. č.: +420597322815,

e-mail: [milos.kvarcak@vsb.cz](mailto:milos.kvarcak@vsb.cz)

Ing. Jan Ondruch

FBI, VŠB – TU Ostrava

Lumírova 13, Ostrava, ČR

e-mail: [jan.ondruch@vsb.cz](mailto:jan.ondruch@vsb.cz)



Pozvaná přednáška

## ZADÁVÁNÍ TECHNICKÝCH PODMÍNEK PRO NÁKUP POŽÁRNÍ TECHNIKY

### THE AWARD OF THE TECHNICAL CONDITIONS FOR THE PURCHASE OF FIRE-FIGHTING TECHNOLOGY

Miloš KVARČÁK, Martin TRČKA, Adam THOMITZEK

#### Abstract

On the basis of the description of the activities of the units of fire protection, statistical data from the intervention activities and practical experience are formulated requirements for the implementation of the intervention. These requirements form the file of the selected technical parameters, which must meet the vehicle, to which the intervention was used for several decades.

**Keywords:** *fire technology, technical conditions, vehicle.*

#### 1. ÚVOD

Před nákupem požární techniky je nutné správně nastavit technické podmínky [2], aby pořízena technika plnila funkci, ke které je předurčena a to po více let. U zásahových vozidel je nutné věnovat pozornost zejména následujícím parametrům:

- stranové vybočení účelové nástavby,
- celková výška vozidla,
- výkon motoru (měrný výkon motoru),
- brodivost,



- boční statický náklon vozidla,
- kabina osádky.

Uvedené parametry požární techniky ovlivňují její pohyb při jízdě na místo mimořádné události po komunikacích a zejména v terénu. Hodnoty těchto parametrů omezují a někdy také znemožňují pohyb požární techniky ve složitých prostorových nebo terénních podmínkách, zejména za nepříznivých klimatických podmínek. Některé parametry požární techniky ovlivní pohyb ve staré zástavbě měst a obcí, v průmyslových podnicích a také mohou ovlivnit garážování (údržbu) samotného vozidla.

## 2. METODIKA ZÁSAHOVÉ ČINNOSTI

Podle zákona o požární ochraně [1] v návaznosti na vyhlášku o požární represi [3] byl vydán Bojový řád jednotek požární ochrany [4], který řeší zásahovou činnost jednotek požární ochrany s metodickými listy, které upravují taktické postupy zásahu. V těchto materiálech je také řešena problematika, která má přímou souvislost s použitím zásahových vozidel.

Provedení požárního zásahu, jeho rychlost a úspěšnost závisí na několika aspektech. Mezi ně patří také technické parametry požárních vozidel, které mají zásadní vliv na čas přepravy na místo mimořádné události. Samotnou rychlostí dojezdu na místo zásahu však využití požární techniky nekončí a také zde se projevují technické parametry vozidla. Zásahovou činnost je možné obecně rozdělit na takovou, která se provádí:

- a) v lehce přístupném prostředí, na komunikacích, ve městech a obcích, kdy dostupnost závisí na technických parametrech požární techniky, zejména rozměrech vozidla.
- b) v těžce přístupném terénu, kdy dostupnost na místa mimořádné události závisí na technických parametrech požární techniky, zejména podvozku.
- c) v terénu nedostupném pro požární techniku, ke kterým patří zalesněné svahy apod., dostupnost na místo závisí na technických parametrech požární techniky a také na parametrech čerpadla cisternové automobilové stříkačky.



Z obecných zásad mají na technické parametry vozidel vliv metodické listy: [3/O](#), [4/O](#), [5/O](#). Cílem výjezdu je odjezd jednotky požární ochrany z místa její dislokace. V této situaci není při nebezpečí z prodlení možné aplikovat vystrojení zasahujících hasičů ještě před výjezdem jednotky požární ochrany, ale členové jednotky požární ochrany se „vystrojují a oblékají“ při jízdě k zásahu v kabině osádky. Vystrojením je v tomto případě chápáno zejména vybavení se osobními ochrannými pracovními pomůckami a nasazení dýchací techniky, která se nachází v opěradlech v kabině osádky. Z toho je zřejmé, že kabina, která nemá požadované rozměry, ztěžuje vystrojení hasičů. Praxe potom přináší situace, kdy vzhledem k velikosti prostoru kabiny hasiči přistupují k oblékání osobních ochranných pracovních prostředků jednotlivě, nebo ve dvojicích vždy tak, aby si vzájemně nepřekáželi. Výsledkem je stav, kdy vzhledem k možným krátkým dojezdovým časům jednotky požární ochrany nebudou vystrojeni všichni členové zásahové jednotky a tím je zastavena navazující činnost jednotky požární ochrany. Dalším důležitým kritériem je výška vozidla, která ovlivňuje průjezdnost požární techniky. Dále je možné konstatovat, že vliv na bezpečnost silničního provozu má stranové vybočení vozidla, zejména při zásazích na sídlišťích, kde nejsou dodržována pravidla silničního provozu (např. parkování v místech úzkého profilu vozovky bez ohledu na dopravní značení). Z uvedeného vyplývá, že mezi parametry mající vliv na výjezd jednotky požární ochrany, dopravu na místo zásahu a příjezd na místo zásahu patří minimální stranové vybočení účelové nástavby, minimální celková výška vozidla a úměrná velikost kabiny osádky.

V případech, kdy je jednotka požární ochrany vyslána k zásahu do těžce přístupného nebo nedostupného terénu, vstupují mezi rozhodné technické parametry další kritéria a to brodivost, výkon motoru, náklon vozidla. Požáry v těžce přístupném terénu jsou události, u kterých ve většině případů nejsou splněny požadavky na zásobování hasícími látkami. V těchto místech lze předpokládat absenci dostatečného množství vody pro hašení a do požárního zásahu vstupují obecné zásady uvedené zejména v metodickém listu č. 5/P. Za situace, kdy na místě zásahu chybí voda k hašení, přijíždějí na místo další síly a prostředky k zajištění zásobování vodou. Tyto síly a prostředky jsou potom využívány k zajištění dálkové dopravy vody hadicovým vedením nebo ke kyvadlové dopravě vody. Zejména při kyvadlové dálkové dopravě vody je vedle druhu podvozku zásadním parametrem vozidel výkon motoru vozidla, neboť



prodloužení času pro překonání potřebné vzdálenosti se odráží v počtu cisteren potřebných na zabezpečení kyvadlové dálkové dopravy vody.

Za účelem provádění požárního zásahu zejména v lesních podmínkách je nutné vzhledem k místu a rozsahu požáru překonávat i úseky vodních toků (brody, močály, kaluže, bahnité úseky). Z těchto důvodů je nutné, aby požární vozidlo disponovalo co možná nejvyšší brodivostí. Tento parametr má pochopitelně vliv i na zásobování vodou, jak při kyvadlové dopravě vody, kdy brodivost zvyšuje spolu s výkonem motoru možnost aplikace tohoto způsobu zajištění vody. Z uvedeného vyplývá, že mezi parametry mající vliv na hašení požáru v těžce přístupném terénu mají zejména maximální výkon motoru a maximální hodnota brodivosti.

Podmínky hašení požáru v terénu nedostupném pro požární techniku jsou obdobné předchozím případům, přičemž nedostupnost místa zásahu opět souvisí s podvozkem a výkonem motoru automobilu. Se zvyšující se kvalitou automobilu a tedy s hodnotou jejich technických parametrů se pak zkracuje vzdálenost mezi místem požáru a místem, kde již končí s ohledem na technické možnosti CAS její další pohyb. Z uvedeného vyplývá, že mezi parametry mající vliv na hašení požáru v těžce přístupném terénu patří zejména maximální výkon motoru a maximální hodnota brodivosti.

Jednotky požární ochrany se nasazují také při ochraně obyvatelstva. Nejčastěji se využívají při povodních, kdy se provádí hlídkové činnosti v rámci povodňové hlásné služby, povodňové zabezpečovací práce, záchranné práce nebo likvidační práce. Pokud má jednotka požární ochrany pomoci povodňovému orgánu při monitorování vodních toků, varování a informování obyvatelstva, odčerpávání vody ze zatopených prostor, odstraňování naplavenin z koryt vodních toků, a zejména při záchraně ohrožených osob, zvířat a majetku, musí mít k dispozici techniku, která umožní přístup do míst, kam se běžná automobilová technika nedostane. Je možné konstatovat, že pokud bude muset jednotka požární ochrany provést záchranu osob před stoupající hladinou, nebo pokud postižené osoby potřebují dopravit včas z postiženého místa do místa určeného pro evakuaci osob, nevyhne se velitel zásahu rozhodovacímu procesu, na základě kterého zhodnotí reálnost provedení záchrany a evakuace osob. Technické parametry a v tomto případě zejména výška vozidla, výkon motoru, a brodivost, zde hrají zásadní roli právě



s ohledem na rozhodovací proces. Je nutné si uvědomit velmi zásadní fakt, kdy právní předpis dává veliteli zásahu pravomoc rozhodnout o přerušení záchranných prací, když již nelze, ani přes vynaložení všech dostupných sil a prostředků, osoby, zvířata nebo majetek zachránit anebo pokračování v zásahu by bezprostředně ohrožovalo život zasahujících hasičů [3]. Jestliže tedy budeme uvažovat o situaci, kdy je nutné provést záchranu osob ze zatopeného domu v místech, kde síla proudu tekoucí vody a výška hladiny neumožňuje samovolné opuštění tohoto prostoru a pokud bereme v potaz nebezpečí z prodlení, není v případě záchranu možné čekat na speciální techniku, jako jsou čluny, plovoucí transportéry a jiné. Velitel zásahu tedy bude volit jediný vhodný způsob a to je využití zásahových automobilů, které vzhledem ke svým parametrům (brodivost, hmotnost, výkon motoru) umožní přístup k postiženým osobám. Z uvedeného je zřejmé, že čím lepšími parametry bude požární technika disponovat, tím účinnější bude provedení záchranu postižených osob, neboť bude vzrůstat taktická hodnota jednotky požární ochrany.

### 3. STATISTIKA MIMOŘÁDNÝCH UDÁLOSTÍ

Statistické ročenky uvádějí za posledních pět let počty událostí, které negativně ovlivnily zásah, s ohledem na pozdní příjezd jednotek požární ochrany na místo mimořádné události, znesnadnily zásah nebo patří ke komplikovaným činnostem s vazbou na použité zásahové automobily. Statistiky [14] uvedly, že v 0,3 až 0,4 % počtu událostí byla obtížná cesta na místo zásahu. Atmosférické podmínky negativně ovlivnily zásah v 0,2 až 1,7 % případů. V celkem 1,2 až 1,9 % případů se u zásahů realizovala dálková doprava vody kyvadlově. Při této činnosti se voda na hašení požárů dopravuje prostřednictvím nádrží na vodu u cisternových automobilových stříkaček. Zdrojem vody bývají vedle hydrantů a požárních nádrží zejména přírodní zdroje, jako jsou řeky, potoky, rybníky, jezera a podobně. K těmto vodním zdrojům nejsou vybudovány speciální komunikace a tak se zásahové automobily pohybují po nezpevněných plochách, přes výmoly a při tom překonávají výškové rozdíly. V jiných případech se realizuje dálková doprava vody hadicemi a to v 0,3 až 0,4 % případů. Za této situace je třeba dopravit do předem vytipovaných míst potřebné technické prostředky a přenosné stříkačky, případně použít čerpadlo umístěné na zásahovém vozidle.



## 4. POSOUZENÍ TECHNICKÝCH PODMÍNEK

Při správném nastavení zadávací dokumentace resp. Technických podmínek zásahových vozidel je třeba věnovat pozornost zejména stranovému vybočení účelové nástavby, celkové výšce vozidla, výkonu motoru (měrný výkon motoru), brodivosti a boční statickému náklonu vozidla.

### Stranové vychýlení účelové nástavby

U zásahových vozidel se stanovuje stranové vychýlení účelové nástavby proti kabině osádky nejvýše 2 % celkové šířky účelové nástavby. Tato podmínka zvýhodňuje použití podvozků, které mají nezávislé zavěšení náprav (např. páteřový rám s výkyvnými polonápravami) nebo mají tuhé nápravy a žebřinový rám s vysokou pevností proti torznímu kroucení. HZS ČR v návaznosti na působnost na dřívější Hlavní správy sboru PO MV ČR má s užíváním podvozků v těžké hmotnostní kategorii na podvozcích s nezávislým zavěšením náprav zkušenosti více jak 50 let, kdy byly do užívání zavedeny vozidla CAS 32 Tatra 138. Nezávislé zavěšení náprav ovšem bylo využíváno již dříve a to u vozidel DA 8 Tatra 805 nebo ještě dříve u automobilů na podvozku Tatra 11. Z těchto dlouholetých zkušeností plyne, že vozidla vybavená nezávislým zavěšením náprav při dlouhodobém užívání v obtížném terénu nevykazují poruchy nástaveb způsobené torzními silami. Při použití tuhých náprav (závislé zavěšení) je nutné realizovat specifické provedení účelové nástavby, které eliminuje příčné kroucení, jež se na účelovou nástavbu při průjezdu těžkým terénem přenáší.

V případě, že je použita klasická moderní účelová nástavba z hliníkových profilů a s roletami, je nutné tuto nástavbu od žebřinového rámu pružně oddělit, aby nedocházelo k pravidelnému kroucení nástavby. U účelové nástavby z hliníkových profilů dochází k únavě materiálu s možností poškození profilů. Dále je možné, že při krajním křížení náprav mohou nastat obtíže při ovládání nástavby a otevírání rolet. Je zřejmé, že vlastní kroucení žebřinového rámu podvozku s tuhými nápravami není na závadu a rám vozidel určených pro provoz v terénu je na kroucení dimenzovaný. Výrobci podvozků po nástavbách požadují, aby nebránily kroucení rámu, což může být dosaženo různými způsoby upevnění nástavby na podvozek. V praxi se ovšem zejména tuzemskými výrobci nástaveb využívá upevnění nástavby na rám například v 6. bodech, kdy jsou použity pružné podložky a šrouby s elastomerovými bloky. Toto řešení



eliminuje přenášení vibrací a malých výkyvů rámu, avšak nezabraňuje přenášení torzních sil, které vznikají při vysokých hodnotách křížení náprav.

V případě, že je použit podvozek s nezávislým zavěšením náprav, například u páteřního rámu s výkyvnými polonápravami, není rám podvozku namáhán kroucením a to umožňuje montáž účelové nástavby přímo na rám povozku, což má jednak vliv na těžiště, ale také na celkovou výšku vozidla. Nástavba tak není při pohybu v terénu namáhána kroucením. Toto řešení se u požárních nástaveb CAS v ČR používá již od roku 1961. Tato vozidla jsou dodnes ještě v provozu u jednotek sboru dobrovolných hasičů obcí.

Zabránit poškození nástavby v důsledku působení torzních sil na nástavbu je možné, pokud je nástavba od žebřinového rámu vozidla oddělena nejlépe tříbodovým upevněním. Úplné oddělení nástavby od rámu pomocí upevnění ve třech bodech je z vozidel, které jsou v ČR v užívání, použito u speciálních terénních vozidel francouzské firmy CAMIVA. Zde je použit kloub s podélnou osou a dva elastomerové bloky, čímž je zabezpečeno, že na nástavbu se nepřenáší žádné torzní síly a rám vozidla se může bez omezení kroutit.

Definované kritérium svým způsobem zvyhodňuje vozidla s nezávislým zavěšením náprav od vozidel s tuhými nápravami. Ve své podstatě, ale umožňuje použití jakéhokoliv podvozku, který je schopen kritérium stranového vychýlení splnit. Stranové vychýlení účelové nástavby vůči kabině osádky je malé, pokud je nástavba vhodným způsobem pohyblivě oddělena od podvozku. V současnosti jsou u jednotek SDH obcí provozována vozidla s výkyvnými polonápravami (TATRA 138, TATRA 148), která jsou v používání až 40 let. U těchto vozidel se minimálně vyskytovaly problémy způsobené kroucením podvozku při provozu v těžkém terénu.

Formulaci podmínky na stranové vychýlení účelové nástavby nelze považovat za dostatečnou, protože měřením stranového vychýlení se může eliminovat daný problém pouze zástupně. Lze navrhnout technické řešení spočívající například v dodatečném vyztužení žebřinového rámu vozidla, které povede ke splnění požadavku, ale nikoliv ke splnění jeho významu, tedy omezení možnosti poškození nástavby a snížení životnosti vozidla v důsledku působení torzních sil.



Druhým problémem, který je touto podmínkou ovlivněn, je rychlost pohybu vozidla po nekvalitních vozovkách. U vozidel s žebřinovým rámem a tuhými nápravami je nutné se pohybovat s nižší rychlostí, než v případě vozidel s nezávislým zavěšením náprav. Vlastní kroucení účelové nástavby oproti kabině osádky musí probíhat pomalu, aby nedošlo k rozkmitání nástavby a tím k poškození vozidla. Jízda vozidel s nezávislým zavěšením náprav po specifických typech zkušebních vozovek (např. pavé, belgická dlažba apod.) je dle provedených zkoušek rychlejší až o  $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , oproti vozidlům pro smíšený provoz s tuhými nápravami. Požární vozidla, která mají vysoké hodnoty stranového vychýlení účelové nástavby proti kabině osádky, musí projíždět po nekvalitních vozovkách a v terénu pomaleji, aby měla účelová nástavba dostatek času ke křížení vůči kabině osádky.

## **Celková výška vozidla**

Ve stávající zástavbě, zástavbě podniků a u historických objektů se nacházejí podjezdy produktovodů a průjezdy, které mohou limitovat jízdu vozidel a tím komplikovat dojezd na místo zásahu, případně tento dojezd úplně znemožnit. V historické zástavbě hradů a zámků může být zcela znemožněn vjezd vozidel. To se může týkat také jízdy v lese nebo v blízkosti stromů. Z operativně taktického hlediska je žádoucí, aby výška požární techniky byla co nejnižší.

Na výšku vozidla má také vliv stavební provedení hasičských zbrojnic, zejména u jednotek SDH. V minulosti (technika vyrobená do roku 2000) byla navržena na orientační dobu životnosti 8 let [7]. Přesto se u jednotek SDH obcí používají také vozidla starší více jak 32 let, např. v JMK více jak 36 % vozidel CAS. U HZS ČR je běžná praxe bezplatného převádění starších vozidel na jednotky SDH obcí již desítky let. Ke komplikacím při převádění starší techniky patří také rozměry garáží požárních zbrojnic. Požární zbrojnice byly ve velkém stavěny zejména v 60. až 80. létech 20. století. Vjezdová vrata a světlá výška garáží byla rozměrově přizpůsobena tehdejší používané technice. Požární zbrojnice již výškově nevyhovovaly vozům převáděným na obce v 90. létech 20. století, především CAS 25K Liaz a CAS 32 Tatra 815. Následně v mnoha případech docházelo k nákladným stavebním úpravám překladů vjezdových vrat garáží nebo podlah garáží vzhledem ke stropu.



Z průzkumu, provedeném v MSK plyne, že je možné techniku o výšce do 3,0 m „garážovat“ v 71 % hasičských zbrojnic jednotek SDH obcí. V případě výšky techniky nad 3,1 m pouze v 41 % hasičských zbrojnic a v případě výšky 3,3 m pouze v 38 % hasičských zbrojnic. Z těchto dat je zřejmé, že pořizování vozidel s celkovou výškou do 3,0 m může v budoucnu znamenat finanční úsporu při převádění této techniky na jednotky SDH obcí ve vazbě na stavební úpravy požárních zbrojnic. V případě, že si v současné době pořizují požární automobily samotné obce, je běžné, že v technické specifikaci vozidla je požadována omezená výška (např. do 3,0 m), aby nebylo nutné provádět stavební úpravy garážovacích prostor. Limitní výšku 3,0 m je schopno splnit více výrobců automobilů. Z výše uvedených skutečností je zřejmé, že v případě vozidel pořizovaných plošně bez zohlednění jejich budoucího místa dislokace je nutné, aby celková výška automobilu v nezátíženém stavu byla minimální. Optimální celkovou výškou je hodnota 3,0 až 3,1 m.

## Výkon motoru

V současné době je dán požadavek [2] na minimální měrný výkon motoru 11 kW.t<sup>-1</sup> pro zásahový automobil a 20 kW.t<sup>-1</sup> pro rychlý zásahový automobil. Obě tyto hodnoty jsou hodnoty minimální bez zohlednění terénu, ve kterém se budou vozidla pohybovat a konkrétního určení vozidel. Hodnoty měrného výkonu motoru byly stanoveny již u základních zásahových vozidel typu CAS 25 K Liaz. Ty nebyly předurčeny pro zásahy u dopravních nehod a již v době jejich zařazování do výzbroje v 80. letech 20. století měly měrný výkon motoru 12,8 kW.t<sup>-1</sup>. Dále je nutné zohlednit také fakt, že měrný výkon motoru 11 kW.t<sup>-1</sup> je ekonomické minimum, které platí například pro vozidla pořizovaná pro účely jednotek SDH obcí, které jsou předurčeny pro dobu dojezdu maximálně 10 min a nejsou předurčeny pro zásahy u dopravních nehod. Dlouhodobá koncepce HZS ČR předpokládá postupné omezení využívání vozidel typu RZA. Pouze ve výjimečných a odůvodněných případech při jejich nahrazení vozidly CAS v technickém provedení je nutné požadovat, aby vozidla měla měrný výkon motoru minimálně 15 kW.t<sup>-1</sup>.

Srovnání minimálních požadovaných výkonů motorů se západními sousedy (Německo, Rakousko apod.) není vhodné zejména z důvodu rozdílné koncepce



plošného rozmístění požární techniky. Standardní doba dojezdu např. v rámci spolkových zemí Německa činí 4 – 8 min. Standardní doba dojezdu v České republice je 10 minut pro jednotky dobrovolné a 20 minut pro jednotky profesionální. Srovnatelný systém plošného pokrytí s dlouhými dojezdy vozidel CAS v technickém provedení má např. Švédsko, kde se užívá koncepce zásahových vozidel BAS [5,6], která umožňuje uzavírat dlouhodobé kontrakty výrobcům požárních vozidel a sjednocuje vozový park. Ekvivalentem CAS 20 je vozidlo konceptu BAS typ BAS 4, což je CAS v technickém provedení s nádrží nejméně 5500 l vody, kde je požadovaný výkon 350 HP, což je nejméně  $14,8 \text{ kW.t}^{-1}$  při celkové hmotnosti vozidla 18 t. Standardní vozidlo SCANIA P114 BAS 4 má měrný výkon  $15,7 \text{ kW.t}^{-1}$ . Vozidla CAS konceptu BAS 1 a BAS 3, která mají nádrž na vodu 3000 l mají měrný výkon z důvodu nižší hmotnosti ještě vyšší. Požadavek měrného výkonu motoru  $15 \text{ kW.t}^{-1}$  tak není v Evropě ojedinělý a nijak dodavatele podvozků neomezuje, protože každý dodávaný podvozek umožňuje různě výkonnou motorizaci podle volby zákazníka.

Hasičská technika je provozována ve specifickém režimu, kdy vozidla dny až týdny stojí na stanici a až v případě mimořádné události se požaduje rychlý výjezd a dynamická jízda. Motor vozidla nemá časový prostor pro uvedení do provozní teploty. Pokud má motor k dispozici přebytek výkonu, umožňuje to jeho řidiči motor udržovat do dosažení provozní teploty v nízkých otáčkách, při zachování potřebné dynamiky jízdy. Tento postup snižuje opotřebení motoru a zvyšuje jeho životnost.

Z dlouhodobých praktických zkušeností a provedených výkonových testů plyne, že nejlepší dynamické parametry z vozidel užívaných v České republice vykazují vozidla DENNIS, která se již nevyrábí a byla vybavována motorem o měrném výkonu  $15,1 \text{ kW.t}^{-1}$  (DENNIS Sabre) nebo  $15,9 \text{ kW.t}^{-1}$  (DENNIS Rapier). Požadavek na měrný výkon motoru nejméně  $15 \text{ kW.t}^{-1}$  tak lze považovat za odůvodněný, protože představuje ověřený standard u vozidel, která se vyznačují výbornou dynamikou jízdy, srovnatelnou s osobními vozidly.



## Brodivost

Při jízdě na zatopených komunikacích je obtížný odhad hloubky vody, do které se vozidlo nejvýše ponoří, neboť voda je kalná. Zejména z tohoto důvodu je žádoucí, aby brodivost vozidel, u kterých se předpokládá využití u povodní, byla co nejvyšší. Požadavek technické specifikace 1,2 m oproti běžnému standardu terénních nákladních vozidel 0,8 m poskytuje zásadní bezpečnostní rezervu 0,4 m, která může být při brodění ve vodě při povodních důležitá pro splnění daného úkolu. Vozidla jednotek požární ochrany se používají např. i při evakuaci osob při povodních a proto je vhodné, aby brodivost vozidel byla co nejvyšší.

## Statický boční náklon vozidla

Jedním z parametrů ovlivňujícím stabilitu požárních vozidel v terénu i na komunikacích je statický boční náklon. Způsob jeho stanovení je mimo jiné uveden v ČSN EN 1846-2. Norma stanovuje minimální úhel bočního náklonu, který činí pro vozidla v těžké hmotnostní třídě nejméně 27° pro smíšené provedení a dále nejméně 25° pro terénní provedení. Zadavatelem požadovaných 30° odpovídá požadavku evropské normy. Je zřejmé, že minimální boční statický náklon vozidla je jedním z parametrů, který limituje vozidlo z hlediska průjezdu v komplikovaném terénu. Požadovaný nadstandard oproti normě ČSN EN 1846-2 ve výši 5° může představovat významný rozdíl z hlediska nasazení vozidla ve složitých podmínkách a s ohledem na obtížné vyhodnocení těchto podmínek řidičem také bezpečnosti rezervu zabraňující převrácení vozidla. Pokud požadavky srovnáme s výše uváděným systémem koncepce BAS užívaným ve Švédsku. Tak zde je pro vozidla BAS 1, 2, 4 požadován statický boční náklon 32° a pro vozidla BAS 3, která jsou určena pro smíšený provoz nejméně 28°, a je zde výslovně uvedeno „pokud není požadována vyšší hodnota“ čili i v případě jednotné koncepce je zde umožněno, aby zadavatel požadoval boční statický náklon vyšší než je minimum uvedené ve standardu.



## 5. ZÁVĚR

K uvedeným podkladům, technickým podmínkám a přílohám uvést, že v současnosti je již vývoj vozidel, nástaveb a zejména materiálů používaných na jejich výrobu na takové úrovni, že požadovat nominální dobu životnosti vozidel 16 let je nedostatečné. Současná technická vyspělost v konstrukci hasičských vozidel umožňuje požadovat životnost nejméně 20 až 25 let. Například ve Švédsku je standardně požadováno v koncepci BAS životnost 25 let a přitom cena dodávaných vozidel se neliší od vozidel nakupovaných v České republice, naopak v přímém srovnání je nižší. Na tuto životnost je u dodavatelů nutné požadovat záruky základních funkčních vlastností vozidel, mimo součástí podléhajících běžnému opotřebení. Celá zadávací dokumentace také absentuje požadavky na záruky funkčnosti vozidla.

Závěrem je možné konstatovat, že požární technika patří k předmětům dlouhodobé spotřeby a v současné době se používá i přes 40 let. Protože ve vývoji požární techniky dochází k rozvoji, měly by být parametry nastaveny tak, aby definovaný požadavek byl vzhledem k dnešnímu stavu nadstandardem. Lze očekávat, že s ohledem na technický pokrok bude za určitou dobu tento požadavek považován za běžný standard a za další dobu, bude tento požadavek pod běžným standardem, a to požární technika ještě nemusí být na konci své životnosti.

## SEZNAM LITERATURY

1. Zákon č. 22/1997 Sb., Zákon o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění zákona č. 71/2000 Sb.
2. Vyhláška č. 35/2007 Sb., o technických podmínkách požární techniky, ve znění vyhlášky č. 53/2010 Sb..
3. Vyhláška č. 247/2001 Sb., o organizaci a činnosti jednotek požární ochrany ve znění vyhlášky č. 226/2005 Sb..
4. MV GŘ HZS ČR. *Bojový řád jednotek požární ochrany – taktické postupy zásahu*. Praha, 2004.
5. Teknisk specifikation BAS - fordon för samhälllets räddningstjänst BAS 1,2,3 och 4. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap 2011.



6. AUTOKAROSS RESCUE SYSTEMS I FLOBY AB, BAS 4 räddningsfordon. 2011.
7. MV ČR GŘ HZS ČR. Pokyn č. 9 generálního ředitele HZS ČR a náměstka ministra vnitra ze dne 13.3.2006, kterým se vydává Řád strojní služby HZS ČR. In SBÍRKA INTERNÍCH AKTŮ ŘÍZENÍ GENERÁLNÍHO ŘEDITELE HASIČSKÉHO ZÁCHRANNÉHO SBORU ČR A NÁMĚSTKA MINISTRA VNITRA 2006, 9S.28.
8. Statistická ročenka 2007 AŽ 2011 ČR: příloha časopisu. *Časopis 112*. 2009,

## Adresa autorů

Doc. Dr. Ing. Miloš Kvarčák

FBI, VŠB – TU Ostrava

Lumírova 13, Ostrava, ČR

tel. č.: +420597322815

e-mail: [milos.kvarcak@vsb.cz](mailto:milos.kvarcak@vsb.cz)

Ing. Martin Trčka, Ph.D.

FBI, VŠB – TU Ostrava

Lumírova 13, Ostrava, ČR

tel. č.: +420597322925

e-mail: [martin.trcka@vsb.cz](mailto:martin.trcka@vsb.cz)

Ing. Adam Thomitzek

FBI, VŠB – TU Ostrava

Lumírova 13, Ostrava, ČR

tel. č.: +420597322926

e-mail: [adam.thomitzek@vsb.cz](mailto:adam.thomitzek@vsb.cz)



**UPLATNENIE GEOINFORMATIKY V OBLASTI  
MANAŽMENTU MIMORIADNYCH UDALOSTÍ V  
PODMIENKACH SLOVENSKA**

**APPLICATION OF GEOINFORMATICS IN  
MANAGEMENT OF EMERGENCIES IN SLOVAKIA**

Andrea MAJLINGOVÁ, Danka BOGUSKÁ, Mikuláš MONOŠI

**Abstract**

In the paper, there are introduced the examples of application of geographical information systems (GIS) and systems for modelling and simulation of emergencies such as floods (HEC-RAS) and modelling of a hazardous atmospheres areal locations (ALOHA), on an example of leakage of the ammonia (used in technology of the Bardejov ice hockey stadium) to the atmosphere. Both analyses, which were performed for Bardejov town, were based on real data coming from Emergency Plans and technical documentation. For visualization of results there were used environments such as ArcGIS and Google Earth.

**Keywords:** *ALOHA, Geoinformatics, HEC-RAS, flood, dangerous substance leakage*

**2. ÚVOD**

Hoci oblasť geoinformatiky sa začala vyvíjať už v šesťdesiatych rokoch dvadsiateho storočia, u nás ešte stále nie je celkom pochopená a v niektorých oblastiach, v ktorých sa predpokladá jej široké uplatnenie, ako je tomu v prípade oblasti krízového riadenia či riadenia záchranných zložiek, sa zdá akoby to bola úplne nová technológia, ktorej využitie sa ešte len hľadá. Iná situácia je vo svete, kde sa geografické informačné systémy (GIS) stali súčasťou všetkých sfér života. Veľké využitie majú aj v krízovom



manažmente, respektíve v procese manažmentu rizík. Sú súčasťou varovných systémov, ktoré sprostredkovávajú informácie o hrozbách pre celé kontinenty. Okrem toho sa GIS sa používa aj ako prostredie na tvorbu a vizualizáciu údajov, ktoré vstupujú do alebo sú výstupom z procesu modelovania a simulácie mimoriadnych udalostí, akými sú požiare, povodne, únik nebezpečnej látky, únik radiácie a pod.

V príspevku predstavujeme príklady využitia nástrojov geoinformatiky a systémov pre modelovanie a simuláciu dopadov mimoriadnych udalostí spojených s výskytom povodní (HEC-RAS) a úniku nebezpečnej látky (ALOHA), ktoré boli aplikované na podmienky Slovenska, konkrétne na územie mesta Bardejov.

### 3. ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU

Príspevok sa vo svojom obsahu, ako je to už naznačené v jeho názve, zaoberá problematikou manažmentu mimoriadnych udalostí, v zameraní najmä na proces manažmentu rizík, resp. ich posúdenia.

*Mimoriadna udalosť* je náhla závažná udalosť, ktorá spôsobila narušenie stability systému, alebo prebiehajúcich dejov a činností, prípadne ohrozila ich bezpečnosť alebo existenciu (Šimák 2006).

Z hľadiska legislatívy je termín mimoriadna udalosť je definovaný v zákone NR SR č 42/94 Z. z. o civilnej ochrane obyvateľstva. Pod mimoriadnou udalosťou sa v zmysle tohto zákona rozumie živelná pohroma, havária, katastrofa a teroristický útok.

V príspevku rozoberáme problematiku manažmentu rizík (posúdenia rizík) v prípade vzniku povodní (živelná pohroma) a úniku nebezpečnej látky (havária).

*Živelná pohroma* (Šimák 2006) je nežiaduce uvoľnenie kumulovaných energií alebo hmôt v dôsledku nepriaznivého pôsobenia prírodných síl, pričom súčasne môžu pôsobiť nebezpečné látky alebo ničivé faktory majúce negatívny vplyv na človeka a na materiálne hodnoty (povodne, zemetrasenia, výbuchy sopiek).

*Povodeň* je definovaná v zákone č. 7/2010 Z. z. o ochrane pred povodňami. Povodňou sa rozumie dočasné zaplavenie územia, ktoré zvyčajne nie je zaliate vodou.

S povodňami úzko súvisí aj ochrana pred povodňami, ktorá je tiež definovaná v zákone o ochrane pred povodňami.

*Ochrana pred povodňami* sú činnosti, ktoré sú zamerané na zníženie povodňového rizika na povodňami ohrozovanom území, na predchádzanie záplavám



spôsobovanými povodňami a na zmiernenie nepriaznivých následkov povodní na ľudské zdravie, životné prostredie, kultúrne dedičstvo a na hospodársku činnosť.

*Havárie* - odchýlky od ustáleného prevádzkového stavu, v dôsledku ktorého unikli nebezpečné látky alebo pôsobili iné ničivé faktory, ktoré majú negatívny vplyv na život, zdravie a majetok (Šimák 200).

*Manažment rizík* je logická a systematická metóda určovania súvislostí v akýchkoľvek činnostiach, funkciách alebo procesoch, identifikovania rizík, ich analýzy, hodnotenia, znižovania a priebežného monitorovania, ktorá umožňuje minimalizovať straty a maximalizovať príležitosti (Šimák 2006).

Proces manažmentu rizík je možné uplatňovať v činnosti celého radu inštitúcií, manažérskych tímov, právnických, ale aj podnikajúcich fyzických osôb, medzi ktoré patria:

- orgány verejnej správy (ústredné, regionálne, miestne),
- komerčné organizácie (výrobné organizácie a služby),
- záujmové združenia (s povinným alebo dobrovoľným členstvom).

Manažment rizík predstavuje kultúru, procesy a štruktúry zamerané na efektívne riadenie potenciálnych príležitostí a možných neželateľných dôsledkov. Je to interaktívny proces skladajúci sa z krokov, ktoré pri zachovaní plánovanej postupnosti umožňujú trvalé skvalitňovanie rozhodnutí a tým následne aj zlepšovanie výsledkov uskutočňovaných procesov. Manažment rizík musí byť integrálnou činnosťou každej manažérskej praxe, bez ohľadu na úroveň riadenia (od strategickej až po prevádzkovú).

V domácich podmienkach sa manažmentom rizík vo svojich prácach zaoberajú: Zelený (2003) sa zaoberá manažmentom rizík v priemysle; Mikolaj (2001) a Šimák (2006) sa zaoberajú manažérstvom rizika všeobecne; Kostelný (2006), Lodňanová (2006) a Mika et al. (2008) sa zaoberajú manažérstvom sociálnych rizík.

Vo svete sa manažérstvu rizík a analýze jeho jednotlivých komponentov venuje viacero odborníkov: manažmentom rizík sa zaoberal najmä Villgran de León (2008), analýzou jednotlivých komponentov rizika a jeho redukciami sa zaoberajú vo svojich prácach Brauch (2005), Thywissen (2006), Birkmann (2006), Birkmann, Wisner (2006), Birkmann, Fernando, Hettige et al. (2007), Warner (2007), Bohle (2007), Hossini (2008), Afifi, Warner (2008).

Títo odborníci sú združení pod Inštitútom pre bezpečnosť obyvateľstva a životného prostredia UNU-EHS. Jeho hlavou úlohou je zlepšiť bezpečnosť



obyvateľstva prostredníctvom prístupov založených na poznatkoch a skúsenostiach vedúcich k redukcii zraniteľnosti a environmentálnych rizík. UNU-EHS poukazuje na aspekt rizika a zraniteľnosti bezpečnosti obyvateľstva, ako aj na dopady komplexných environmentálnych hazardov na zachovanie nepretržitého rozvoja.

Každá mimoriadna udalosť, havária či prírodná katastrofa začína *hazardom* (hrozbou) – poznaným alebo nepoznaným. Existuje viacero spôsobov ako ho charakterizovať.

Hazardy možno kategorizovať na prírodné, technické, spôsobené človekom, nukleárne, ekologické a pod. Tieto kategórie sú pravdepodobne tak odlišné ako disciplíny a sektory, ktorých sa týkajú. Na druhej strane všetky majú potenciál spôsobiť vážne negatívne udalosti. Predstavujú základný stavebný prvok každej havárie, pohromy či katastrofy.

Hazardom možno vo všeobecnosti nazvať povodeň, búrku, ako aj stav skupiny potenciálne škodlivých činiteľov s rôzne tvrdými dopadmi. Inak povedané, hazard „búrka“ (nebezpečenstvo búrky) sa vzťahuje na všetky potenciálne rýchlosti vetra, ktoré možno očakávať v danom regióne.

Hazard (hrozba) sa priamo spája s *náchylnosťou*, vlastnosťou systému, na jeho poškodenie, resp. jeho zničenie. Analýza náchylnosti sa vykonáva na základe faktorov, ktoré majú priamy vplyv na vznik danej udalosti alebo môžu napomôcť jej ďalšiemu rozvoju.

Dopady mimoriadnej udalosti na tri základné sféry života (sociálna, ekologická a ekonomická) popisuje *zraniteľnosť* systému. V prípade posudzovania zraniteľnosti územia na vznik povodne popisuje rozsah zaplaveného územia, výšku hladiny vody počas povodne. Na posudzovanie zraniteľnosti územia, resp. analýzu dopadov mimoriadnej udalosti je možné použiť dedukčné metódy alebo využiť nástroje a funkcie prostriedkov na báze GIS a systémov pre modelovanie a simulácie. Pre účely modelovania a simulácie povodní a výpočet parametrov vodného toku počas povodne sú dostupné dva špecializované prostriedky – MIKE a HEC-RAS.

Na základe výsledkov analýzy zraniteľnosti, po získaní informácií o polohe a rozlohe zasiahnutého územia je možné identifikovať komunity, zložky životného prostredia a prvky ekonomického systému, ktoré sa ocitli v ohrození – posudzujeme ďalší z komponentov rizika – *expozíciu*. Expozíciu možno chápať ako počet ľudí



a/alebo ďalších prvkov (objektov) v nebezpečenstve, ktoré môžu byť postihnuté mimoriadnou udalosťou. V neobývaných častiach územia je expozícia komúnit nulová.

Posúdenie rizík vo vzťahu k vzniku možných mimoriadnych udalostí sa v súčasnosti na vykonáva na úrovni obvodných úradov, ktorý túto analýzu vypracovávajú pre územie obvodu.

*Analýza územia z hľadiska vzniku možných mimoriadnych udalostí* sa vypracúva na základe kategorizácie územia podľa Nariadenia vlády Slovenskej republiky zo dňa 16.12.1996 č.25/1997 Z. z. o kategorizácii územia Slovenskej republiky.

Analýza územia je v zákone NR SR č.42/1994 Z. z. o civilnej ochrane obyvateľstva v znení neskorších predpisov definovaná ako posúdenie nebezpečenstva pre prípad vzniku mimoriadnej udalosti s ohľadom na zdroje ohrozenia. Vyhotovuje sa vo forme súboru dokumentov. Štruktúru, obsah a rozsah vypracovania analýzy a termíny jej aktualizácie určuje 13/XXVI/12 Pokyn generálneho riaditeľa sekcie krízového manažmentu a civilnej ochrany Ministerstva vnútra Slovenskej republiky na vypracovanie dokumentu „Analýza územia z hľadiska možných mimoriadnych udalostí“.

Obsahom tejto analýzy je popis možných mimoriadnych udalostí pre jednotlivé obvody a ich dopadov, no predovšetkým na podklade rozsahu ohrozeného územia z predchádzajúcich skúseností, avšak takmer úplne bez prípadného modelovania a simulácie.

V príspevku sa zaoberáme posudzovaním zraniteľnosti územia mesta Bardejov 100-ročnou a 500-ročnou povodňou, ako aj posúdením dopadov havárie spojenej s únikom amoniaku z chladiacej nádrže, ktorá je súčasťou technológie využívanej na ľadovom štadióne. Pre účely analýzy dopadov sme použili modelovacie a simulačné prostriedky: HEC-RAS pre účely stanovenia rozsahu zaplaveného územia a systém ALOHA na modelovanie polohy oblastí s výskytom hrozby v podobe úniku nebezpečnej látky.

Výsledky týchto analýz boli poskytnuté aj Obvodnému úradu v Bardejove, konkrétne odboru civilnej ochrany a krízového riadenia.



## 4. POUŽITÁ METODIKA

### 3.1 Charakteristika modelového územia

V súčasnosti má mesto Bardejov približne 35 000 obyvateľov.

Pozostáva z piatich mestských častí: Bardejovská Nová Ves, Bardejovská Zábava, Bardejovské Kúpele, Dlhá Lúka, Mihaľov.

Na území mesta sa nachádza 5 sídlisk: Družba, Moliterka, Obrancov mieru, Vinbarg, Za rajom.

Medzi ostatné časti patrí Harčarovka, Pod Šibeňou horou, Tehelná, Chmelník, Postajok a osada Poštárka.

Hlavným vodným tokom je rieka Topľa, ktorá sa zľava postupne stretáva s Mníchovským potokom na západnom okraji mesta, s Moliterkou pod sídliskom Vinbarg, Kamenným potokom východne od Moliterky, Kamencom neďaleko podniku JAS Export (smer Bardejovská Nová Ves; do neho ústi Bardejovský potok), Chotárnym potokom a Andrejovým potokom pri Bardejovskej Novej Vsi. Sprava rieka priberá Šibskú vodu pri moste za železničnou stanicou, s prítokom Lukavica (do nej ešte ústi Harčarovský potok)..

#### 3.1.1 Ohrozenia povodňami a záplavami z povrchových vodných tokov

Na geologickej stavbe podstatnej časti územia sa podieľajú svahové sedimenty a flyšové súvrstvie zlínskych vrstiev. Ide o drobnorytmické striedanie ílovcov, prachovcov a pieskovcov, pričom ílovce sú v týchto miestach vo výraznej prevahe. Podložie je tvorené intenzívne navetralými ílovcami a preplástkami pieskovcov, ktoré bránia hlbšiemu vsakovaniu povrchových vôd. Pri intenzívnych a dlhodobých zrážkach dochádza k nasýteniu pórov svahových sedimentov zrážkovou vodou, čo spôsobuje ich rozmáčanie a rozvoj zosuvných procesov (Analýza územia).

Práve táto skladba hornín zohráva významnú úlohu pri vodohospodárskom režime obvodu. Má vplyv na často sa opakujúce záplavy a nedostatok pitnej vody. Nadmerným topením snehu a výdatnými zrážkami sa do podložia dostáva zvýšené množstvo vody, ktoré narušuje ustálený odtokový režim, dochádza k nasýteniu zemín, následne k zvýšeniu šmykových napätí a vplyvom vztlakovej vody k aktivizácii zosuvov. Ide prevažne o plytkejšie zosuvy s rotačnou a kombinovanou šmykovou plochou (Analýza územia).



Pri trvalých a silných zrážkach, ako aj pri rýchlom topení napadnutého snehu, sa rieka Topľa vylieva zo svojho koryta a zaplavuje teritórium v katastroch obcí Bardejovská Nová Ves, Komárov, Poliakovce, Kurima, Nemcovce, Porúbka, Marhaň a Brezov. Záplavami sú ohrozované územia i na jej prítokoch zo severu Sveržovky, Kamenca, Slatvinca a z juhu Lukavice (Analýza územia).

### 3.1.2 Ohrozenia závažnou priemyselnou haváriou

V obvode Bardejov sú dva subjekty, ktoré pre svoju činnosť využívajú nebezpečné látky. Je to Zimný štadión v správe mestského podniku BAPOS a Východoslovenská vodárenská spoločnosť s.r.o. Bardejov, konkrétne úpravňa vody. V týchto podnikoch je vznik možných mimoriadnych udalostí podmienený množstvom skladovaných a technologickým využívaním nebezpečných látok (Analýza územia).

#### *Zimný štadión Bardejov*

Výroba ľadu je na základe priameho chladenia, čiže za použitia čpavku. Zahŕňa v sebe zariadenie ochranných systémov, vnútorné technologické zariadenia ako je technológia strojovne, rozvody čpavku pod ľadovou plochou a vonkajšie zariadenia, ako chladiace veže slúžiace na chladenie cirkulujúcej vody, užívané na chladenie hnacej jednotky, vrátane záchytnej nádrže na obehovú vodu. Samotný čpavok sa z kompenzačných nádob dostáva rozvodovým potrubím do hnacej obehovej jednotky, ktorá ho pod tlakom prečerpáva do chladiaceho potrubia uloženého pod ľadovou plochou. Späť sa čpavok čerpadlami dostáva potrubím späť do tlakových nádob (Havarijný plán Zimného štadiónu).

*Popis zariadení:* kondenzátor čpavku - nádrž s objemom 1000 kg, s umiestnenou sústavou vnútorných prietokových oceľových trubíc; zásobník čpavku s objemom 3000 kg; rozvodové potrubia s uzávermi - na každom rozdeľovači a zberači je uzatvárací čpavkový ventil; ostatné potrubné rozvody; 2 ks čpavkové čerpadlá; pohonná kompresorová jednotka - 2x štvorvalcový agregát, poháňaný elektromotormi s príkonom 115 kW, chladený obehovou vodou, ochladzovanou v dvoch chladiacich prietokových vežiach; rozvod čpavku cez sústavu chladiaceho potrubia tvoreného potrubným systémom z bezošvých hladkých oceľových trubiek, uloženého pod ľadovou plochou; zariadenia ochranných systémov; zberače a odlučovače oleja (Havarijný plán Zimného štadiónu).



*Skladovanie čpavku:* Mimo sezóny je čpavok skladovaný v zásobnej a kondenzačnej nádrži v strojovni. Objem skladovaného čpavku je 1500 kg, dlhodobo skladovaný v čpavkovom zásobníku. Počas dlhodobého uskladnenia v letných mesiacoch je okruh uzatvorený mechanickými uzávermi. Zóny ohrozenia v prípade úniku sú 92,8 a 430,7 m (Havarijný plán Zimného štadiónu).

*Ochranné systémy:* Chladiaci systém bol podrobený analýze v zmysle požiadaviek vyhlášky č. 533/2006 Z.z.. Celý objekt Zimného štadióna je chránený dvojitým plne automatickým ochranným systémom (*Havarijný plán Zimného štadiónu*).

## 3.2 Použitý software

### *ArcGIS verzia 9.3*

ArcGIS je komplexný GIS systém určený pre samostatné pracoviská obsahujúci množstvo nástrojov na import údajov, úpravu, dopytovanie, analyzovanie a publikovanie geografických informácií. Jeho producentom je spoločnosť ESRI (angl. Environmental Systems Research Institute) založená v roku 1969 v USA. Použitý bol na vektorizáciu údajov v prostredí GIS, ako prostredie umožňujúce prácu s extenziou programu HEC-GeoRAS, ktorá slúži na prípravu digitálnych podkladov pre následné matematické modelovanie v prostredí HEC-RAS, ako aj vizualizáciu výsledkov modelovania vo forme obrázkov a máp.

### *HEC-GeoRAS, HEC-RAS*

HEC-GeoRAS je súbor postupov, nástrojov a pomôcok pre spracovanie geopriestorových dát v ArcGIS. Prepojenie umožňuje import geometrických dát do HEC-RAS. Výsledné hodnoty modelovania sú exportované z HEC-RAS. Na to aby mohol užívateľ pracovať v spomínanom hydrodynamickom modeli HEC-GeoRAS je potrebné aby disponoval digitálnym modelom reliéfu (DMR) riečneho systému (Lubinszká, 2010).

HEC-RAS je hydrodynamický model umožňujúci simuláciu ustáleného aj neustáleného prúdenia, a to v jednoduchých i zložených profiloch. Je k dispozícii zdarma ako freeware.

Pred samotnou prácou s hydrodynamickým modelom HEC-RAS je potrebná príprava vstupných parametrov v prostredí GIS pri použití modelovej nadstavby HEC-GeoRAS.

### *ALOHA*

Aloha je nástroj pre chemické hodnotenie pravdepodobne ohrozenej oblasti po haváriách s únikom nebezpečnej látky (NL) a na zisťovanie následkov úniku nebezpečných látok. Program pri vykonávaní numerických výpočtoch predpokladá



konštantnú rýchlosť a smer vetra vo všetkých horizontálnych smeroch, na disperziu ťažkých plynov a na odparovanie z kaluží. Odraz od povrchu zeme a od vrstvy nízkej atmosférickej inverzie, je tiež v modeli zohľadnený. Z termodynamického hľadiska je tiež počítané s prenosom tepla z odparujúci sa kaluže a povrchu zeme (Šovčíková, 2009)

Obsahuje databázy najčastejšie používané a prepravovaných nebezpečných látok a ich fyzikálne vlastnosti. Výsledkom je jednoduchý priemet predpokladanej hranice zraňujúcej alebo smrteľnej koncentrácie v teréne.

### *Google Earth*

Tento program bol použitý na vizualizáciu výsledkov modelovania a simulácie z programu ALOHA a ich export do formátu jpeg alebo kml.

## **3.3 Údaje pre modelovanie a simuláciu**

### 3.3.1 Modelovanie povodne na príklade $Q_{100}$ a $Q_{500}$

Prvým krokom bolo vytvorenie databázy prvkov, ktoré boli editované a následne exportované z prostredia HEC-GeoRAS do prostredia HEC-RAS. Túto databázu prvkov tvoria prvky typu línia toku rieky, brehy koryta, línia/hranica záplavového územia, priečne profily. Pre použitie týchto prvkov pre modelovanie je potrebné extrahovať pre ne hodnotu nadmorskej výšky – vytvoriť tzv. 3D prvok. Výška sa jednotlivým prvkom priradí a základe extrakcie z TINu (angl. Triangular Irregular Network – sieť nepravidelných trojuholníkov) skúmanej oblasti, ktorý túto informáciu obsahuje.

Prvým krokom práce v prostredí HEC-RAS bolo importovanie geometrických dát exportovaných z prostredia ArcGIS/HEC-GeoRAS. Načítané dáta bolo nutné previesť na jednotky SI – metrické sústavy. Dané geometrické dáta bolo možné ďalej spracovávať, upravovať. Údaje o parametroch koryta vodného toku boli získané z Povodňového plánu mesta Bardejov. Ďalším krokom bolo nastavenie prietokov rieky v koryte. Nastavené boli 2 prietoky: 330m<sup>3</sup>/s pre  $Q_{100}$  a 456 m<sup>3</sup>/s pre  $Q_{500}$ . Údaje o prietoku  $Q_{100}$  a  $Q_{500}$  boli odvodené z vypočítanej konšumpčnej krivky na základe údajov  $Q_5$ ,  $Q_{10}$ ,  $Q_{25}$ ,  $Q_{50}$ , uvedených v technickej dokumentácii k tomuto toku. Potrebné bolo nastaviť aj sklon koryta, kde sa volila hodnota „Normal Depth“ = 0,025 [2.5 %] na hornej časti toku a na dolnej časti toku zase hodnota 0,03 [3 %]. Pre účely hydrologického modelovania bolo nutné priradiť tiež indexy jednotlivým typom



využitia krajiny v po oboch stranách vodného toku (prvý ľavý breh). Tieto sa definovali pre každý priečny profil. V skúmanej oblasti sa nachádzajú urbánne plochy, poľnohospodárske plochy a trvalé trávne porasty a lúky, ktorým sa priradili nasledovné indexy (konštanty): urbánne = 0,05; polia = 0,06; trvalé trávne porasty a lúky = 0,055; les = 0,04 a koryto rieky = 0,035. Zadaním parametrov vo všetkých krokoch sa získalo dostatočné množstvo dát, pre vypočítanie záplavového územia

Z dôvodu vizualizácie výsledkov modelovania je potrebné získané dáta opätovne exportovať do prostredia ArcGIS vo formáte XML. Tu boli ďalej využité na tvorbu výstupov (mapy, obrázky).

### 3.3.2 Modelovanie úniku amoniaku na Zimnom štadióne

K mimoriadnej udalosti spojenej s únikom amoniaku mimo technológiu môže dôjsť pri porušení celistvosti technológie chladiaceho systému. Dôvody tohto porušenia celistvosti môžu byť rôzne, od chýb materiálov a tesnení, chybné zvary, vysoký tlak v systéme, až po sabotáž. Najvýznamnejším rizikovým zdrojom únikov v technológii chladenia je strojovňa chladenia, v ktorej je okrem hlavnej technológie lokalizovaný aj najväčší potenciálny zdroj úniku amoniaku. Predpokladali sme únik celého obsahu tejto nádrže do miestnosti strojovne, jeho rozliatie sa po jej celej ploche a okamžité odparovanie a únik toxických pár cez odvetrávacie zariadenie do ovzdušia. Pri prevádzke posudzovaného systému chladenia sa môžu vyskytnúť prípadné úniky amoniaku aj na rozvodných potrubných systémoch.

*Scenár č. 1:* Pri modelovaní následkov mimoriadnej udalosti na Zimnom štadióne v Bardejove sme vychádzali zo situácie, že v dôsledku poškodenia ventilu nádrže dôjde k postupnému úniku čpavku z nádrže do priestoru strojovne. Po dosiahnutí určitej koncentrácie (žiaľ konkrétne informácie o požadovanej koncentrácii sme nemali k dispozícii) dôjde k spusteniu varovnej signalizácie. Pri pokuse o odstránenie poruchy strojníkom dôjde neadekvátnou manipuláciou k utrhnutiu sedla ventilu a masívnemu úniku čpavku z nádrže. Odvetranie a detekcia úniku nebezpečnej látky prebehne automaticky. Amoniak uniká cez kruhový otvor ventilu s priemerom 4 cm, ktorý sa nachádza 40 cm od podlahy. Amoniak je udržiavaný v teplote 25 stupňov Celzia. Atmosférické dáta – fúka severozápadný vietor rýchlosťou 6m/s, teplota vzduchu je 7 stupňov Celzia, takmer jasno. Relatívna vlhkosť ovzdušia je 75%, nádrž je naplnená do 83% svojho objemu.



*Scenár č. 2:* V druhom prípade sme pri modelovaní havarijných následkov opäť vychádzali so situácie, že v dôsledku poškodenia ventilu neadekvátnou manipuláciou dôjde k úniku amoniaku z nádrže na podlahu do priestoru strojovne. Odvetranie a detekcia úniku nebezpečnej látky prebehne automaticky. Amoniak uniká cez kruhový otvor ventilu s priemerom 4 cm, ktorý sa nachádza 40 cm od podlahy. Je udržiavaný v teplote 25 stupňov Celzia. Atmosférické dáta – fúka západný vietor rýchlosťou 15 m/s, teplota vzduchu je 20 stupňov Celzia, polooblačno. Relatívna vlhkosť ovzdušia je 53%, nádrž je naplnená do 80% svojho objemu.

Tieto charakteristiky boli postupne špecifikované jednotlivým položkám systému ALOHA a bola spustená simulácia. Výsledky simulácie boli okrem prostredia ALOHA znázornené aj v prostredí Google Earth, odkiaľ boli exportované do podoby obrázku (formát jpeg). Použitie programu Google Earth a jeho preddefinovaných vrstiev, v tomto prípade ciest, umožnilo identifikovať ulice, ktorých obyvatelia by mali byť v prípade ohrozenia evakuovaní.

## 5. VÝSLEDKY A DISKUSIA

Výsledky modelovania sú uvedené v obrázkovej, tabuľkovej i popisnej forme.

### 4.1 Výsledky modelovania povodne Q100 a Q500

Modelovanie priebehu povodne bolo vykonané na rieke Topľa (úsek dlhý takmer 4 km) pretekajúcej cez mesto Bardejov. Vo výpočte sme uvažovali s prietokom 330 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> pri 100-ročnej povodni (Q<sub>100</sub>) a 456 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> pri 500-ročnej povodni (Q<sub>500</sub>).

Výsledky modelovania povodne z prostredia HEC – RAS majú grafickú i tabuľkovú podobu. V grafickej podobe sú prezentované výsledky (ukážky) týkajúce sa parametrov jednotlivých profilov vodného toku pri povodni, parametrov priečných profilov, graf celého profilu vodného toku pri povodni, ratingové krivky, graf perspektívy X-Y-Z (obrázok 1).

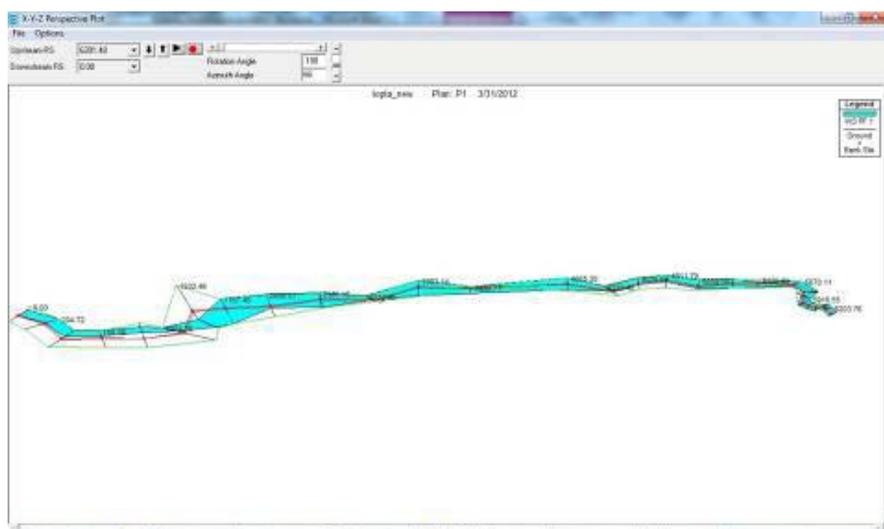


Figure 1 X-Y-Z Profile Plot for analysed section of Topla river

Obrázok 1 Graf perspektívny X-Y-Z pre posudzovaný úsek rieky Topľa

Pre analýzu a zdokumentovanie výsledkov simulácie sú často potrebné sumárne tabuľky detailne popisujúce výpočty parametre vodných tokov pri povodni. Tabuľkové výstupy umožňujú znázorňovať veľké množstvo detailných informácií v užívateľsky prijateľnom formáte. Prostredie HEC-RAS ponúka dva základné typy tabelárnych výstupov, ide o detailné tabuľkové výstupy a sumárne tabuľky.

Detailné tabuľkové výstupy sa týkajú najmä popisu parametrov vodného toku zachytených na jednotlivých priečných profiloch (obrázok 2) pri rôznych scenároch povodne ( $Q_{100}$  a  $Q_{500}$ ). Ide o údaje typu plocha vodného toku, jeho prietok, energia a ďalšie, popísané už vyššie.

Cross Section Output									
File Type Options Help									
River:	Topla	Profile:	PF 1						
Reach:	Topla	RS:	2385.18	Plan: P1					
Plan: P1 Topla Topla RS: 2385.18 Profile: PF 1									
E.G. Elev (m)	269.05	Element		Left DB		Channel		Right DB	
Vel Head (m)	0.38	Wt. m-Val	0.050	0.035	0.050				
W.S. Elev (m)	268.67	Reach Len. (m)	198.90	328.61	198.90				
Crit W.S. (m)	268.67	Flow Area (m2)	82.30	15.52	35.17				
E.G. Slope (m/m)	0.017042	Area (m2)	82.30	15.52	35.17				
Q Total (m3/s)	330.00	Flow (m3/s)	232.77	50.11	47.12				
Top Width (m)	186.53	Top Width (m)	71.56	19.28	95.69				
Vel Total (m/s)	2.48	Avg. Vel. (m/s)	2.83	3.23	1.34				
Max Ch Dpth (m)	1.42	Hydr. Depth (m)	1.15	0.81	0.37				
Conv. Total (m3/s)	2527.9	Conv. (m3/s)	1783.0	383.8	361.0				
Length Wtd. (m)	209.47	Wetted Per. (m)	72.99	19.28	95.69				
Min Ch El (m)	267.79	Shear (N/m2)	188.44	134.55	61.43				
Alpha	1.22	Stream Power (N/m s)	532.98	434.34	82.30				
Frc'n Loss (m)	3.73	Cum Volume (1000 m3)	246.39	6.36	66.43				
C & E Loss (m)	0.09	Cum SA (1000 m2)	244.18	18.62	135.34				

Figure 2 Detailed summary table for  $Q_{100}$

Obrázok 2 Detailný tabuľkový výpis pre  $Q_{100}$

Z hľadiska grafických výstupov boli získané nasledovné mapové výstupy (obr. 3, obr. 4).

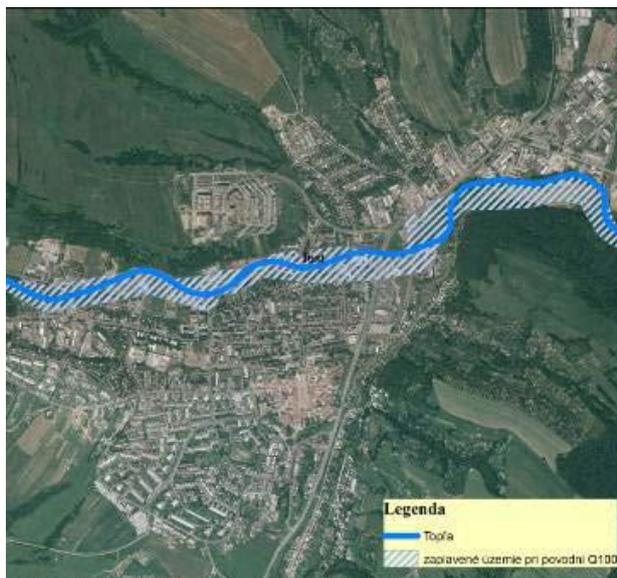


Figure 3 Area affected by 100-years flood ( $Q_{100}$ )

Obrázok 3 Územie postihnuté storočnou povodňou ( $Q_{100}$ )

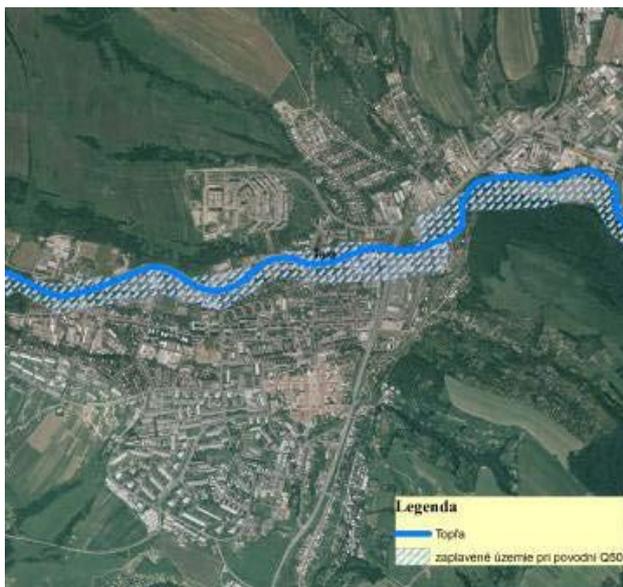


Figure 4 Area affected by 500-years flood ( $Q_{500}$ )

Obrázok 4 Územie postihnuté päťstoročnou povodňou ( $Q_{500}$ )

Vychádzajúc z výsledkov modelovania je možné predpokladať, že pri povodni spôsobenej  $Q_{100}$  bude zaplavené územie s výmerou 686 028,68 m<sup>2</sup> (68,6 ha) a pri povodni spôsobenej  $Q_{500}$  pôjde o územie o výmere až 746 707,34 m<sup>2</sup> (74,7 ha).

Pri storočnej povodni budú zasiahnuté najmä tieto ulice: Kutuzovova, Toplianska, Nábřežná, Kúpeľná, Kacvinského, Gróner, Slovenská, Duklianska,



Kellerova, Štefániková, Tarasa Ševčenku, a Družstevná. Pri päťstoročnej povodni budú okrem týchto zasiahnuté aj ulice Pod Vinbargom a Českej Lipy.

## 4.2 Výsledky modelovania úniku amoniaku na Zimnom štadióne

Na základe postupu, ktorý sme uviedli v kapitole Metodika sme namodelovali úniky nebezpečných látok. V žiadnych dokumentoch poskytnutých Obvodným úradom ani v dokumentoch poskytnutých Mestským úradom Bardejov nie je konkretizovaný spôsob získania polomeru a plochy ohrozenia v prípade úniku nebezpečnej látky. Je len spomenuté, že pásmo priameho ohrozenia a ochranné pásmo sú vypočítane v súlade s vyhláškou MV SR č.533/2006 Z. z. o podrobnostiach o ochrane obyvateľstva pred účinkami nebezpečných látok, pri naplnení a dodržaní parametrov hodnotiaceho programu.

### *Scenár č. 1*

V tomto prípade sme došli k iným záverom ako sú uvedené v Analýze územia z hľadiska vzniku mimoriadnej udalosti. Na obrázku 5 znázorňujeme výslednú mapku ohrozenia v prípade úniku amoniaku, za podmienok stanovených pre scenár č. 1. Nami modelovaná situácia je špecifická pre konkrétne meteorologické podmienky s predpokladaným únikom celkového množstva nebezpečnej látky. Dochádzame teda k nasledovným výsledkom:

- zóna AEGL – 3 (60 min) = 1100 ppm/824,8 mg.m-3 (červená farba) → v osi vzdialenosť 496 m , zóna priameho ohrozenia 110 m koncentrácia do 4000 ppm, ochranné pásmo 360 m do 2000 ppm,
- zóna AEGL – 2 (60 min) = 160 ppm/120 mg.m-3 (oranžová farba) → v osi vzdialenosť 1600 m, zóna priameho ohrozenia 1380 m koncentrácia do 200 ppm, ochranné pásmo 1510 m do 120 ppm,
- zóna AEGL – 1 (60 min) = 30 ppm/22,5 mg.m-3 (svetložltá) → v osi vzdialenosť 4 000 m, zóna priameho ohrozenia 2510 m koncentrácia do 32 ppm, ochranné pásmo 3740 m do 28 ppm.

Najvyššia prípustná koncentrácia: priemerná cca 60 ppm (41,82 mg.m-3), medzná cca 115 ppm (80,15 mg.m-3). Pásmo smrteľného ohrozenia je nad 5000 ppm (3484,66 mg.m-3), pásmo ohrozenia zdravia nad 500 ppm (348,47 mg.m-3).

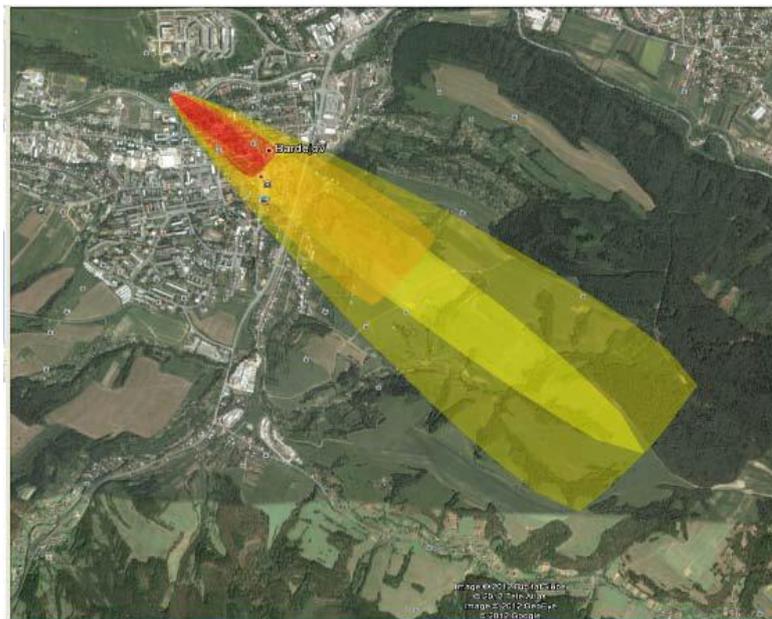


Figure 5 Threat zones for ice hockey stadium – scenario 1

Obrázok 5 Zóny ohrozenia pre Zimný štadión – scenár č.1

Zóna priameho ohrozenia s koncentráciou až 4000 ppm (2 787,73 mg.m-3) ohrozuje objekt Zimného štadióna a Súkromnú tanečnú školu Kesel. Zóna priameho ohrozenia s koncentráciou do 2000 ppm (1393,87 mg.m-3) ohrozuje ulicu Kutuzovovu, Topliansku, kde sa nachádzajú objekty ako Domov dôchodcov, Hotel Bardejov, Hotel Šport, Štadión BŠK Bardejov a rodinné domy. Zasahuje aj ulicu Nábrežnú, Fučíkovu, Tarasa Ševčenku, ktoré sú v Analýze uvedené v ochrannom pásme. Pásma s touto koncentráciou ohrozuje aj ulicu Hurbanovu, Dlhý rad, kde sú prevažne bytové a rodinné domy a objekty Pošty, VÚB banky, Polície, objekt Sociálnej poisťovne a Základnej umeleckej školy Michala Vileca, ktoré ako objekty možného ohrozenia v Analýze nie sú vôbec uvedené.

Zóna ohrozenia s koncentráciou od 120 do 200 ppm (139,39 mg.m-3) ohrozuje Radničné námestie, rodinné domy na ulici Krátky Rad, ulicu Pod Šibeňou Horou, Pod Kalváriou a Podstajok. Ani táto časť územia nie je v Analýze uvedená ako oblasť možného ohrozenia, čo považujeme za nedostatok. Ochranné pásma s koncentráciou od 28 do 32 ppm (22,3 mg.m-3) zasahuje len neobývanú časť mesta, teda voľnú krajinu.

## Scenár č. 2



Figure 6 Threat zones for ice hockey stadium – scenario 2

Obrázok 6 Zóny ohrozenia pre Zimný štadión – scenár č. 2

Pri modelovaní podľa scenára č.2 boli oproti prvému scenáru zmenené poveternostné podmienky, najmä rýchlosť a smer vetra. Únik prebiehal za rovnakých technických podmienok a príčin ako v prvom scenári. Prišli sme k nasledujúcim výsledkom:

- zóna AEGL – 3 (60 min) = 1100 ppm/824,8 mg.m-3 (červená farba) → v osi vzdialenosť 284 m, zóna priameho ohrozenia 240 m koncentrácia do 4000 ppm, 130 m do 1300 ppm,
- zóna AEGL – 2 (60 min) = 160 ppm/120 mg.m-3 (oranžová farba) → v osi vzdialenosť 791 m, zóna priameho ohrozenia 740 m koncentrácia do 190 ppm, ochranné pásmo 770 m do 120 ppm,
- zóna AEGL – 1 (60 min) = 30 ppm/22,5 mg.m-3 (svetložltá) → v osi vzdialenosť 1 900 m, zóna priameho ohrozenia 1860 m koncentrácia do 32 ppm, ochranné pásmo 1870 m do 28 ppm.

Výsledná mapa so zónami ohrozenia je uvedená na obrázku 6.

Zóna priameho ohrozenia s koncentráciou od 1300 do 4000 ppm (2787,73 mg.m-3) ohrozuje objekt Zimného štadióna a ulice Topliansku, Nábřežnú, Kúpeľnú, Přerovskú, sídlisko Za rajom a objekty Domov dôchodcov a Základnú školu Bartolomeja Krpelca. Zóna s koncentráciou od 120 do 160 ppm (111,51 mg.m-3) zasahuje ulice Nový Sad, Fučíkovú, areál Autobusovej stanice, ulice Gróner a Kacvinského. Pásmo ohrozenia od 28 do 32 ppm (22,3 mg.m-3) zasahuje priemyselnú



zónu mesta na ulici Duklianskej a Priemyselnej, veľkoobchody Lidl a OC Bardejov a siaha až na mestskú časť Bardejova Bardejovskú Novú ves.

Ako sme už uviedli, autori analýzy neuvádzajú za akých podmienok a akým spôsobom boli určené nebezpečné zóny a rozsah ohrozenia, čo považujeme za nedostatok. V Analýze územia je len určené pásmo priameho ohrozenia 92,8 m a ochranné pásmo 430,7 m od miesta úniku amoniaku. Pri modelácii sa dostávame do rozporu s Analýzou územia, nakoľko v našich simuláciách pásmo priameho ohrozenia siaha v prvom scenári do vzdialenosti 496 m, v druhom scenári do vzdialenosti 284 m.

Z hľadiska modelovania úniku nebezpečnej látky považujeme za dôležité zdôrazniť, že v našom prípade sme simulovali najhoršiu možnosť úniku nebezpečných látok, za konkrétnych meteorologických podmienok, s predpokladaným únikom celkového množstva nebezpečnej látky do ovzdušia, a hodnotili sme pripravenosť mesta Bardejov podľa extrémnych scenárov možnej havárie. Domnievame sa, že z hľadiska snahy o dosiahnutie maximálnej ochrany obyvateľstva pred účinkami uniknutých nebezpečných látok je racionálnejšie hodnotiť zraniteľnosť a pripravenosť územia pri maximálnom možnom úniku látok aj na podklade predimenzovaných scenárov.

## 6. ZÁVER

Ani poznanie zdrojov a zákonitostí kríz nezabráni ich vzniku. Vykonaním vhodných preventívnych opatrení a vytvorením účinných mechanizmov však môžeme výrazne minimalizovať straty a škody. Definovanie zraniteľnosti územia je jeden zo spôsobov jej redukcie. Hlavným cieľom hodnotenia zraniteľnosti je informovanosť krízových manažérov alebo dotknutých osôb o možnostiach ako sa pripraviť na zdoľanie mimoriadnych udalostí tohto charakteru.

## 7. POĎAKOVANIE

Tento príspevok vznikol s vďaka podpore projektu TÁMPO-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

Afifi, T., Warner, K.: The Impact of Environmental Degradation on Migration Flows across Countries. United Nations University – Institute of Environment and Human Security, Germany, 2008, p. 27.



- Birkmann, J.: Vulnerability Assessments – Theoretical frameworks and practical applications. Presentations to the workshop, 2006, p. 42.
- Bohle, H.G.: Living with Vulnerability. Livelihoods and Human Security in Risky Environments. United Nations University – Institute of Environment and Human Security, Germany, 2007, p. 32, ISSN 1814-6430.
- Brauch, H.G.: Threats, Challenges, Vulnerabilities and Risks. United Nations University – Institute of Environment and Human Security, Germany, 2005, p. 104, ISBN 3-9810200-4-9.
- Havarijný plán Zimný štadión. 2002. Výpis z technickej dokumentácie. Zimný štadión - mestský podnik BAPOS Bardejov.
- Kostelný, O.: Ku kauzalite spoločenských rizík. In: Zborník z vedeckej konferencie Riešenie krízových situácií v špecifickom prostredí. FŠI ŽU, 2006, s. 247-250.
- Lodňanová, K.: Ku kauzalite spoločenských rizík. In: Zborník z vedeckej konferencie „Riešenie krízových situácií v špecifickom prostredí“ FŠI ŽU, 2006, s. 321-324.
- Lubinszká, Z. et al.: Faktory vplývajúce na stanovenie rizika vzniku povodne, In Delta : vedecko-odborný časopis Katedry protipožiarnej ochrany. ISSN 1337-0863, 2010, roč. 7, č. 7, s. 24 – 27.
- Míka, V. T.: Sociálne riziká ako problém krízového manažmentu. In Zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie „Riešenie krízových situácií v špecifickom prostredí“. Žilina: FŠI ŽU, 2008, s. 469-474, ISBN 978-80-554-0016-7.
- Mikolaj, J.: Rizikový manažment. FŠI ŽU, Žilina, 2001, s. 170.
- Rashed, T., Weeks, J.: Exploring the spatial association between measures from satellite imagery and patterns of urban vulnerability to earthquake hazards. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXXIV-7/W9, 2003, p. 144-152.
- Šimák, L.: Krízový manažment vo verejnej správe. ŽU Žilina, 3. vydanie, 2006, ISBN 80-88829-13-5.
- Šovčíková, Ľ.: Ako pracovať s programom Aloha 5.4.1 In Civilná ochrana, revue pre civilnú ochranu obyvateľstva. ISSN 1335- 4094, 2009, roč. 11, č. 5, s. 29-31.
- Thywissen, K.: Components of Risk. A Comparative Glossary. United Nations University – Institute of Environment and Human Security, Germany, 2006, p. 52, ISSN 1816-1154.
- Villagrán de León, J.C.: The Integral Risk Management Framework. United Nations University – Institute of Environment and Human Security, Germany, 2008, p. 40.
- Warner, K.: Perspectives on Social Vulnerability. United Nations University – Institute of Environment and Human Security, Germany, 2007, p. 136, ISSN 1816-1154.
- Zelený, J. a kol.: Riziká v priemysle. Vysokoškolská učebnica. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2006, s.321. ISBN 80-228-1638-8.
- Analýza obvodu Bardejov z hľadiska mimoriadnych udalostí. Obvodný úrad Bardejov. 2011.



Pokyn generálneho riaditeľa sekcie krízového manažmentu a civilnej ochrany Ministerstva vnútra Slovenskej republiky 13/XXVI/12 na vypracovanie dokumentu „Analýza územia z hľadiska možných mimoriadnych udalostí“

Povodňový plán mesta Bardejov, 2011.

Zákon NR SR č. 7/2010 Z. z. o ochrane pred povodňami.

Zákon NR SR č. 42/1994 Z. z. o civilnej ochrane obyvateľstva.

## **Adresa autorov**

Andrea Majlingová, Ing., PhD.

Katedra protipožiarnej ochrany, Drevárska fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, T.  
G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

045/520 68 26, e-mail: [majlingova@tuzvo.sk](mailto:majlingova@tuzvo.sk)

Danka Boguská, Ing.

Katedra protipožiarnej ochrany, Drevárska fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, T.  
G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

Mikuláš Monoši, Doc., Ing., PhD.

Katedra požiarneho inžinierstva, Fakulta špeciálneho inžinierstva, Žilinská univerzita  
v Žiline, Ul. 1. mája 32, Žilina

041/513 67 58, e-mail: [Mikulas.Monosi@fsi.uniza.sk](mailto:Mikulas.Monosi@fsi.uniza.sk)



Pozvaná prednáška

**PROTIPOŽIARNA BEZPEČNOSŤ STAVIEB – ZLOŽITÉ  
BUDOVY**

**(ALEBO MESTO V MESTE?)**

**FIRE PROTECTION OF BUILDINGS – COMPLICATED  
BUILDINGS (OR CITY IN THE CITY).**

Imrich MIKOLAI

**Abstract**

Complicated buildings, with very large area, with many levels, or poly-functional complex built for building, offices, and culture or rental shops, have very high people density and are full of cars and another traffic facility situated on relatively very small area. Some people are in those building for the first time, and not knowing the environment. And this is the main problem in auxiliary situation (i.e. fire). Nowadays can be auxiliary situation caused not only by the fire, but for example by terroristic aggression or standard energy fail. Humat (health) safety must be concentrated in protection of all the persons, the primary protection against the flames and heat, but also against smoke and combustion gases, that are invisible or undiscoverable by nose. Some of them can be narcotic or even toxic and can directly endanger the human life.

**Keywords:** *building fire safety, fire safety solution, city, evacuation*



## 1. ÚVOD

Projektovanie rozsiahlych, plošne aj výškovo a rozponovo viacúčelových, súborov budov je ešte stále pomerne nový fenomén na Slovensku. Projektovať takýto rozsiahly, zatiaľ napriek nebývalému rozmachu, netradičný súbor budov so súčasnými legislatívnymi nástrojmi – vyhláškami, napr. [1], nadväzujúcimi normami či inými predpismi (napr. aj internými usmerneniami), ktoré má, a často, žiaľ, aj nemá projektant požiarne bezpečnostného riešenia – špecialista požiarnej ochrany – k dispozícii, je veľmi komplikované a často aj nemožné, najmä ak sa majú zosúladiť na jednej strane tradičné nástroje (vyhlášky a normy, ktoré vychádzajú z úplne inej východiskovej situácie, akou je terajší stav na Slovensku) a požiadavky zahraničného investora, ktorý obdobné súbory budov už realizoval v zahraničí a očakáva jej realizáciu aj u nás, s možnosťami našej legislatívy vo vzťahu k požadovanej technológii prevádzky budov, zatiaľ na Slovensku väčšinou atypickej, prevádzky. Preto sa stále častejšie siahajú po európskych normách (EN, prípadne STN EN) resp. po normách ISO/TR, napr. [2] - [9] a začínajú sa zavádzať aj do našej projektovej praxe aj ďalšie netradičné metódy ako je počítačové modelovanie určitých, vybraných, situácií v danej konfigurácii budov, miestností a ich kombinácií. Problematika takýchto rozsiahlych viacúčelových komplexov je o to zložitejšia, že sú vždy ojedinelé, s minimálnou opakovateľnosťou, ale s vysokou koncentráciou osôb na pomerne malej ploche. Tento stav si priamo pýta inžinierske riešenia, žiaľ nie vždy sú akceptovateľné schvaľujúcimi orgánmi štátnej správy.

## 8. PROTIPOŽIARNA BEZPEČNOSŤ BUDOV

Protipožiarna bezpečnosť budovy sa preukazuje projektovou dokumentáciou spracovanou pre každú určenú budovu a musí obsahovať najmä:

- a) členenie budovy na požiarne úseky,
- b) určenie požiarneho rizika,
- c) určenie požiadaviek na stavebné konštrukcie budovy,
- d) zabezpečenie evakuácie osôb a zvierat,
- e) určenie požiadaviek na únikové cesty,



- f) určenie odstupových vzdialeností,
- g) určenie požiarnebezpečnostných opatrení,
- h) určenie zariadení na zásah [1].

Požiadavky na preukazovanie bezpečného riešenia protipožiarnej bezpečnosti budovy sú v poriadku, horšie je to s ich napĺňaním, najmä pri vyššie spomínaných atypických súboroch, ale aj atypických (výškových, plošne rozsiahlych, technologicky náročných) zložitých samostatných budovách.

Uvedené požiadavky [1] sú reálne riešiteľné na území SR najmä so súvisiacimi normami (STN rady 92 02xx), ktoré však “nestíhajú” sledovať celospoločenský rozvoj stavebníctva nielen v Európe ale ani na Slovensku, ale najmenej v úrovni, čo sa týka atypických druhov budov, ich rozlohy, výšky budovy a tým samozrejme aj požiarnej výšky budovy, či už smerom hore nad terén prípadne dole, pod úroveň terénu a v neposlednom rade aj výskytu množstva ľudí na pomerne malej ploche. Sledovanie základných charakteristík požiarov – teploty v priestore alebo na povrchu stavebnej konštrukcie, sledovanie výskytu toxických charakteristík požiaru (CO, CO<sub>2</sub> a pod.) v priestore, znižovania viditeľnosti v čase a v priestore patrí dnes už k základným informáciám, ktoré je možné získať za pomoci modelovania požiaru vo vybranom priestore v čase, so základnými charakteristikami budovy či samotného priestoru, ktoré sú rozhodujúce pre zabezpečenie najmenej bezpečnej evakuácie osadenstva predmetnej budovy ako aj stability budovy ako celku (ľudovo povedané – jazdiť sa dá na Trabante, ale aj na Mercedese – otázka je len v stupni bezpečnosti a ochrany osadenstva budovy).

Vyhláška [1], vzhľadom na svoj charakter “všeobecne záväzného právneho predpisu” veľmi obmedzuje možnosť tvorivého prístupu – **inžinierskeho prístupu – k riešeniu protipožiarnej bezpečnosti zložitej budovy resp. súboru budov**. Mnohé obmedzenia uvedené v [1] vychádzajú v podstate v úrovne vedomostí, ktorá už zďaleka nedosahuje úroveň vedomostí súčasnosti – či už v poznaní chovania sa samotných vlastností stavebných konštrukcií budovy vybavenej požiarne technickými zariadeniami ako sú EPS, SHZ či ZODaT vo vzťahu nielen k statickým vlastnostiam budovy, ale aj k plošnej či podlažnej veľkosti ucelených prevádzok. V neposlednom rade aj posudzovanie evakuácie v podstate zo statickej schémy do aktívnej schémy – za pomoci



časovej čiary je kvalitatívny rozdiel v spôsobe riešenia evakuácie osôb z budov zložitej dispozície či stavebno technického riešenia.

V zmysle súčasnej legislatívy je problém ako napomôžu použité požiarné technické zariadenia – EPS, SHZ ako aj ZODaT napr. na zväčšenie dovolenej plochy požiarného úseku  $S_{max}$ , resp. zníženiu odstupových vzdialeností medzi budovami (problematika prenosu – neprenosu požiaru z jedného požiarného úseku – PÚ – na druhý požiarny úsek vybavený SHZ je čiastočne riešené aj v [1] (žeby prvá lastovička?), pričom v našich predpisoch (STN, vyhlášky) je viacero nejasností, nepresností a tým aj “zneužitelných údajov“ pri samotnom posudzovaní požiarného rizika, či stanovovaní podmienok bezpečného riešenia protipožiarnej bezpečnosti budovy.

Problémom je aj určenie napr. vzájomnej vzdialenosti dvoch schodísk v zmysle § 64 ods. (2) vyhlášky MV SR č. 94/2004 Z. z. – uvedená definícia jednoznačne neurčuje presnú vzájomnú polohu schodísk k budove (rozdiel vo vzťahu k samotným rozmerom a tým aj celej plochy, smeru orientácie alebo tvaru schodiskového priestoru môže mať odchýlku aj viac metrov a rozdiel je viac ako najmenej  $\pm 10\%$ !).

Taktiež je problémom využívanie možnosti zväčšovania dovolenej plochy požiarného úseku  $S_{max}$  na dvojnásobok pri použití SHZ v celom PÚ, čo sa dá napr. vďaka “nepresnosti“ (vedomej?) v STN pomerne slušne aj “zneužiť“ (napr. navrhnuť skoro 20 000 m<sup>2</sup> podzemnej, napr. dnes u nie ojedinelej aj v 4. PP, hromadnej garáže, je na zváženie!!!)

## 9. ZÁVER

Pri používaní súčasných nástrojov riešenia protipožiarnej bezpečnosti budov chýba možnosť inžinierskeho prístupu samotného špecialistu požiarnej ochrany (ŠPO) napr. tak, ako je to u statikov, kde statik berie na seba určité únosné riziko, čo je upreté nám špecialistom požiarnej ochrany; my musíme bezpodmienečne dodržiavať príslušné vyhlášky MV SR, kde sú však mnohé požiadavky určené “natvrdo“, bez možnosti nedodržania – napr. nahradenia iným možným spôsobom riešenia za dodržania najmenej tej istej úrovne bezpečnosti, samozrejme pri dodržaní požadovaného stupňa



ochrany osadenstva budovy. Nie vždy je jasné čo je čomu nadradené – napr. požiadavka § 47 odst. (1), kedy výťahová šachta umiestnená v CHÚC typu “A“ nemusí tvoriť samostatný PÚ, ak spája najviac 7 NP a 1 PP a priestor šachty je oddelený od únikovej cesty konštrukčnými prvkami druhu D1, pričom v zmysle platných “nepožiarnych noriem“ sa do CHÚC typu “A“ – požiarne výška budovy  $^{NP}h_{pv}$  je  $\leq 22,5$  m a umožňuje výskyt nie 7 NP ale až 9 NP – vyvstáva otázka, čo je nadradené – typ CHÚC alebo určený počet NP v ňom, pričom číslo “7“ sa nenachádza nikde, ani v tabuľke 4 STN 92 0201-2/Z1 (tu sa “vyskytujú“ čísla 3, 8, 16 a viac). Bežné bytové domy v uvedenej hodnote charakteru CHÚC typu “A“ obsahujú až 9 NP.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] Vyhláška MV SR č. 94/2004 Z. z., ktorou sa ustanovujú technické požiadavky na protipožiarnu bezpečnosť pri výstavbe a pri užívaní stavieb v znení vyhlášky MV SR č. 225/2012 Z. z.
- [2] ISO/TR 13387/1 Fire safety engineering – Part 1: Application of fire performance concepts to design objectives
- [3] ISO/TR 13387/2 Fire safety engineering – Part 2: Design fire scenarios and design fires
- [4] ISO/TR 13387/3 Fire safety engineering – Part 3: Assessment and verification of mathematical fire models
- [5] ISO/TR 13387/4 Fire safety engineering – Part 4: Initiation and development of fire and generation of fire effluents
- [6] ISO/TR 13387/5 Fire safety engineering – Part 5: Movement of fire effluents
- [7] ISO/TR 13387/6 Fire safety engineering – Part 6: Structural response and fire spread beyond the enclosure of origin
- [8] ISO/TR 13387/7 Fire safety engineering – Part 7: Detection, activation and suppression
- [9] ISO/TR 13387/8 Fire safety engineering – Part 8: Life safety – Occupant behaviour, location and condition
- [10] STN EN 12 101 – 1 Zariadenia na odvod tepla a splodín horenia. Časť 1: Zábrany proti šíreniu splodín horenia
- [11] STN EN 12 101 – 3 Zariadenia na odvod tepla a splodín horenia. Časť 3: Požiadavky na odsávacie ventilátory tepla a splodín horenia



- [12] STN EN 12 101 – 5 Smoke and heat control systems – Part 5: Guidelines on functional recommendations and calculation methods for smoke and heat exhaust ventilation systems.

## **Adresa autora**

Doc. Ing. Imrich Mikolai, PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave,

Stavebná fakulta

Katedra konštrukcií pozemných stavieb

Radlinského 11, 813 68, Bratislava

e-mail: [imrich.mikolai11@gmail.com](mailto:imrich.mikolai11@gmail.com)



## REAKCIA NA OHEŇ SADROVLÁKNITEJ A CEMENTOVLÁKNITEJ DOSKY FERMACELL

### REACTION TO FIRE GYPSUM AND CEMENT BOARDS FERMACELL

Iveta MITTEROVÁ, Mário SITÁR

#### Abstract

Building materials and products are the cornerstone of building structures, strongly influencing both its fire resistance, flame spread rate, smoke production, etc. In this context, it is necessary to devote a considerable attention to the materials and products in terms of fire, as one of the factors necessary for the safe design of building structures.

The paper deals with the assessment and classification of two types of dry construction materials – Fermacell gypsum board and cement board Powerpanel H<sub>2</sub>O, from the reaction to fire. As the test method there was applied the non-combustible test according to the standard EN 1182, the evaluation criteria were: an overall increase in temperature in the furnace, the total weight loss of the test material and the formation of flame burning. The results were compared with the assessment (classification) specified by the manufacturer of the materials.

**Keywords:** *reaction to fire, temperature increase, weight loss, flame burning, gypsum board, cement board*

#### 1. ÚVOD

Pocit bezpečia je jednou zo základných potrieb človeka, preto medzi základné požiadavky staviteľstva patrí aj protipožiarna bezpečnosť stavebných konštrukcií.



Schopnosť stavebnej konštrukcie odolávať účinkom požiaru je vlastnosť, od ktorej je závislá požiarne odolnosť celej stavby, dôležité je preto poznať vlastnosti zvoleného stavebného systému, tzn. vlastností materiálov v ňom použitých.

V súčasnosti, v období, kedy sa kladú veľké nároky na rýchlosť stavebných prác sa stále viac využívajú materiály tzv. suchej výstavby (sadrokartónové, sadrovláknité, cementotrieskové dosky a pod.), používané jednak pri výstavbe nových, ale aj pri rekonštrukcii starších budov a bytov. Štandardnými a dobre známymi vlastnosťami týchto materiálov je popri rýchlosti realizácie, nízka hmotnosť, suchý proces montáže, ľahká opracovateľnosť, nehorľavosť a dobré akustické parametre [5].

Do akej miery sú tieto materiály bezpečné z protipožiarneho hľadiska boli predmetom aj nášho skúmania. Experimentálnym skúškam sme preto podrobili dva materiály určené pre suchú výstavbu, konkrétne sadrovláknité a cementovláknité dosky Fermacell.

## 2. MATERIÁL

### *Sadrovláknitá doska Fermacell*

Výrobnými surovinami sadrovláknitej dosky sú staré sadrovláknité dosky, energosadrovec, prírodný sadrovec, voda a starý papier. Papier sa melie na jemnú vlákninu - buničinu a v hmotnostnom pomere 1:4 sa pridáva do sadry pred výrobou dosky. Sadra a papierové vlákna sa zmiešajú a pod vysokým tlakom sa lisujú do dosák. Jediným odpadovým produktom je vodná para. Sadrovláknité dosky sa vysušia, naimpregnujú prostriedkom odpuďzujúcim vodu a narežú sa na požadovaný formát. Energeticky je výroba nenáročná, nakoľko príprava vstupných surovín a sušenie hotových dosák sa robí pri teplote do 200 °C. Sadra reaguje s vodou, prenikne dovnútra a obalí vlákna, to zaisťuje vysokú pevnosť, tvrdosť a nehorľavosť materiálu. Homogénna štruktúra dosiek prispieva k tomu, že dosky Fermacell sú stabilné, znášajúce vysoké mechanické zaťaženie [6].

Ďalšími pozitívnymi charakteristikami Fermacellu je jeho ekologická nezávadnosť (neobsahuje žiadne spojivá), možnosť jeho použitia vo vlhkých priestoroch (je priedušný), tiež protihluková ochrana a možnosti upevňovania [6].

Vďaka svojej vysokej mechanickej odolnosti sú vhodné na použitie pre nosné stenové konštrukcie na báze dreva. V protipožiarnych konštrukciách nachádzajú

uplatnenie predovšetkým ako požiarne odolné steny, podhl'ady, stropy, strechy, šachtové steny, obklady stĺpov, nosníkov, nosných konštrukcií drevostavieb, oceľových konštrukcií atď. [6].

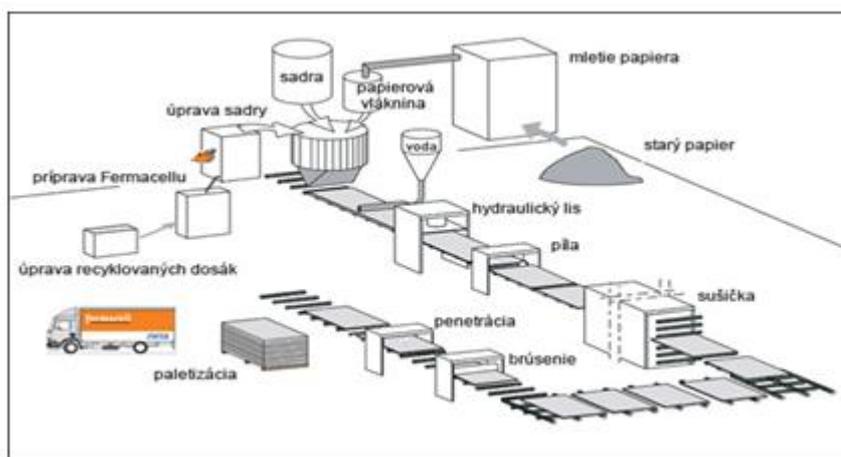
Niektoré fyzikálne, mechanické a požiarnotechnické vlastnosti sadrovláknitých dosiek Fermacell sú uvedené v tabuľke 1, suroviny a výrobný postup je znázornený na obr. 1.

**Tabuľka 1 Fyzikálne, mechanické a požiarnotechnické vlastnosti dosiek Fermacell [8]**

**Table 1: Physical, mechanical and fire-fighting properties boards Fermacell [8]**

### Charakteristické hodnoty

objemová hmotnosť	1150 ± 50 kg/m <sup>3</sup>
súčiniteľ difúzneho odporu [μ]	13
tepelná vodivosť [λ <sub>R</sub> ]	0,32 W/mK
merná tepelná kapacita [c]	1,1kJ/kgK
tvrdosť (Brinellova skúška)	30 N/m <sup>3</sup>
napúčanie po 24 hodinách uloženia vo vode	< 2 %
súčiniteľ tepelnej rozťažnosti	0,001%/K
rozťažnosť/zmršťovanie pri zmene relatívnej vlhkosti o 30 % pri ustálená vlhkosť pri 65 % relatívnej vlhkosti a 20 °C	0,25 mm/m
trieda reakcie na oheň (STN EN 13501-1)	A2
hodnota pH	7-8



**Obr. 1 Schéma výrobného procesu sadrovláknitej dosky [9]**

**Fig. 1 Scheme of gypsum board manufacturing process [9]**



## *Cementovláknitá doska – Powerpanel H<sub>2</sub>O*

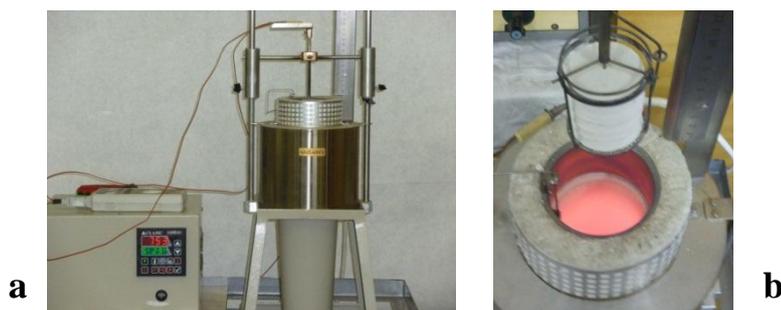
Powerpanel H<sub>2</sub>O je cementom spojená doska z ľahkého betónu so sendvičovou štruktúrou a obojstrannou výstuhou pod kryciami vrstvami s alkalicky rezistentnou sklovláknitou tkaninou (5 mm x 5 mm). Cementovláknitá doska je cementosivej farby, netoxická, ekologicky nezávadná a nehorľavá. Je odolná voči vetru a poveternostným vplyvom, pri zmene vlhkosti alebo teploty vykazuje len minimálne zmeny. Pri malej hmotnosti sú veľmi stabilné a pevné voči mechanickému namáhaniu.

Dosky Powerpanel H<sub>2</sub>O možno aplikovať pre odvetrávané fasády s drevenou, kovovou alebo aj hliníkovou nosnou konštrukciou, podkladom môžu byť nosné materiály, napr. drevo alebo betón. Tiež sa môže používať napr. v domácej kúpeľni, v sanitárnych priestoroch a pod. [7].

### **3. TESTOVACIA METÓDA**

Experiment bol vykonaný podľa skúšobného postupu stanoveného v STN EN 1182 – *skúška nehorľavosti* [1]. Pomocou tejto skúšky sa určujú výrobky, ktoré neprispievajú alebo významne neprispievajú k požiaru bez ohľadu na ich konečné používanie. Skúška sa používa pri triedach A1, A2, A1<sub>fl</sub>, A2<sub>fl</sub>, A1<sub>L</sub>, A2<sub>L</sub>. Zariadenie je znázornené na obr. 2a.

Skúšobným zariadením je pec v tvare valca, ktorej hlavnou časťou je žiaruvzdorná rúra ovinutá vyhrievacou cievkou a je uzavretá v izolačnom obale. Na spodku pece je namontovaný kužeľovitý stabilizátor prúdenia vzduchu a na vrchu clona proti prúdiacemu vzduchu. Teplota je snímaná pecným termočlánkom a termočlánkami skúšobného telesa. Pec je inštalovaná na stojane a je vybavená držiakom vzorky (viď obr. 2b) a zariadením na zasúvanie držiaka vzorky do stredu rúry pece.



Obr. 2 Skúšobné zariadenie STN EN 1182 (foto autora)

a) fotografia zariadenia, b) držiak vzorky zariadenia

Fig. 2 Test equipment BS EN 1182 (author's photo)  
a) a photograph facility, b) the sample holder device

## Skúšobný postup

Pripravená a kondicionovaná vzorka valcovitého tvaru s priemerom 45 mm a výškou 50 mm sa vloží do nosiča vzorky zaveseného na jeho držiaku. Nosič vzorky sa umiestni do pece do definovanej polohy. Okamžite po vložení vzorky do pece sa zapne časomerné zariadenie. Skúška sa vykonáva počas 30 minút, pri teplote 750 °C. Priebežne sa zaznamenávajú teploty v blízkosti vnútorného povrchu pece, na povrchu skúšobného telesa a v jeho strede. Vizualne sa zisťuje prípadný vznik plameňového horenia, s vykonaním časového záznamu jeho trvania, so záznamom teplotných zmien. Pri tomto teste sa za trvalé plameňové horenie sa považuje také, ktoré trvá minimálne 5 s.

## Vyjadrenie výsledkov

*Úbytok na hmotnosti:* vypočíta a zaznamená sa úbytok na hmotnosti pre každú testovanú vzorku a vyjadrí sa ako percento z pôvodnej hmotnosti vzorky.

*Plameňové horenie:* vypočíta a zaznamená sa celkový čas trvalého plameňového horenia v sekundách pre každú testovanú vzorku.

*Zvýšenie teploty (zaznamenané termočlánkom):*  $\Delta T = T_m - T_f$  (°C)

kde:

$T_m$  maximálna teplota termočlánku v peci kdekkoľvek v priebehu celého trvania skúšky,

$T_f$  konečná teplota termočlánku v peci, ktorá je priemernou teplotou v priebehu poslednej 1 minúty trvania skúšky.

Pre klasifikáciu stavebného výrobku a jeho zatriedenie slúžia medzné hodnoty nameraných veličín, ktorými sú:

<i>teplotný nárast v peci</i>	max. 30 °C	– pre triedu reakcie na oheň A1
	max. 50 °C	– pre triedu reakcie na oheň A2
<i>plamenné horenie</i>	nesmie nastať	– pre triedu reakcie na oheň A1
	max. 20 s	– pre triedu reakcie na oheň A2
<i>celkový hmotnostný úbytok</i>	max. 50 %	– pre triedu reakcie na oheň A1, A2

## 4. VÝSLEDKY

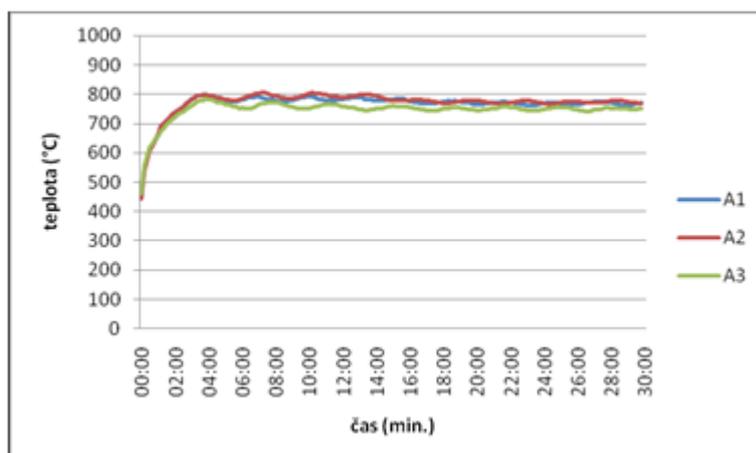
Podľa STN EN 13501-1+A1 [4], hlavnými hodnotiacimi kritériami pri skúške nehorľavosti je  $\Delta T$  – nárast teploty v peci,  $\Delta m$  – úbytok hmotnosti testovaných materiálov a výrobkov a  $t_f$  – horenie plameňom. Podľa uvedených kritérií boli vyhodnocované aj nami testované materiály: sadrovláknitá doska (označenie A) a cementovláknitá doska (označenie B), pričom z obidvoch materiálov sú hodnotené tri skúšobné vzorky. Výsledky hodnotenia sú prezentované tabuľkovou a grafickou formou.

### Vyhodnotenie sadrovláknitej dosky *Fermacell*

Výsledky hodnotenia dokumentuje tabuľka 2 a obrázok 3.

**Tabuľka 2** Nárast teploty v peci a úbytok hmotnosti sadrovláknitej dosky *Fermacell*  
**Table 2** Increase the oven temperature and weight loss of gypsum board *Fermacell*

Vzorka	Nárast teploty v peci (°C)			Úbytok hmotnosti (%)			Plamenné horenie (s)
	$T_m$ (°C)	$T_f$ (°C)	$\Delta T$ (°C)	$m_1$ (g)	$m_2$ (g)	$\Delta m$ (%)	
A1	799,00	766,15	32,85	84,87	58,99	30,49	–
A2	804,40	770,53	33,47	86,70	60,28	30,47	–
A3	785,00	748,61	36,39	90,60	63,80	29,58	–
			<b>34,24</b>			<b>30,18</b>	



Obr. 3 Grafické znázornenie priebehu teploty meranej termočlánkom v peci pri teste vzoriek sadrovláknitej dosky

Fig. 3 Graphical representation of temperature measured by a thermocouple in the furnace in the test samples gypsum board

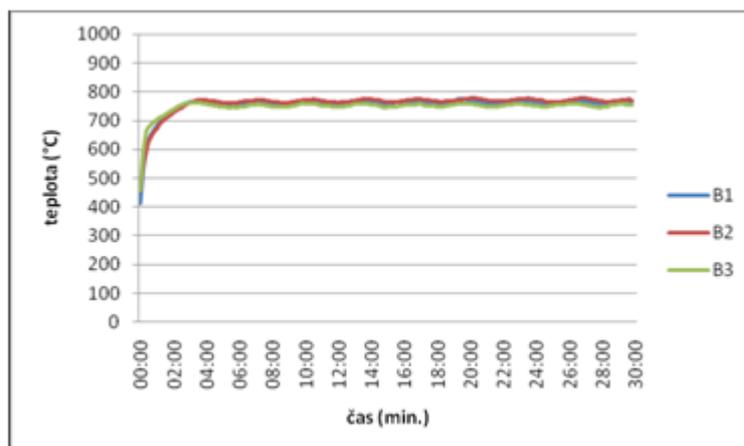
### Vyhodnotenie cementovláknitej dosky *Powerpanel H<sub>2</sub>O*

Výsledky hodnotenia dokumentuje tabuľka 3 a obrázok 4.

Tabuľka 3 Nárast teploty v peci a úbytok hmotnosti cementovláknitej dosky *Powerpanel H<sub>2</sub>O*

Table 3 Increase the oven temperature and weight loss cement board *Powerpanel H<sub>2</sub>O*

Vzorka	Nárast teploty v peci (°C)			Úbytok hmotnosti (%)			Plamenné horenie (s)
	T <sub>m</sub> (°C)	T <sub>f</sub> (°C)	ΔT (°C)	m <sub>1</sub> (g)	m <sub>2</sub> (g)	Δm (%)	
B1	775,90	769,08	6,82	67,86	59,55	12,25	–
B2	777,90	770,00	7,90	74,44	65,26	12,33	–
B3	762,70	756,00	6,70	68,53	60,21	12,14	–
			<b>7,14</b>			<b>12,24</b>	



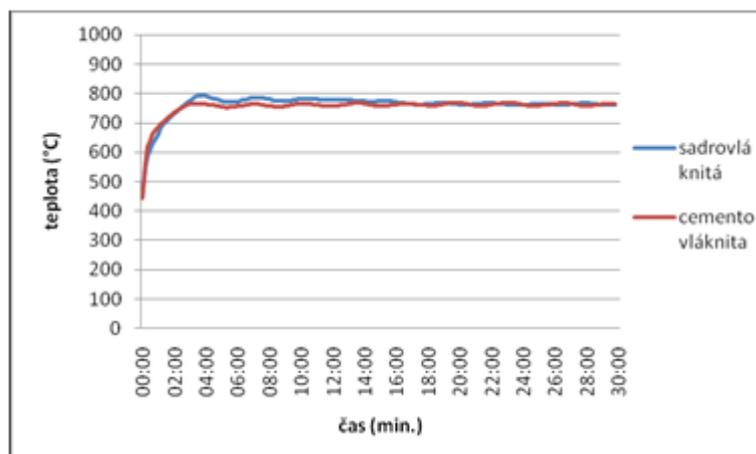
Obr. 4 Grafické znázornenie priebehu teploty meranej termočlánkom v peci

pri teste vzoriek cementovláknitej dosky

FIG. 4 Graphical representation of temperature measured by a thermocouple in the furnace in the test samples cement board

## Vzájomné porovnanie výsledkov

Na obrázku 5 je zobrazené vzájomné porovnanie priebehu priemerných teplôt pecného termočlánku sadrovláknitej a cementovláknitej dosky. Porovnanie priemerných hodnôt nameraných veličín oboch testovaných materiálov s medznými hodnotami podľa STN EN 13 501-1 + A1 je znázornené v tabuľke 4.



Obr. 5 Grafické porovnanie priebehu priemerných teplôt termočlánku v peci oboch testovaných materiálov

Fig. 5 Graphical comparison of average temperatures over the thermocouple in the furnace both tested materials

Tabuľka 4 Porovnanie priemerných hodnôt nameraných veličín testovaných materiálov s medznými hodnotami podľa STN EN 13 501-1 + A1

Table 4 Comparison of mean values of measured quantities of test materials with the limit values according to EN 13501-1 + A1

hodnotiace kritériá	medzné hodnoty podľa STN EN 13501-1+A1		sadrovláknitá doska	cementovláknitá doska	klasifikácia	
	A1	A2			sadrovláknitá doska	cementovlákn. doska
$\Delta T$ (°C)	$\leq 30$	$\leq 50$	34	7	A2	A1
$\Delta m$ (%)	$\leq 50$	$\leq 50$	30	12		
$t_f$ (s)	0	20	0	0		

## 5. DISKUSIA A ZÁVER

Cieľom našej práce bolo experimentálne overiť a porovnať reakciu na oheň dvoch druhov materiálov – sadrovláknitej a cementovláknitej dosky a to prostredníctvom skúšky nehorľavosti podľa STN EN 1182.

Z výsledkov prezentovaných v tabuľkách 2,3 a 4 ako aj na obrázkoch 3,4 a 5, kde sú uvedené materiály hodnotené z hľadiska nárastu teploty v peci ( $\Delta T$ ), úbytku hmotnosti ( $\Delta m$ ) a plamenného horenia ( $t_f$ ) možno konštatovať, že pri porovnaní priemerných hodnôt  $\Delta T$  a  $\Delta m$ , lepšie výsledky zaznamenali vzorky cementovláknitej dosky, nakoľko priemerná hodnota nárastu teploty v peci bola o 27 °C nižšia oproti priemernej hodnote teploty v peci vzoriek sadrovláknitej dosky a tiež priemerná hodnota úbytku hmotnosti cementovláknitej dosky bola o 18 % nižšia v porovnaní so sadrovláknitou doskou. Tieto výraznejšie rozdiely si vysvetľujeme v súvislosti so zložením jednotlivých materiálov. Sadrovláknitá doska je zložená z papiera, vody a sadry. Tá obsahuje veľké množstvo kryštalicky viazanej vody, ktorá sa pri vyšších teplotách odparuje, čo mohlo spôsobiť zníženie hmotnosti. Čo sa týka hodnotenia testovaných materiálov z hľadiska plameňového horenia, ani pri jednom materiáli nebolo pozorované.



Ak porovnáme nami dosiahnuté výsledky meraných veličín ( $\Delta T$ ,  $\Delta m$  a  $t_f$ ) s medznými hodnotami týchto veličín podľa STN EN 13 501-1+A1 (viď tabuľka 4), môžeme konštatovať, že sadrovláknitá doska Fermacell pri skúške nehorľavosti splnila kritériá pre klasifikáciu do triedy reakcie na oheň A2 a cementovláknitá doska Powerpanel H<sub>2</sub>O splnila kritériá pre klasifikáciu do triedy reakcie na oheň A1.

Naše experimentálne práce, vykonané za účelom ohodnotenia sadrovláknitej a cementovláknitej dosky z hľadiska reakcie na oheň skúškou nehorľavosti, tak vlastne potvrdili zhodu s klasifikáciou, ktorú uvádza výrobca týchto materiálov. Samozrejme, aby mohli získať uvedené materiály túto klasifikáciu, musia podľa STN EN 13 501-1+A1 okrem skúšky nehorľavosti vyhovieť ešte aj testu podľa STN EN 1716 [2] (pri triede A1) a testu podľa STN EN 13823 [3] (pri triede A2).

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] STN EN 1182: 2010 Skúšky reakcie stavebných výrobkov na oheň. Skúška nehorľavosti.
- [2] STN EN 1716: 2010 Skúšky reakcie stavebných výrobkov na oheň. Stanovenie spalného tepla.
- [3] STN EN 13823: 2011 Skúšky reakcie stavebných výrobkov na oheň. Stavebné výrobky okrem podlahových krytín vystavené pôsobeniu osamelého horiaceho predmetu (tzv. SBI test).
- [4] STN EN 13 501-1+A1: 2010 Klasifikácia požiarnych charakteristík stavebných výrobkov a prvkov stavieb. Časť 1: Klasifikácia využívajúca údaje zo skúšok reakcie na oheň.
- [5] <http://www.asb.sk/nazory/anketa-sucha-vystavba-sa-chysta-do-exterioru-4561.html>
- [6] <http://www.fermacell.cz/cz/content/sadrovlaknite-desky-fermacell.php>
- [7] <http://www.fermacell.sk/sk/content/fermacell-powerpanel-h2o.php>
- [8] <http://www.fermacell.sk/sk/content/stavebne-a-fyzikalne-vlastnosti.php>
- [9] <http://www.fermacell.sk/sk/content/suroviny-a-sposob-vyroby.php>

## Adresa autora

Ing. Iveta Mitterová, PhD.

Katedra protipožiarnej ochrany

Drevárska fakulta Technickej univerzity vo Zvolene

T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

e-mail: [mitterova@tuzvo.sk](mailto:mitterova@tuzvo.sk)



Pozvaná prednáška

**IMPLEMENTÁCIA PROGRAMU BBS AKO NÁSTROJA  
NA ZVÝŠENIE ÚROVNE BEZPEČNOSTI A OCHRANY  
ZDRAVIA PRI PRÁCI**

**IMPLEMENTATION OF THE BBS AS A TOOL TO  
IMPROVE THE SAFETY AND OCCUPATIONAL HEALTH**

Anna NAGYOVA, Zuzana KOTIANOVÁ

**Abstract**

This article represents a reflection and comparison of the efficiency and functionality of standard OSHA systems and it describes the approach commonly applied in this area. The increase of the safety level depends on multiple factors. The legislative support, management awareness, staff's knowledge levels, and not least, the willingness and competencies of the organization's employees represent indicators significantly affecting the successful implementation of new approaches.

The creation of the environment where the occupational health and safety becomes matter-of-course is emphasized by mutual relationships between management and employees. Therefore, stress should be laid not only on proper motivation but mainly on mutual communication. The functionality of numerous implemented management systems fails due to the underestimation of the quality and quantity of information crucial for the identification of dangers and threats. The BBS program provides for the efficient monitoring of dangerous activities for each profession. However, like other approaches, if misinterpreted, this approach shall become a burden without any effects increasing the level of safety at work.

This article represents a reflection and comparison of the efficiency and functionality of standard OSHA systems and it describes the approach commonly applied in this area.



**Keywords:** *program, safe behavior, implementation*

## 1. ÚVOD

Podstata úspešného manažérstva bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci (BOZP) spočíva v konaní a komunikácii vedenia v súvislosti so spôsobom, ako pracovníci na všetkých úrovniach chápu a „cítia“ vysoké štandardy a očakávania svojich nadriadených a či akceptujú ich záväzok ako pevný a nefalšovaný. Ak si zamestnanci myslia, že vedenie demonštruje svoj záväzok k bezpečnosti iba preto, lebo je to politicky korektné, avšak v skutočnosti sú ich rozhodnutia ovplyvnené iba výrobou alebo nákladmi, potom budú danú demonštráciu pokladať za niečo, čo ich obmedzuje, a budú cynickí voči bezpečnostným iniciatívam firmy. Okrem povinných legislatívnych požiadaviek, organizácie často krát siahajú po implementácii programov, ktoré by im pomohli pri prevencii voči vzniku nežiaducich udalosti. Program bezpečnosť založená na správaní *angl. Behavior Based Safety (BBS)* sa orientuje na človeka a jeho správanie ako základnej príčiny vzniku nežiaducej udalosti pri fungujúcom systéme manažérstva BOZP. Cieľom tohto programu je zvýšiť úroveň bezpečnosti a zamedziť vzniku pracovných úrazov tým, že pomocou pozitívneho ovplyvňovania sa zabráni nebezpečnému konaniu. Preto by tento program mal byť chápaný ako „*pridaná hodnota manažérskeho systému*“, pričom bezpečnosť založená na správaní:

- je excelentný nástroj zbieranie údajov o kvalite manažérstva BOZP,
- je systém nekompromisnej zodpovednosti,
- ak je vhodne zavedená, smeruje k vytvoreniu ozajstnej proaktívnej kultúry BOZP, v ktorej je prevencia strát (vrátane úrazov) najdôležitejšou hodnotou.
- je pojmovo ľahko pochopiteľná, ale ťažko sa zavádza a udržiava.

**„Cieľom implementácie BBS je zvýšiť správanie založené na bezpečnosti a znížiť úrazy prostredníctvom vhodne zvolenej motivácie.“**



## 2. ĽUDSKÉ CHYBY AKO JEDEN ZO ZDROJOV VZNIKU NEŽIADUCEJ UDALOSTI

Impulzom, prečo sa organizácie snažia zavádzať tento program je niekoľko. Cieľ ale ostáva stále jeden. Ochrániť zamestnancov a znížiť ich úrazovosť prostredníctvom programu založeného na troch základných pilieroch:

1. zapojenia všetkých zamestnancov,
2. vhodne zvolenej motivácie,
3. dodržiavania „bezpečného správania sa“.

Dodržiavanie týchto pilierov má jedného spoločného menovateľa, ktorým je ľudský potenciál a jeho spoľahlivosť uplatňovať zásady stanovené v programe. Spoľahlivosť zamestnancov pri zohľadnení je obvykle definovaná ako pravdepodobnosť, že človek bude správne vykonávať určitú požadovanú činnosť, počas stanovenej doby bez konania akýchkoľvek vedľajších aktivít, ktoré by mohli ovplyvniť spoľahlivosť celého systému. V praxi je kvantitatívne vyjadrenie spoľahlivosti človeka, okrem odhadu pravdepodobnosti zlyhania (Human Error Probability – HEP), možné vyjadriť aj ako ukazovateľ intenzity ľudských chýb na jeden milión vykonaných operácií, tzv. Basic Error Rates (BER) – Tab.1.

**Tab.1 Príklady vyjadrenia intenzity a pravdepodobnosti ľudskej chyby**

**Table 1 Examples of expression intensity and the likelihood of human error**

Typ ľudskej chyby	BER	HEP
Nesprávne pochopenie pracovnej inštrukcie	64500	$6,45 \cdot 10^{-2}$
Nesprávna montáž krúžkov	66700	$6,67 \cdot 10^{-2}$
Zlé nastavenie mechanického spojenia	16700	$1,67 \cdot 10^{-2}$
Nedostatočne utiahnuté ventily na potrubí	104	$1,04 \cdot 10^{-4}$
Nedostatočne dotiahnuté matice a skrutky	500	$5,0 \cdot 10^{-4}$
Nekvalitne vyrobené ventily a klapky (nesprávne rozmery)	2083	$2,083 \cdot 10^{-3}$
Zabudnuté súčiastky v spojoch	1000	$1,0 \cdot 10^{-3}$



Úroveň spoľahlivosti človeka v pracovnom prostredí závisí od troch základných faktorov:

- *fyzických vlastností,*
- *psychických daností a*
- *vedomostnej úrovni.*

Obecne je možné definovať závislosť medzi spoľahlivosťou človeka a prvkami, ktoré ju ovplyvňujú nasledovne:

- ***vnútorné vplyvy,***
- ***vonkajšie vplyvy, resp. vplyvy prostredia,***
- ***stres.***

**Vnútorné vplyvy** – predstavujú základné charakteristické individuálne danosti, patri sem napr.:

- Motivácia – *chce* človek vykonávať úlohu správne?
- Psychická schopnosť – vykonávať danú činnosť.
- Mentálna schopnosť – základné inteligenčné predpoklady pre danú prácu.
- Temperament – ako dlho je schopný človek zotrvať pokojný pri pôsobení stresu pri vykonávaní danej činnosti.
- Koncentrácia – schopnosť človeka vylúčiť iné pôsobenia pri vykonávaní požadovanej činnosti.
- Rýchlosť reakcie – s akou je schopný človek reagovať pri ohrození alebo havárií.
- Vedomosti – je ich úroveň dostatočná pre výkon danej činnosti?

**Vonkajšie vplyvy** – predstavujú súbor vplyvov prostredia, v ktorom pracovník vykonáva danú činnosť. Patria sem fyzikálne, organizačné a osobné faktory. Pričom *fyzikálne* sa týkajú najmä kvality pracovného prostredia, t.j. teploty, vlhkosti, hluku, denná/ nočná zmena, chemická expozícia vibrácie a pod.



**Stres** patrí v súčasnosti medzi najviac rozpracovávané zaťaženia. Je vnímaný ako pozitívny ale aj negatívny aspekt vo vzťahu k požadovanému výkonu človeka. Jedná sa napr. o fyziologické a psychologické stresory – strach, monotónnosť práce, preťaženie a pod.

**Chyba človeka** sa tiež definuje ako nespĺnenie stanovenej úlohy (alebo vykonanie zakázanej činnosti), ktoré môže byť príčinou poruchy zariadenia alebo narušenia normálneho chodu plánovaných operácií.

### 3. FILOZOFIA PROGRAMU BBS

Program bezpečnosť založená na správaní *angl. Behavior Based Safety (BBS)* sa orientuje na človeka a jeho správanie ako základnej príčiny vzniku nežiadúcej udalosti pri fungujúcom systéme manažérstva BOZP. Cieľom tohto programu je zvýšiť úroveň bezpečnosti a zamedziť vzniku pracovných úrazov tým, že pomocou pozitívneho ovplyvňovania sa zabráni nebezpečnému konaniu. Preto by tento program mal byť chápaný ako „*pridaná hodnota manažérskeho systému*“.

Bezpečnosť založená na správaní je kombinácia 3 *merateľných faktorov*:

1. človek,
2. prostredie,
3. správanie.

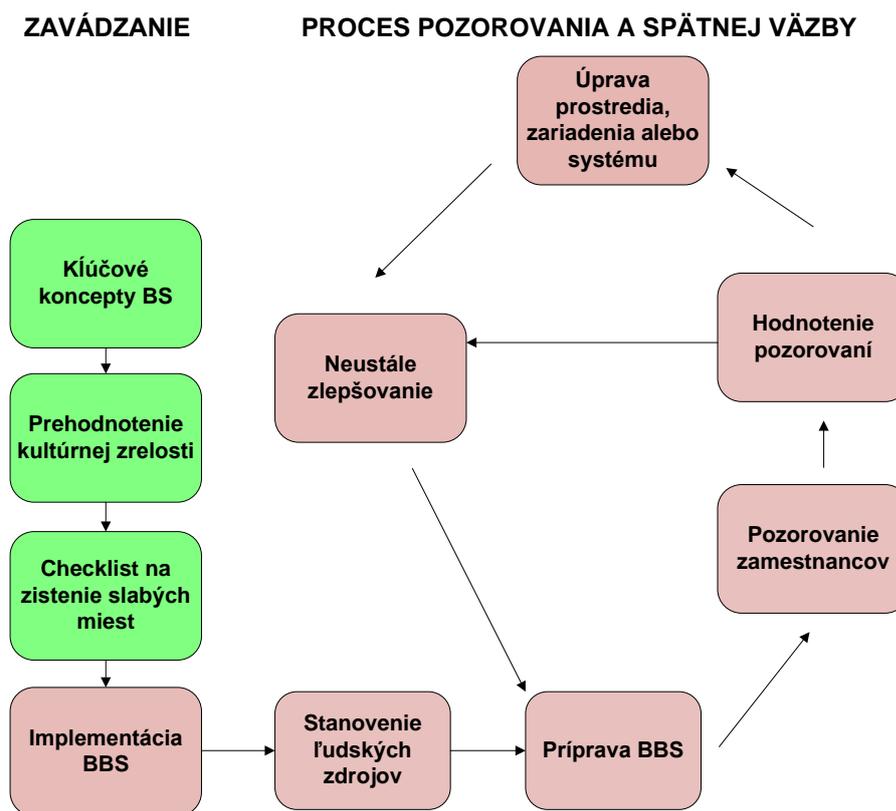
Iba keď tieto 3 faktory sú kombinované na pracovnom mieste, môžu byť nehody na pracovisku eliminované.

Tento program má svoju základnú líniu krokov implementácie (obr. 1), ale tá nesmie byť chápaná ako záväzná. Aby mohol program plniť svoj účel, je potrebné prispôbovať program podmienkam podniku, v ktorom sa zavádza.

*Postup zavádzania je rozdelený do 4 základných častí:*

- kľúčové koncepty bezpečnostného správania – prijatie filozofie, dobrý stav systému manažérstva BOZP a pozorovanie správania,
- zhodnotenie kultúrnej zrelosti a zhody s legislatívnymi požiadavkami,

- posilnenie pripravenosti – checklist na zistenie slabých miest,
- implementácia programu BBS do organizácie – podpora a rokovanie manažmentu, určenie pozorovateľov, školenie bezpečného správania, identifikácia nebezpečného správania, pozorovanie a spätná väzba, ciele zlepšenia správania, hodnotenie výkonu.



Obr. 1 Postup zavádzania programu BBS

Fig. 1 Procedure for the deployment of BBS

Tento program je založený na zapájaní a vzdelávaní všetkých zamestnancov, pretože bezpečnosť je osobnou zodpovednosťou každého jednotlivca. Ide o zmenu nebezpečného správania na bezpečné bez odchylenia pozornosti od analyzovania prečo sa ľudia správajú nebezpečne. Preto zahŕňa preventívne opatrenia proti vzniku incidentov a úrazov. Snaží sa pomenovať koreňové príčiny nebezpečného správania, odstrániť zistené ohrozenia, a ak to nie je možné, účinne pred nimi chrániť.



## 4. FÁZY IMPLEMENTÁCIE PROGRAMU BBS

### Príprava BBS

V prvotnej fáze je nutné identifikovať ciele a stanoviť časový harmonogram celej prípravy implementácie. Prvý krok plánovania je určenie pracovnej skupiny, ktorá bude zodpovedať za implementáciu BBS. Pri definovaní časového harmonogramu implementácie BBS sa musí vychádzať z analýzy súčasného stavu z pohľadu kultúry bezpečnosti. Práve výsledok z tejto analýzy významným spôsobom ovplyvňuje časový rozsah implementácie. Podstatou BBS je pozorovanie zamestnancov a identifikovanie nebezpečných činností. Aby bolo toto pozorovanie objektívne a malo svoju pridanú hodnotu, musia byť určené:

- pracovný tím pozorovateľov,
- počet pozorovateľov,
- kompetencie pozorovateľov (kódex),
- kontrolné listy na pozorovanie (check listy),
- program (frekvencia a miesto) pozorovaní.

### Pozorovanie zamestnancov

Hlavným cieľom pozorovania je sústrediť sa na správanie, ktoré zvyšuje riziko vzniku negatívneho javu. Má pomôcť zamestnancom, aby mysleli bezpečne, aby ich konanie bolo vždy v súlade s bezpečnými postupmi. Nabáda ich prijímať osobnú zodpovednosť za svoje konanie, ktorým môžu ovplyvniť svoju bezpečnosť, ale aj svojich spolupracovníkov. V organizáciách môže pozorovaniu predchádzať aj vytvorenie zoznamu nebezpečných správania a príčin ich vzniku. Ten vychádza z príkladov nebezpečného správania, vytvoreného na základe informácií získaných zo správ o nehodovosti, pohovoroch a pozorovaniach. Na základe týchto údajov sa môže ako pomôcka vytvoriť zoznam, resp. algoritmus bezpečného správania. Ten by sa mal stať súčasťou pracovného postupu. Všetky odchýlky v správaní zamestnanca počas výkonu pracovnej činnosti pozorovateľ posúdi z hľadiska bezpečnosti a v prípade, že správanie posúdi za nebezpečné, urobí záznam do kontrolného listu (checklistu).



## Hodnotenie pozorovaní

Každé identifikované nebezpečné správanie musí pozorovateľ konzultovať s pozorovaným zamestnancom prekonzultovať. Zamestnanec musí dostať priestor na to, aby vysvetlil svoje (nebezpečné) správanie. Pozorovateľ konzultáciou získava okamžitú spätnú väzbu a môže tak ľahšie identifikovať príčiny nebezpečného správania zamestnanca. Spätná väzba by mala byť postavená na pozitívnej motivácii (napr. pochvala udelená verejne), ktorá by zamestnancov viedla k dodržiavaniu pravidiel bezpečného správania.

Hodnotenie pozorovania je porovnávanie správania sa zamestnanca pri výkone svojich pracovných činností s tým, ako sa očakáva, že bude prácu vykonávať. Veľmi dôležitú úlohu v tomto prípade zohrávajú pracovné postupy, či inštrukcie. Ak nie sú vhodne spracované, samé môžu navádzať k nebezpečnému správaniu zamestnanca. Jedno pozorovanie = žiadne pozorovanie. Opakované pozorovania prinášajú skutočný obraz o úrovni bezpečnosti (správaní zamestnancov) na pracovisku. Opakované pozorovania rôznymi pozorovateľmi majú svoj význam aj z pohľadu vylúčenia subjektívnosti a zaujatosti pozorovateľov voči zamestnancom. Sumarizovanie výsledkov z pozorovaní je vstupom do neustáleho zlepšovania definovaním nápravných a preventívnych opatrení.

## Neustále zlepšovanie

Na základe spätnej väzby, ktorá bezprostredne po pozorovaní nastane medzi pozorovateľom a zamestnancom môže byť ľahko identifikovaný problém – príčina odhaleného nebezpečného správania sa zamestnanca. Je stále na zvážení pozorovateľa, či príčinou je individuálne zlyhanie a nedodržanie pracovných inštrukcií zamestnancom, alebo má príčina hlbšie korene. Práve analýzou príčin nebezpečného správania sa zamestnancov možno určiť nápravné opatrenia, prípadne preventívne opatrenia.

Implementácia BBS si vyžaduje **zmenu predovšetkým v myslení zamestnancov**, schopnosť presvedčiť ich, že je to nový nástroj, ktorý nie je orientovaný na zvýšenie pracovnej výkonnosti ale o nástroj, **ktorý má zaručiť orientáciu na bezpečné správanie predchádzajúce zraneniam**.



## 5. ZÁVER

Efektívne fungovanie BBS sa nekončí jeho implementáciou. Organizácia sa v čase mení (vyvíja) – mení sa technológia, zamestnanci, pracovné postupy (inštrukcie) - pracovné podmienky, čo bude mať dopad aj na zmenu správania sa zamestnancov. Pre trvalé zlepšovanie systému a dosahovanie cieľov je nutné pozorovania pravidelne vykonávať a následne preskúmať z hľadiska aplikovaných zmien v organizácii.

Výhoda BBS je, že nemá pevne stanovený postup realizácie, ale môže sa vhodne nastaviť pre špecifické podmienky organizácie. Faktorom úspešnosti BBS je to, aby pozorovatelia vedeli dynamicky využívať poznatky z oblasti ľudského správania sa a zachovania objektívnosti – nestrannosti pri posudzovaní.

*Príspevok bol vypracovaný v rámci projektu APVV - 0337 - 11 Výskum nových a novo vznikajúcich rizík priemyselných technológií v rámci integrovanej bezpečnosti ako predpoklad pre riadenie trvalého rozvoja.*

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

1. Kotianová, Z., Pačaiová, H., Typčuková, D.: Bezpečnosť založená na správaní / - 2011. - 1 elektronický optický disk (CD-ROM). In: Aktuálna otázky bezpečnosti práce : 24. medzinárodná konferencia : 14. - 16.11.2011, Štrbské Pleso. 6 s.. - ISBN 978-80-553-0764-0
2. Pačaiová, H., Nagyová, A., Markulik, Š.: BBS program (behavior based safety) - Way to raising the level of health and safety in practice / - 2012. - 1 elektronický optický disk (CD-ROM). In: AHFE 2012 4th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics : 21. - 25. July 2012, San Francisco. P. 2097-2104. - ISBN 978-0-9796435-5-2
3. Mikloš, V., Šolc, M.: Zabezpečovanie kvality prostredníctvom zvyšovania spoľahlivosti ľudského činiteľa / - 2011. - 1 elektronický optický disk (CD-ROM). In: Bezpečnosť - Kvalita - Spoľahlivosť : 5. medzinárodná vedecká konferencia : zborník. - Košice : TU, 2011 S. 171-175. - ISBN 978-80-553-0612-4
4. McSween, T., Value, E.: Based Safety Process, Improving Your Safety Culture with Behaviour – Based Safety, Second Edition, 2003 a John Wiley & Sons, Inc., Publication, ISBN 0-471-22049-3.



5. Pačaiová, H., Sinay, J., Glatz, J.: Bezpečnosť a riziká technických systémov, Sjf TU Košice, 2009, ISBN 978 - 80 -553 -0180-8.

## **Adresa autorov**

Ing. Anna Nagyová, PhD.

Katedra bezpečnosti a kvality produkcie

Strojnícka fakulta, Technická univerzita Košice

Letná 9, 042 00 Košice

e-mail: [anna.nagyova@tuke.sk](mailto:anna.nagyova@tuke.sk)

Ing. Zuzana Kotianová, PhD.

Katedra bezpečnosti a kvality produkcie

Strojnícka fakulta, Technická univerzita Košice

Letná 9, 042 00 Košice

e-mail: [zuzana.kotianova@tuke.sk](mailto:zuzana.kotianova@tuke.sk)



Pozvaná prednáška

## RÝCHLOSŤ ODHORIEVANIA ALKOHOLOV A PRETEPLENIE KVAPALINY V NÁDOBE

## THE BURNING RATE OF ALCOHOLS AND OVERHEATING OF THE LIQUID

Miroslav NOVOTNÝ, Jozef MARTINKA

### Abstrakt

The article deals with the influence of changes in the diameter of the vessel, the physico-chemical properties of the combustion velocity and temperature of the liquid. Combustion was carried out in containers with a diameter of 18-94 mm with selected alcohols: ethanol, methanol, denatured ethanol and isopropanol. The temperature was recorded four thermocouples. Readings are confronted with the results of international studies.

**Kľúčové slová:** *burning rate of liquid, ethanol, methanol, denatured ethanol and isopropanol*

### ÚVOD

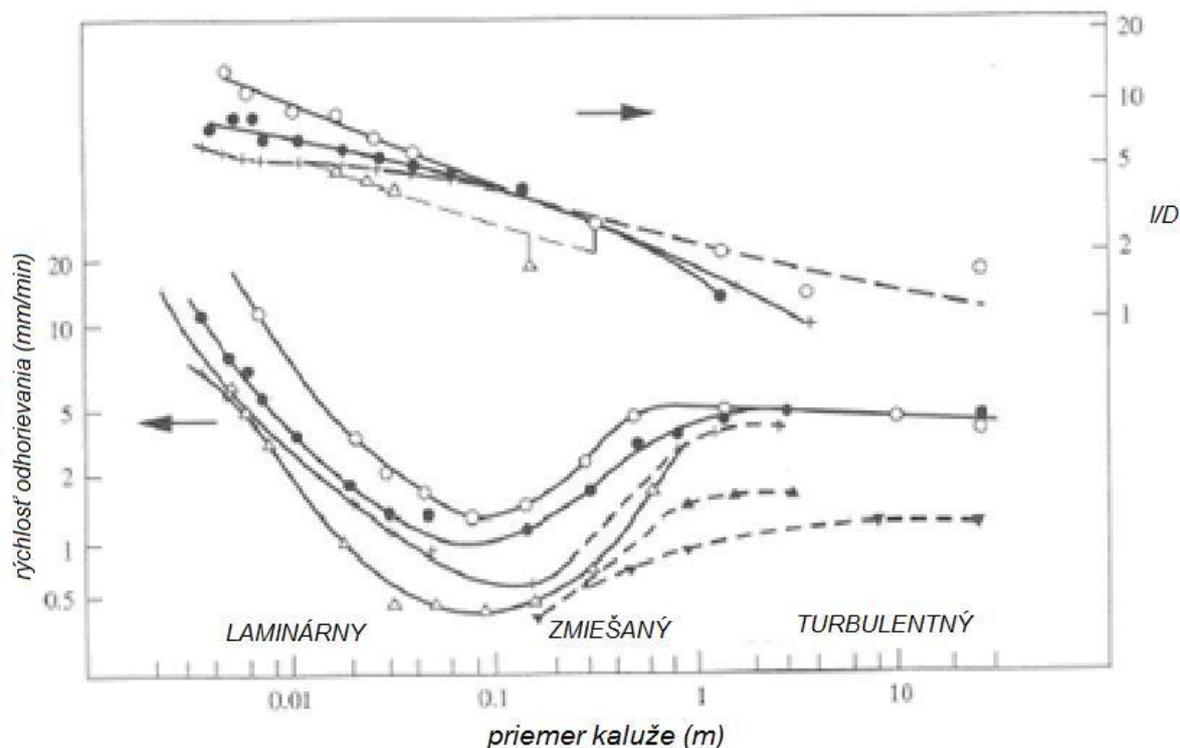
Jeden z najzákladnejších a najdôležitejších údajov, ktoré charakterizujú horenie horľavých kvapalín, je rýchlosť odhorievania. Tento parameter sa využíva pri hodnotení horenia horľavých kvapalín. V odbornej literatúre sú veľakrát uvedené rôzne rýchlosti odhorievania tej istej látky. Pod tieto rozdiely sa podpisuje nejednotná metodika stanovenia tohto parametra.



Rýchlosť odhorievania je ovplyvnená množstvom faktorov. Jeden z najvýznamnejších faktorov je geometria nádoby. Pri horení kvapalín účinkom tepla na ich povrchu dochádza k odparovaniu kvapaliny, ktorý je spojený s úbytkom kvapaliny. Vzniknuté horľavé pary sa zmiešajú s oxidačným prostriedkom, vzniká horľavá zmes, ktorá po dodaní energie začína horieť. Pri horení sa uvoľňuje teplo. Pri zvýšení teploty kvapaliny dochádza k zvýšeniu rýchlosti odparovania. Kvapalina nie je rovnomerne vystavovaná účinkom tepla. Toto tvrdenie potvrdili autori ako Blinov, Chud'akov výskumom, že pri horení v nádobe teplota na hladine dosahovala rôzne hodnoty a pod hladinou bol úbytok tepla konštantný. Zistilo sa, že pri väčšine kvapalín sa namerali vyššie hodnoty tepla na stenách nádoby, ako mala kvapalina v ich blízkosti [1]. Akita a Yumoto už v roku 1965 poukázali na takýto rozdiel rýchlosti odparovania, ktorý bol väčší pri krajoch nádob (malé priemery) ako v ich strede [2]. Tieto rozdiely sa zvýraznili pri zvyšovaní priemeru nádoby, ale aj po vystavení skúšobnej nádoby vplyvom vetra [1].

Rýchlosť odhorievania je vzhľadom na priemer nádoby a kvapalinu premenlivá [3, 4]. Na základe skúseností a experimentov bolo zistené, že rýchlosť odhorievania je závislá od veľkosti priemeru nádoby, zatiaľ čo pri malých nádobách rýchlosť je vyššia ako pri nádobách s veľkým priemerom.

Podľa niektorých autorov sa zvyšuje, až pokiaľ priemer dosiahne 2 – 3 m, kedy sa stáva nezávislá od priemeru dna nádoby alebo sa dokonca v niektorých prípadoch znižuje [4]. Avšak viaceré štúdie poukazujú na úbytok rýchlosti odhorievania pri priemeroch až 10 m [3]. Priebeh rýchlosti horenia je znázornený na obrázku 1.



Obr. 1 Krivka závislosti hmotnostnej rýchlosti odhorievania od priemeru nádob [5]

FIG. 1 curve mass burning rate of the diameter vessels [5]

Závislosť rýchlosti odhorievania od priemeru nádoby je spôsobená znížením prestupu tepla medzi plameňom a kvapalinou, a taktiež prestupom tepla cez steny nádoby. Pri zmene priemeru nádoby dochádza k zmenám spôsobu horenia čo je zobrazené v tabuľke 1.



Tab. 1 Spôsob horenie pool fire v závislosti od priemeru [6]

Tab. 1 Method of burning pool fire, depending on the diameter [6]

Priemer nádoby [m]	Spôsob horenia
< 0,05	Konvekcia, laminárne
< 0,2	Konvekcia, turbulentne
0,2 až 1,0	Radiácia, opticky tenký
> 1,0	Radiácia, opticky hrubý

## EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Experimentálna časť bola zameraná na zisťovanie závislosti rýchlosti odhorievania od priemeru nádoby. Priemer nádoby je dôležitý parameter, ktorý zohráva významnú úlohu pri horení horľavých kvapalín. Závislosťou rýchlosti odhorievania od priemeru nádoby sa medzi prvými zaoberali ruský vedci Blinov a Khudiakov. Práve zo štúdií týchto autorov sa vychádza a sú často citovaní aj v súčasnej dobe. Náš experiment bude zameraný na porovnanie rýchlosti odhorievania rôznych alkoholov, a to denaturovaného etanolu (zloženie min. 96 % etanol), etanolu, izopropanolu a metanolu v nádobách rôznych priemerov. Fyzikálno-chemické vlastnosti použitých kvapalín sú uvedené v tabuľke 2. Meranie sa uskutočnilo v laboratórnych podmienkach, naplnenie nádoby bolo 100 %-tné.



Tabuľka 2 Fyzikálno-chemické vlastnosti vybraných kvapalín (zdroj KBU)

Table 2 Physico-chemical properties of selected liquids (source KBU)

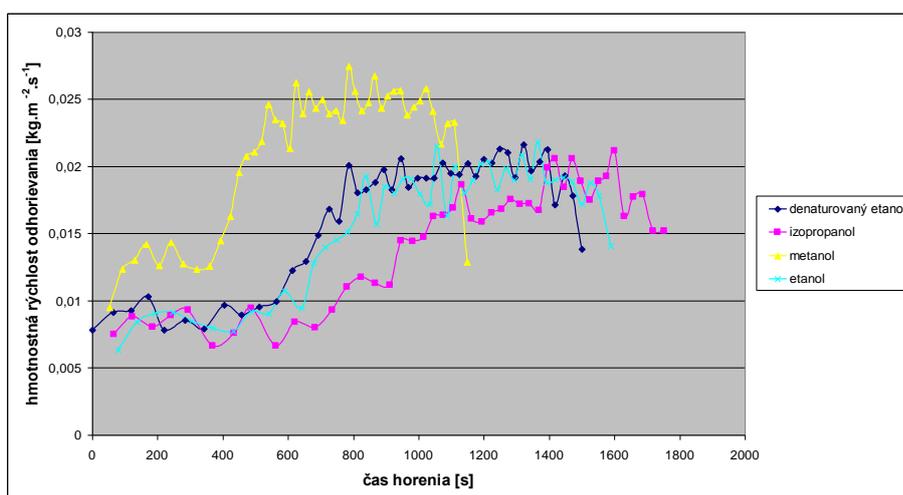
<i>Vlastnosti</i>	IZOPROPANOL	METANOL	NEDENATUROVANÝ ETANOL	DENATUROVANÝ ETANOL
<i>Fyzikálny stav</i>	Kvapalina	Kvapalina	Kvapalina	Kvapalina
<i>Farba</i>	Bezfarebná	Bezfarebná	Bezfarebná	Bezfarebná
<i>pH</i>	neutrálne	neutrálne	neutrálne	neutrálne
<i>Teplota varu</i>	+82 °C	64,5 °C	78 °C	78,3 °C
<i>Teplota topenia</i>	-89,5 °C	-98 °C	-114°C	-114,1°C
<i>Horľavosť</i>	Veľmi horľavá	Veľmi horľavá	Veľmi horľavá	Veľmi horľavá
<i>Tlak pár, pri 20°C</i>	48 mbar	128 hPa	59 hPa	5,6 kPa
<i>Hustota [g/cm<sup>3</sup>] pri 20°C</i>	0,79	0,79	0,789	0,789
<i>Rozpustnosť vo vode</i>	Dokonale miešateľný	Rozpustný	Rozpustný	neobmedzená
<i>Molekulová hmotnosť</i>	60 g/mol	32,05 g/mol	46,07 g/mol	-

Odhorievania bolo uskutočnené v nádobách z konštrukčnej ocele s výškou 30 mm, hrúbkou stien 2,5 mm, ale s rôznymi vnútornými priermi, nádoby boli označené nasledovne:

- ❖ priemer nádoby 16 mm – nádoba 1,
- ❖ priemer nádoby 22 mm – nádoba 2,
- ❖ priemer nádoby 36 mm – nádoba 3,
- ❖ priemer nádoby 54 mm – nádoba 4,
- ❖ priemer nádoby 71 mm – nádoba 5,
- ❖ priemer nádoby 94 mm – nádoba 6.

### *Nádoba 1 - priemer nádoby 16 mm*

Pri porovnaní kriviek rýchlosti odhorievania na obrázku 2 môžeme tvrdiť, že najvyššiu rýchlosť odhorievania dosahuje metanol, ktorý je zobrazený žltou krivkou. Hodnoty etanolu a denaturovaného etanolu dosahujú približne rovnaké hodnoty a aj rovnaký priebeh kriviek. Najdlhšie horela náplň izopropanolu, ktorá počas horenia dosahovala najmenšie hodnoty rýchlosti odhorievania. Pri porovnávaní hodnôt času horenia metanol horel 1200 s a izopropanol 1800 s.

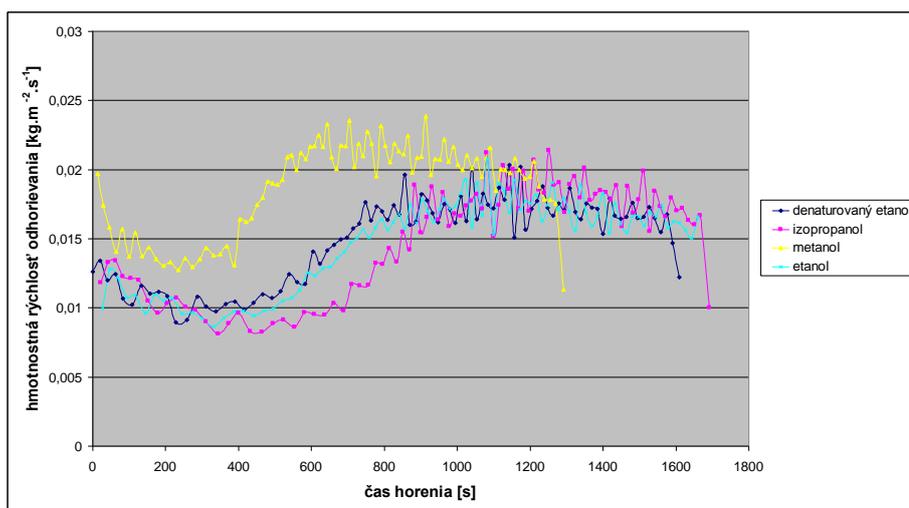


**Obrázok 2. Závislosť hmotnostnej rýchlosti odhorievania od času horenia pre rôzne kvapaliny - priemer nádoby 16 mm**

**Figure 2 The dependence of mass burning rate of burning time for different fluids - 16 mm diam**

## Nádoba 2 - priemer nádoby 22 mm

Na obrázku 3 sú zobrazené krivky hmotnostnej rýchlosti odhorievania od času horenia. Najvyššie hodnoty rýchlosti odhorievania a aj najkratšie horel metanol. Krivky denaturovaného etanolu a etanolu sú takmer rovnaké a aj priebeh kriviek je rovnaký. So zväčšujúcim priemerom nádoby hodnoty rýchlosti odhorievania izopropanolu sa približujú hodnotám etanolu.

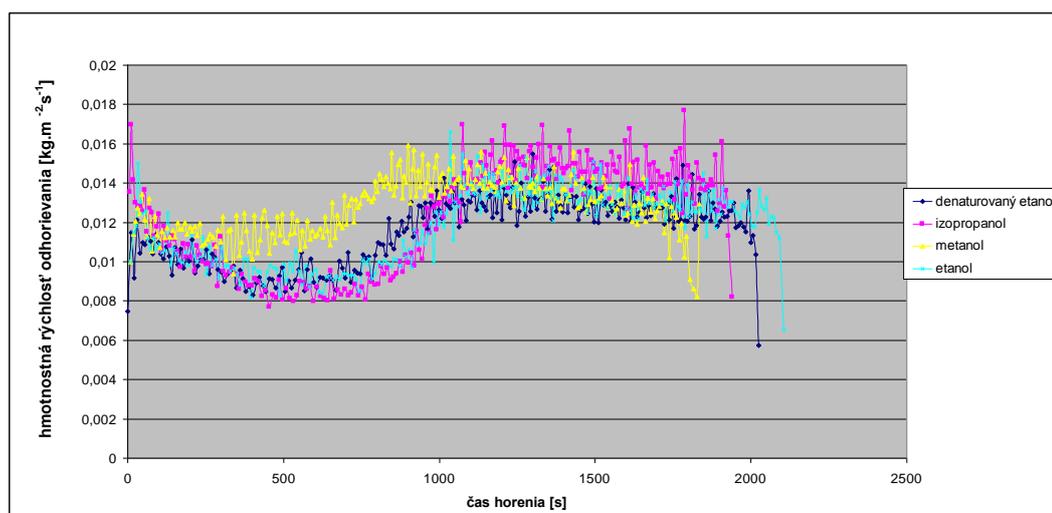


Obrázok 3. Závislosť hmotnostnej rýchlosti odhorievania od času horenia pre rôzne kvapaliny - priemer nádoby 22 mm

Figure 3 The dependence of mass burning rate of burning time for different fluids - 22 mm diam

## Nádoba 3 - priemer nádoby 37 mm

Krivky, ktoré sú zobrazené na obrázku 4, vyjadrujú závislosť hmotnostnej rýchlosti odhorievania od času horenia. Pri porovnaní času horenia použitých kvapalín sme zistili, že metanol horel najkratšom čase a etanol horel najdlhšie. Rýchlosť odhorievania izopropanolu vzrástla a jeho čas horenia sa skrátil oproti etanolu a dosahuje druhý najkratší čas horenia. Zmeny boli zistené aj v maximách rýchlosti odhorievania v priebehu horenia. S rastúcim priemerom krivka izopropanolu dosahuje rovnaké hodnoty ako metanol, avšak tieto hodnoty rýchlosti odhorievania dosahuje za dlhší čas, čiže celková rýchlosť odhorievania metanolu je väčšia ako izopropanolu.

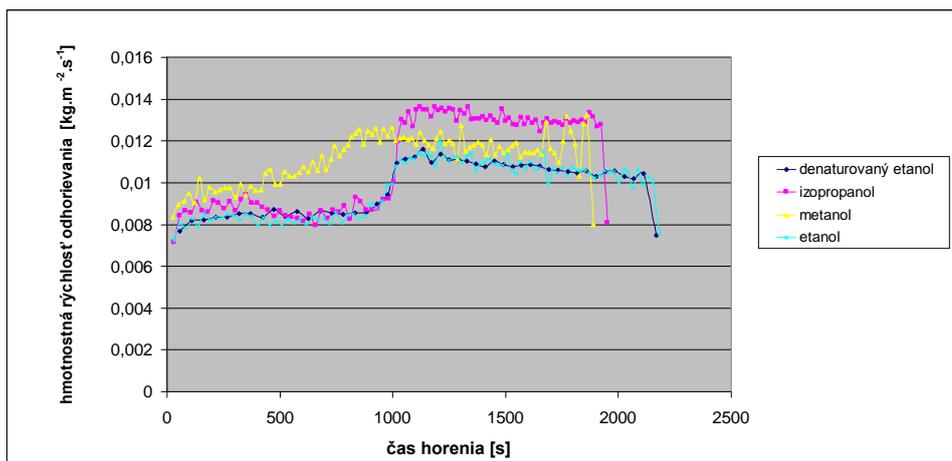


**Obrázok 4. Závislosť hmotnostnej rýchlosti odhorievania od času horenia, pre rôzne kvapaliny - priemer nádoby 37 mm**

**Figure 4 The dependence of mass burning rate of burning time for different fluids - 37 mm diam**

## ***Nádoba 4 - priemer nádoby 54 mm***

Na obrázku 5 je zobrazený priebeh rýchlosti odhorievania v závislosti od času horenia. Rýchlosti izopropanolu dosahujú v priebehu horenia najvyššie hodnoty, avšak na začiatku horenia jeho rýchlosť je veľmi malá a spolu s etanolmi dosahujú na začiatku horenia najnižšie hodnoty. V čase 1000 s hodnoty izopropanolu a etanolu v krátkom časovom momente vzrastajú, túto zmenu sme nazvali skoková zmena rýchlosti odhorievania. Zaujímavosťou je, že pri všetkých 3 kvapalinách skoková zmena nastala v tom istom okamihu. Celková rýchlosť odhorievania izopropanolu sa približuje hodnotám metanolu. Pri porovnaní nameraných hodnôt s predchádzajúcim priemerom môžeme konštatovať, že so vzrastajúcim priemerom nádoby kvapaliny izopropanol a etanol potrebujú dlhší čas na prehriatie kvapaliny a nádoby. Metanol má zachovaný priebeh rýchlosti odhorievania.

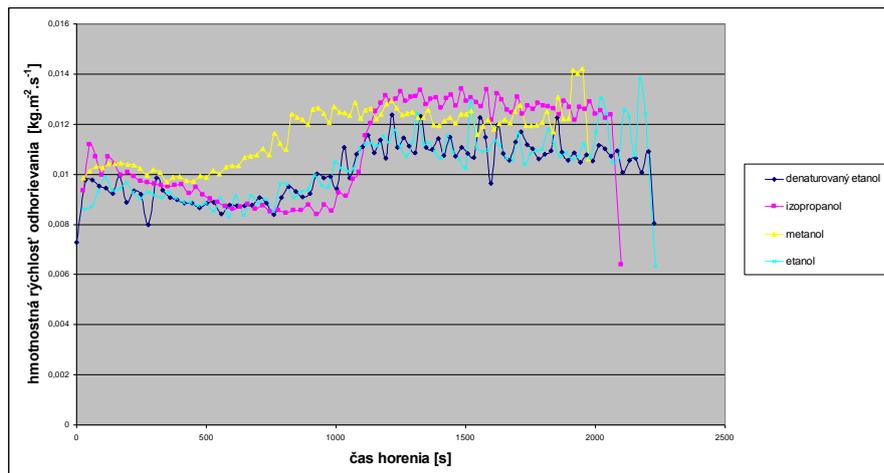


**Obrázok 5. Závislosť hmotnostnej rýchlosti odhorievania od času horenia pre rôzne kvapaliny - priemer nádoby 54 mm**

**Figure 5 The dependence of mass burning rate of burning time for different fluids - 54 mm diam**

### *Nádoba 5 - priemer nádoby 71 mm*

Skoková zmena rýchlosti odhorievania, ktorá bola zobrazená na predchádzajúcom obrázku, postupne zaniká. Na obrázku 6 je zobrazená závislosť hmotnostnej rýchlosti odhorievania od času horenia pre priemer nádoby 71 mm. Skokovú zmenu rýchlosti odhorievania môžeme pozorovať ešte v prípade izopropanolu. Rýchlosti odhorievania etanolu postupne prechádzajú do plynulého nárastu hodnôt. Krivka metanolu sa výraznejšie nezmenila oproti krivke priemeru 54mm.

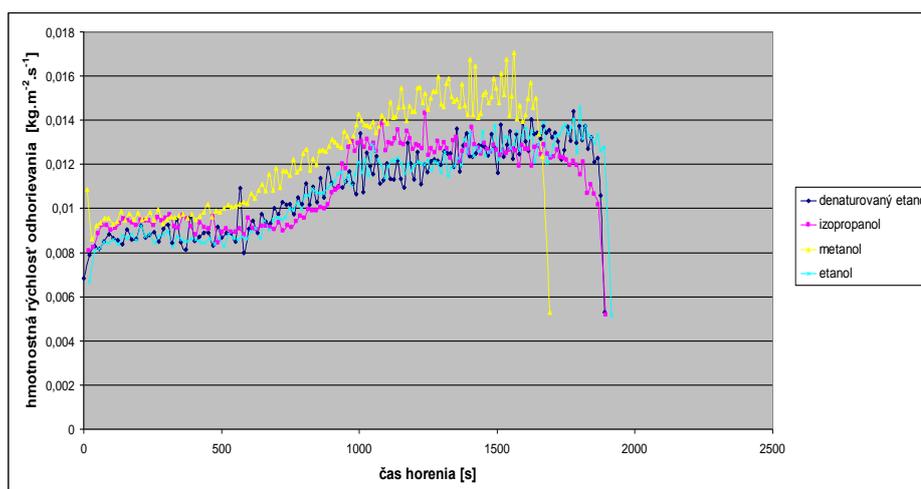


**Obrázok 6. Závislosť hmotnostnej rýchlosti odhorievania od času horenia pre rôzne kvapaliny - priemer nádoby 71 mm**

**Figure 6 The dependence of mass burning rate of burning time for different fluids - 71 mm diam**

### *Nádoba 6 - priemer nádoby 94 mm*

Krivky zobrazené na obrázku 7 postupne nadobúdajú rovnaký tvar, čo súvisí so zväčšujúcim priemerom nádoby. Najvyššie hodnoty rýchlosti odhorievania dosahuje metanol, ktorý dosahuje aj najnižšie časy horenia. Izopropanol a etanol dosahujú rovnaké hodnoty rýchlosti odhorievania. Pri izopropanole v čase 1000 s môžeme pozorovať zvýšenie hodnoty rýchlosti odhorievania nad hodnoty etanolov a následne tieto hodnoty klesajú.

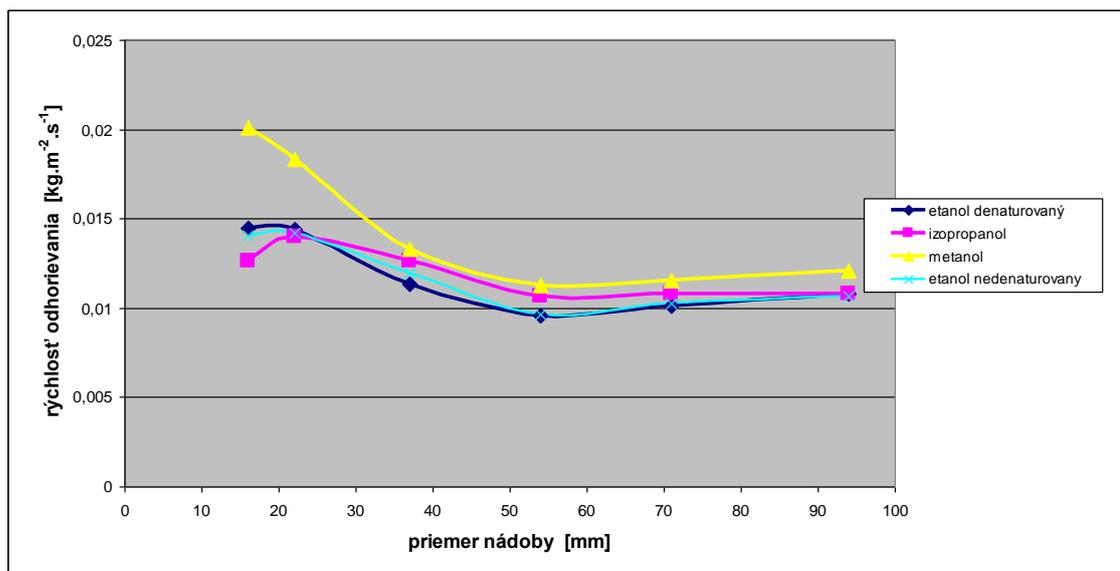


**Obrázok 7. Závislosť hmotnostnej rýchlosti odhorievania od času horenia pre rôzne kvapaliny - priemer nádoby 94 mm**

**Figure 7 The dependence of mass burning rate of burning time for different fluids - 94 mm diam**

## VYHODNOTENIE

Na obrázku (obrázok 8) vidíme závislosť hmotnostnej rýchlosti odhorievania od priemeru nádoby rôznych látok. Krivky majú klesajúcu tendenciu. S rastúcim priemerom klesá rýchlosť odhorievania. Najvyššie hodnoty rýchlosti odhorievania vo všetkých priemeroch dosahoval metanol. Najvýraznejšie rozdiely sú na začiatku krivky pri malých priemeroch nádob, kedy rozdiel medzi krivkou metanolu a ostatnými krivkami je  $0,005 \text{ kg.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , izopropanol dosahuje najnižšie hodnoty rýchlosti odhorievania. Pri vzrastajúcom priemere sa usporiadanie kriviek mení, rýchlosť izopropanolu vzrastá a jeho hodnoty sa približujú hodnotám metanolu.



Obrázok 8 Závislosť hmotnostnej rýchlosti odhorievania od priemeru nádoby

Figure 8 Dependence of the mass burning rate of the average vessel

Výsledky sú do istej miery prekvapujúce, keďže izopropanol mal svietivejší a vyšší plameň. Tento fakt poukazuje na to, že rýchlosť odhorievania nie je z pohľadu vlastností a chemického zloženia závislá len na jednom parametri, ale na súhrne vlastností kvapaliny.

Ak vychádzame z teórie, že uhlík v chemickom zložení kvapaliny spôsobuje väčšie množstvo tepla smerovaného z plameňa k hladine, v takom prípade táto závislosť nie celkom platí. Na začiatku krivky je vidieť, že práve kvapalina s najväčším obsahom uhlíka dosahovala najnižšie hodnoty rýchlosti odhorievania a kvapalina, ktorá mala najnižší obsah uhlíka, dosahovala najvyššie hodnoty rýchlosti odhorievania. Tento fakt môže byť spôsobený tým, že pri malom priemere nedochádza k tak výraznému preštupu tepla z povrchu plameňa na kvapalinu. V takomto prípade zohrávajú významnú úlohu fyzikálno-chemické vlastnosti, ako sú tepelná kapacita kvapaliny, bod varu kvapaliny, molekulová hmotnosť a tlak nasýtených pár. Z pohľadu tepelných kapacít a bodu varu má metanol najnižšiu a izopropanol najvyššiu hodnotu, čo je už v súlade s usporiadaním kriviek na obrázku. Následne pri zväčšovaní priemeru nádob, krivka izopropanolu klesá menej výrazne, čo môže byť spôsobené práve preštupom tepla z plameňa na hladinu.

Metanol dosahuje aj po zväčšení priemeru stále najväčšie hodnoty rýchlosti odhorievania. Z týchto výsledkov môžeme usúdiť, že pri použitých priemeroch zohrali hlavnú úlohu tepelná kapacita a bod varu látok skôr ako obsah uhlíka v kvapaline.

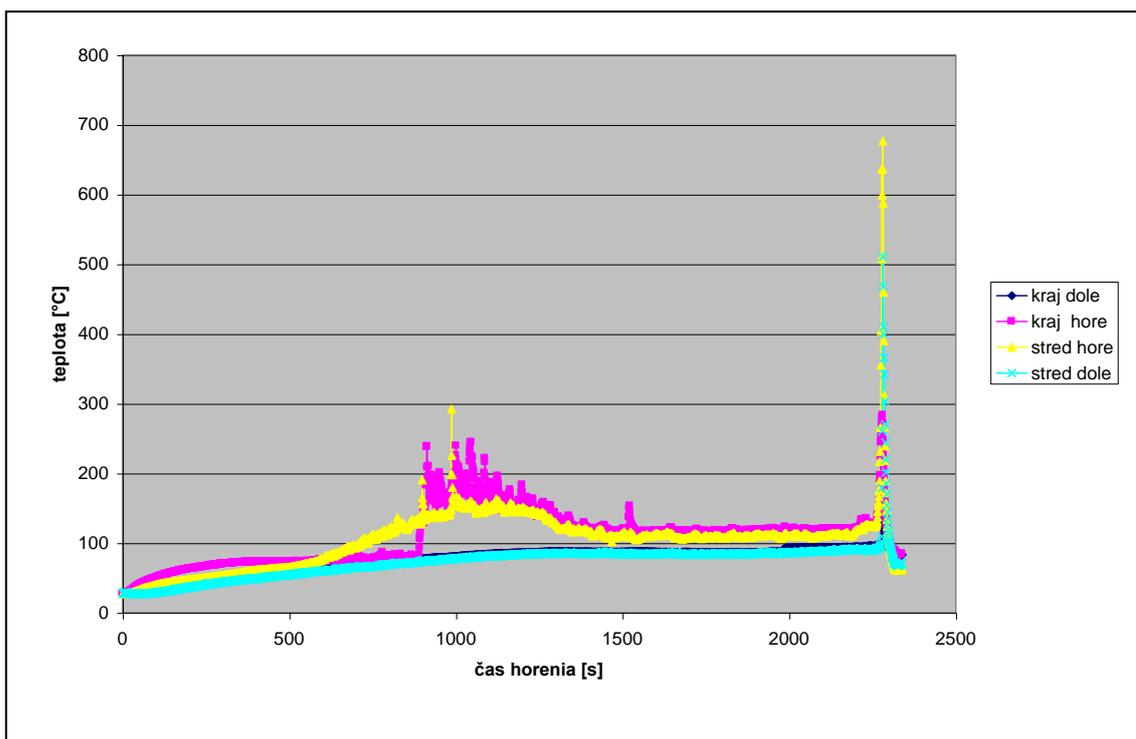
Pri experimente sme zaznamenali v prípade izopropanolu a pri niektorých priemeroch etanolu skokový nárast rýchlosti odhorievania (obrázok 9). Táto zmena sa prejavila najvýraznejšie v izopropanole pri nádobách č. 4, 5, 6 a pri etanole (denaturovanom aj nedenaturovanom) pri nádobe č. 4.



Obrázok 9 Skoková zmena rýchlosti odhorievania v čase horenia - priemer nádoby 54 mm

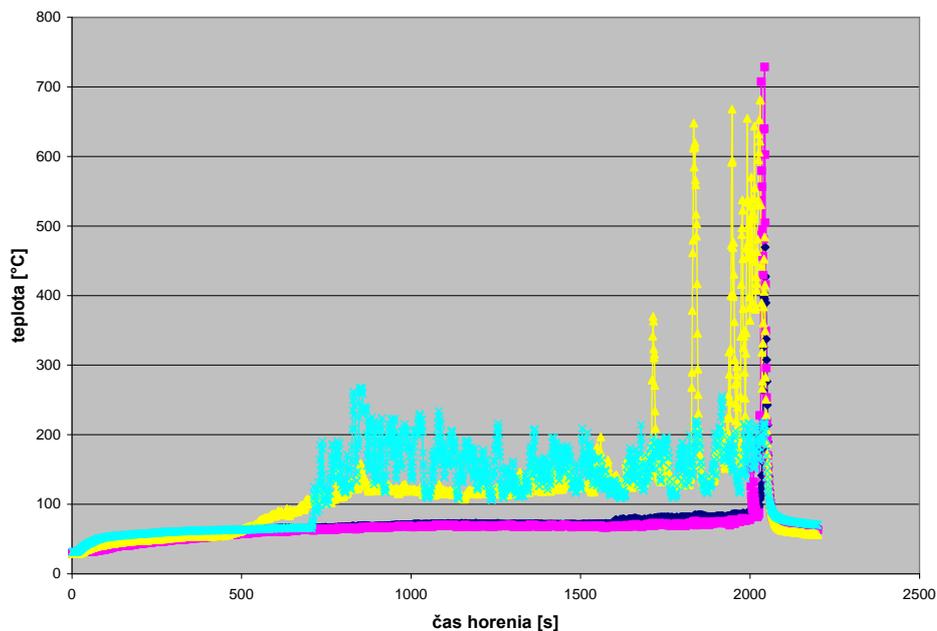
Figure 9 A step change in the rate of burning of burning time - 54 mm diam

Pre objasnenie sme do nádoby č. 4 umiestnili 4 termočlánky, dva termočlánky sme umiestnili do výšky nádoby 27 mm pri stene a do stredu nádoby. Ďalšie dva termočlánky sme umiestnili do výšky nádoby 10 mm, jeden termočlánok do stredu a druhý k okraju nádoby. Výstup z termočlánkov sme zobrazili v grafickej závislosti teploty od času horenia, ktorý je zobrazený na obrázok 10 pre izopropanol a na obrázok 11 pre metanol. Z nameraných údajov môžeme tvrdiť, že skoková zmena rýchlosti odhorievania súvisí s množstvom uhlíka v kvapaline, bodom varu a tlakom nasýtených pár.



Obrázok 10 Teploty izopropanolu v závislosti od času horenia

Figure 10 isopropanol temperatures over time burning



Obrázok 11 Teploty metanolu v závislosti od času horenia

Picture 11 methanol temperatures over time burning



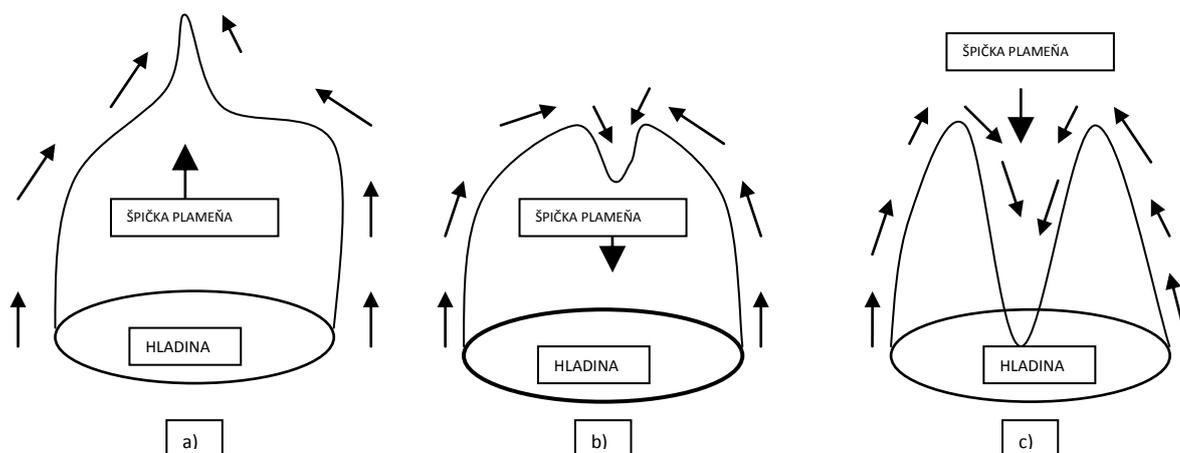
Na obrázku sú znázornené okamihy, kedy termočlánky zaznamenali splyňovanie kvapaliny. Krivka žltá a slabo červená zobrazujú termočlánky umiestnené vo vrchnej časti nádoby. Pri porovnaní týchto kriviek je vidieť, ako teplota v okolí termočlánku umiestneného na kraji vzrastá skôr ako teplota pri termočlánku umiestnenom v strede nádoby. Táto skutočnosť vyplýva z dominujúceho prestupového mechanizmu, ktorý je cez steny nádoby. Tmavo modrá a svetlo modrá krivka nám zobrazujú priebeh teplôt v spodnej časti nádoby. Z nameraných hodnôt bolo zistené, že nárast teploty nie je až tak výrazný ako pri termočlánoch umiestnených vo vrchnej časti nádoby. Je to spôsobené zvýšenou tvorbou pár nad povrchom kvapaliny, ktoré vytláčajú plameň nad nádobu. Pri porovnaní obrázku 10 s obrázkom 11, na ktorom je zaznamenaný priebeh teplôt v metanole, môžeme pozorovať rozdiel v krivkách a nárast teplôt pri termočlánoch umiestnených pri ústí nádoby. Z porovnania kriviek metanolu a izopropanolu vyplýva, že pri metanole plameň klesá s klesajúcou hladinou, a tým vzrastá teplota prenášaná cez steny nádoby a z plameňa. Pri izopropanole na obrázku 10, v čase horenia 1200 s sa teploty oboch termočláňkov dostávajú na hodnoty bodu varu kvapaliny. Z týchto meraní môžeme vytvoriť záver, v ktorom môžeme tvrdiť, že skokovú zmenu rýchlosti odhorievania má za následok nárast teploty v nádobe. Pri náraste teploty sa začína tvoriť také množstvo pár, ktoré vytláčajú plameň nad kvapalinu. Tým sa teplota v kvapaline a v nádobe stabilizuje, čo má za následok, že rozdiel medzi krajom a stredom teplôt v spodnej časti je minimálny. Vplyv na tvorbu pár má aj tlak nasýtených pár, ktorý je pri izopropanole nižší, zatiaľ čo pri metanole je hodnota tvorby pár vyššia. Tlak pár nad kvapalinou ovplyvňuje, do akej miery a za aký čas sa pary zmiešajú s oksyličovadlom a vytvoria horľavú zmes.

Pri vzorke metanolu boli pozorované zmeny teploty termočlánku umiestneného vo vrchnej časti nádoby a situovaného v strede. Tieto zmeny sú dôsledkom fyzikálno-chemického zloženia kvapaliny a sú zapríčinené javom popísaným na obrázku 12.



Obr. 12 Detailne fotky turbulencie plameňa a) pohľad z hora b) c) pohľady z boku

FIG. 12 detail photos of turbulence and flame) view from the top b) c) side view



Schematické znázornenie plameňa a), b), c) tento dej sa cyklicky opakuje

Schematic representation of a flame), b), c), this action is repeated cyclically

Na obrázku 12 je znázornený priebeh a tvar plameňa od času. Na snímkach a), c) a f) je vidieť, akým spôsobom prostredníctvom turbulencie plameň klesne na hladinu kvapaliny a vzápätí sa jeho výška plameňa zvýši. Práve týmto javom plameň prehrieva kvapalinu v strede nádoby.



## ZÁVER

Z nameraných výsledkov môžeme tvrdiť, že s rastúcim priemerom nádob sme zaznamenali klesajúcu rýchlosť odhorievania. Pokles hodnôt rýchlosti odhorievania má za následkom prestup tepla cez steny nádoby. Táto závislosť sa potvrdila s výsledkami zahraničných štúdií. Vzhľadom na použitie 4 druhov alkoholov môžeme pozorovať aj vplyv ich chemických vlastností na rýchlosť odhorievania. Vplyv zmeny priemeru nádob sa prejavil hlavne v poklese rýchlosti odhorievania, pri metanole je pokles väčší, zatiaľ čo pri izopropanole pokles rýchlosti odhorievania je plynulejší.

## POUŽITÁ LITERATÚRA:

- [1] Děmidov P. G, Hoření a vlastnosti hořlavých látek, ČSSPO Praha, 1966
- [2] Dougal Drysdale, An Introduction to Fire Dynamics, John Wiley and Sons, 1990 Great Britain.
- [3] Babrauskas, V., Estimating Large Pool Fire Burning Rates, Fire Technology, 19 (1983), 4, pp. 251-261
- [4] Apte, V. B., Effect of Scale and Fuel Type on the Characteristics of Pool Fires for Fire Fighting Training, Fire Safety Journal, 31 (1998), 4, pp. 339-363
- [5] Prof. J.-Y. Chen, Pool Fire and Fire Storms,  
dostupné na : <http://www.me.berkeley.edu/ME140/F07/lab-F07/Lab7.pdf>
- [6] Naeem Iqbal, Mark Henry Salley, Fire Dynamics Tools (FDTs): Quantitative Fire Hazard Analysis Methods for the U.S. Nuclear Regulatory Commission Fire Protection Inspection Program, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington D.C.2004

## Adresa autorov

Ing. Miroslav Novotný, PhD.

Inštitút pre výskum práce a rodiny

email: [Miroslav.Novotny@ivpr.gov.sk](mailto:Miroslav.Novotny@ivpr.gov.sk)

Ing. Jozef Martinka PhD.

STU – Materiálovotechnologická fakulta v Trnave

email: [jozef.martinka@stuba.sk](mailto:jozef.martinka@stuba.sk)



## ÚČINNOSŤ SORPČNÝCH MATERIÁLOV PRI DEKONTAMINÁCII KYSELÍN A ZÁSAD

## EFFECTIVENESS OF SORPTION MATERIALS BY DECONTAMINATION OF ACIDS AND HYDROXIDES

Michal ORINČÁK, Dušan GANZARČÍK

### Abstract

This paper deals with effectiveness of sorption materials by decontamination of acids and hydroxides in FRB. Prelusion of this paper characterizes basic partition of sorption materials and their properties. In the next part of this paper is present description of experiment and finding of sorption materials used by decontamination of acids and hydroxides.

**Keywords:** *sorption material, sorbent, adsorbent, decontamination, chemical agents*

### 1. ÚVOD

Odstránenie, zneškodnenie (rozklad) nebezpečných chemických látok (otravných látok) z povrchu objektu za účelom zníženia ich toxického účinku na prípustnú mieru nazývame detoxikácia alebo odmorenie. Pojem odmorenie sa uvádza najmä v staršej literatúre. Podľa princípu, ktorý sa pri detoxikácii uplatňuje rozoznávame mechanické, fyzikálne a chemické spôsoby detoxikácie [1].

V praxi sa však jednotlivé spôsoby vzájomne kombinujú a dopĺňajú za účelom zvýšenia účinnosti a využitia ich špecifických vlastností.



Vzhľadom k tomu, že k úplnému odstráneniu kontaminantov spravidla nikdy nedôjde (časová tieseň, materiálno-technické vybavenie, sorpcia kontaminantu), hovoríme o dekontaminácii nebezpečných látok ako o znížení škodlivého účinku nebezpečných látok na úroveň, ktorá neohrozuje človeka, zvieru či rastlinstvo [1].

Určenie vhodného spôsobu je závislé na druhu (skupine) a skupenstve nebezpečnej látky, druhu a charakteru povrchu kontaminovaného objektu, dostupných technických prostriedkov, teplotných podmienkach a rade ďalších okolností.

Najjednoduchšie spôsoby sú mechanické odstraňovanie, zriedenie a oplach vodou, použitie povrchovo aktívnych látok. Možná je i neutralizácia, chemická degradácia, extrakcia, adsorpcia alebo tepelná degradácia, ktoré sú závislé na znalosti kontaminantu a dostupnosti potrebných látok a technologických zariadení.

Pri týchto spôsoboch je možné použiť aj sorpčné materiály, ktoré sú dostupné v rámci HaZZ. Týka sa to najmä kvapalných nebezpečných látok (napr. anorganické a organické kyseliny, roztoky hydroxidov a pod.), ktoré sa prepravujú vo väčších množstvách po cestnej a železničnej sieti. Avšak nie všetky sorbenty sú rovnako dobre použiteľné pri detoxikácii (odmorení) nebezpečných chemických látok.

## 2. CHARAKTERISTIKA A ROZDELENIE SORPČNÝCH MATERIÁLOV

Sorpčné materiály sú produkty, ktoré majú schopnosť veľmi rýchlo a účinne naviazať chemické látky, ropné látky, ale aj znečistenú vodu. Pozitívnu 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,
- textilné.

b) *podľa pôvodu sorpčného materiálu:*

- syntetické,
- prírodné - organické a anorganické.



c) *podľa adsorbcie chemických látok:*

- univerzálne,
- olejové (hydrofóbne),
- chemické (upratovacie).

## 2.1 Sorbenty podľa štruktúry a formy sorpčného materiálu

*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 absorpcie je v priemere od 0,5 do 4 litroch látky na 1 kg sorbentu. Vyrábajú sa v práškových, alebo granulovaných modifikáciách. Niektoré dokážu ľahko nasať veľké množstvo kvapaliny a umožňujú jednoduché odpratanie – zmetenie. 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 absorpcii väčšieho množstva kvapaliny z menšej plochy. Vyrábajú sa z polypropylénu (PP) a tvorí ho mikrovlákné rúno, ktoré je schopné sať kvapalinu. Schopnosť absorpcie 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]

## 2.2 Sorbenty podľa pôvodu sorpčného materiálu

*Prírodné sorbenty* sú často dostupné priamo na mieste likvidácie pri malých zásahoch. Ich absorpčná 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.

Do tejto skupiny patria:

- drevené piliny,
- rašelina,



- piesok,
- uhoľný prach,
- a iné.

*Syntetické sorbenty* boli vytvorené na uhl'ovodíkové znečistenie. Ich povrch je špecificky upravený, aby mal sorbent schopnosť nasávať kvapalinu do svojich pórov.

## 2.3 Sorbenty podľa adsorbencie chemických látok

*Univerzálne sorbenty* sa vyznačujú chemickou odolnosťou. Ich hlavné využitie má význam predovšetkým pri haváriách, kde dôjde k úniku agresívnych kvapalín (napr.: chladiaca kvapalina, olej, benzín). Rozdeľujeme ich na :

- a) sypké,
- b) textilné.

*Olejové sorbenty* sú určené iba pre sorpciu olejov a iných látok na základe ropy. Ich vlastnosti vopred určujú k použitiu tam, kde je potrebné oddeliť ropné látky od iných kvapalín. Sú schopné plávať na vodnej hladine a zachytávajú iba ropné produkty. Používajú sa pri každom havarijnom alebo prevádzkovom úniku ropných látok.

*Chemické sorbenty* sú vyrobené z polypropylénu (PP) so špeciálnou hydrofilnou úpravou. Svojím použitím sú tieto sorbenty univerzálne, pretože v prípade potreby môžu sať i samotné ropné látky. Niektoré typy obsahujú nepriepustnú vrstvu, ktorá obmedzuje priesaku kvapalín na podlahu alebo do podložia [3].

## 3. ZÁKLADNÝ POPIS EXPERIMENTU

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 experimentu sme sa zamerali na tzv. chemicko-fyzikálny spôsob odmorenia s využitím sorpčných materiálov. Konkrétne sa to týkalo vlastnosti

neutralizovať a adsorbovať nebezpečnú chemickú látku vybratými sorbčnými materiálmi používanými v HaZZ.

V praxi sa v HaZZ stretávame s textilnými, alebo sypkými sorbentami. Vo svojej výzbroji majú aj vybrané nasledujúce materiály:

a) *sypké sorbenty*:

- ECO DRY,
- SPILKLEEN PLUS,

b) *textilné sorbenty*:

- E 1000,
- HKZP 4446.

Sorbenty zaradené do výzbroje HaZZ musia spĺňať nasledujúce vlastnosti:

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

Na nasledujúcom obrázku 1 sú zobrazené vzorky jednotlivých sorbentov použitých pri skúmaní účinnosti sorpčných materiálov pri dekontaminácii kyselín a zásad.



Obrázok 2 Sorbent ECO DR, sorbent Spilkleen Plus, Sorbent E 1000 a sorbent HKZP 4446 (Zdroj: Ganzarčík, 2012)

Figure 1 ECO DR sorbent, sorbent Spilkleen Plus, E Sorbent sorbent HKZP 1000 and 4446 (Source: Ganzarčík, 2012)



Samotný experiment bol rozdelený do štyroch čiastkových pokusov a to nasledovne:

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

Pokusy boli realizované na vzorkách sorbentov používaných v HaZZ (sypké sorbenty ECO DRY, Spilkleen Plus a textilné sorbenty E 1000, HKZP 4446). Ako nebezpečné chemické látky boli v rámci pokusov použité roztoky kyselín a to kyselina sírová (anorganická) 96 %, kyselina octová (organická) 99 % a roztoky hydroxidov a to hydroxid sodný 98 % a hydroxid draselný 85 %.

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 týchto hmotností nám ukázal celkovú hmotnosť prefiltrovaného sorbentu. Po porovnaní s hmotnosťou suchého sorbentu je možné určiť, či skúmaný sorbent viaže vodu.

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.



## 4. VÝSLEDKY SKÚMANIA SORPČNÝCH MATERIÁLOV

Hodnoty výluhu pH sorbentov namerané pri pokuse č.1 sú uvedené v nasledujúcej tabuľke 1.

Tabuľka 1 Namerané hodnoty pH pri pokuse č.1 (Zdroj: Ganzarčík, Orinčák, 2012)

Table 1 Measured values of pH in an attempt No.1 (Source: Ganzarčík, Orinčák, 2012)

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

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) hydrofóbnny sorbent:**

- HKZP 4446.

Výsledky pokusov č.3 a č.4 tj. stanovenie pH a teploty vzniknutého adsorbátu a stanovenie adsorbcie kvapalnej chemickej látky sorbentom sú kvôli prehľadnosti uvedené v nasledujúcich tabuľkách 2,3,4 a 5.

*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 adsorbácii 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 adsorbácii 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 adsorbácii. U kyseliny sírovej došlo k zvýšeniu teploty adsorbátu. Výsledné pH adsorbátov sa výrazne nezmenilo. Pri hydroxide sodnom a draselnom došlo nedošlo k adsorbácii chemikálií a výsledné pH adsorbátov sa výrazne nezmenilo.

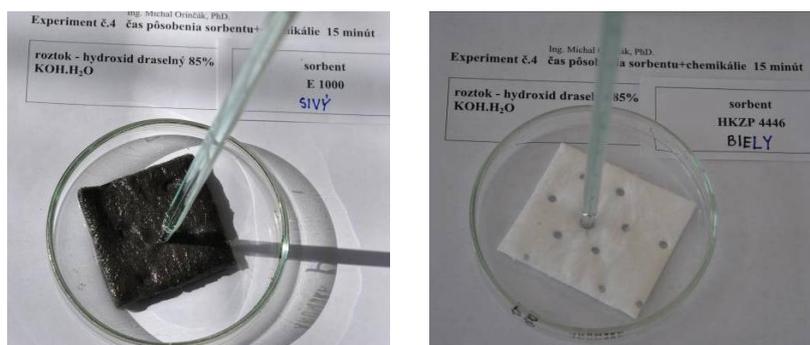
*Sorbent E 1000* naviazal na seba celé množstvo kyseliny sírovej a kyseliny octovej. U kyseliny sírovej došlo k zvýšeniu teploty adsorbátu. Výsledné pH adsorbátov sa však výrazne nezmenilo. Pri hydroxide sodnom a draselnom došlo taktiež k zreteľnej adsorbácii, ale výsledné pH adsorbátov sa výrazne nezmenilo.

Na nasledujúcich obrázkoch 2 a 3 sú zobrazené vzorky jednotlivých sorbentov kontaminované kyselinou sírovou a hydroxidom draselným.



Obrázok 2 Sorbent ECO DRY a Spilkleen Plus kontaminovaný  $H_2SO_4$  (Zdroj: Ganzarčík, Orinčák, 2012)

Figure 2 Sorbent ECO DRY and Spilkleen Plus contaminated  $H_2SO_4$  (Source: Ganzarčík, Orinčák, 2012)



Obrázok 3 Sorboent E 1000 a HKZP 4446 kontaminovaný KOH (Zdroj: Ganzarčík, Orinčák, 2012)

Figure 3 Sorboent E 1000 and 4446 HKZP contaminated KOH (Source: Ganzarčík, Orinčák, 2012)



Tabuľka 2 Namerané hodnoty pri pokusoch č.3 a č.4 pre sorbent „ECO DRY“ (Zdroj: Ganzarčík, Orinčák, 2012)

Table 2 Measured values in experiment No. 3 and No. 4 for sorbent "ECO DRY" (Source: Ganzarčík, Orinčák, 2012)

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 $m_{CHL}$	
<b>č.1</b> dátum 1.3.2012  $t_{1EXP} = 5 \text{ min.}$ $t_{2EXP} = 10 \text{ min.}$ $t_{3EXP} = 15 \text{ min.}$	<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b> $V_{CHL} = 5,46 \text{ cm}^3$ $m_{CHL} = 10 \text{ g}$ $\rho_{CHL} = 1,83213 \text{ g/cm}^3$ $pH_{CHL} = 0,00$ $T_{CHL} = 22,5 \text{ }^\circ\text{C}$	$t_{1EXP}$	1,00	$t_{1EXP}$	25,5 °C	naviazanie celého množstva H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 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 °C						
		$t_{3EXP}$	0,93	$t_{3EXP}$	25,0 °C						
<b>č.2</b> dátum 1.3.2012  $t_{1EXP} = 5 \text{ min.}$ $t_{2EXP} = 10 \text{ min.}$ $t_{3EXP} = 15 \text{ min.}$	<b>CH<sub>3</sub>COOH</b> $V_{CHL} = 9,53 \text{ cm}^3$ $m_{CHL} = 10 \text{ g}$ $\rho_{CHL} = 1,0493 \text{ g/cm}^3$ $pH_{CHL} = 0,81$ $T_{CHL} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$	$t_{1EXP}$	1,94	$t_{1EXP}$	22,0 °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 °C						
		$t_{3EXP}$	2,37	$t_{3EXP}$	21,5 °C						
<b>č.3</b> dátum 1.3.2012  $t_{1EXP} = 5 \text{ min.}$ $t_{2EXP} = 10 \text{ min.}$ $t_{3EXP} = 15 \text{ min.}$	<b>NaOH.H<sub>2</sub>O</b> $V_{CHL} = 5,71 \text{ cm}^3$ $m_{CHL} = 10 \text{ g}$ $\rho_{CHL} = 1,750 \text{ g/cm}^3$ $pH_{CHL} = 11,00$ $T_{CHL} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$	$t_{1EXP}$	9,60	$t_{1EXP}$	22,0 °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 °C						
		$t_{3EXP}$	7,62	$t_{3EXP}$	21,0 °C						
<b>č.4</b> dátum 1.3.2012  $t_{1EXP} = 5 \text{ min.}$ $t_{2EXP} = 10 \text{ min.}$ $t_{3EXP} = 15 \text{ min.}$	<b>KOH.H<sub>2</sub>O</b> $V_{CHL} = 6,25 \text{ cm}^3$ $m_{CHL} = 10 \text{ g}$ $\rho_{CHL} = 1,6 \text{ g/cm}^3$ $pH_{CHL} = 13,75$ $T_{CHL} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$	$t_{1EXP}$	11,27	$t_{1EXP}$	23,0 °C	okamžitá adsorpcia, výrazné zašumenie a únik 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 °C						
		$t_{3EXP}$	9,30	$t_{3EXP}$	21,5 °C						



Tabuľka 3 Namerané hodnoty pri pokusoch č.3 a č.4 pre sorbent „Spilkleen Plus“ (Zdroj: Ganzarčík, Orinčák, 2012)

Table 3 Measured values in experiment No. 3 and No. 4 for sorbent "Spilkleen Plus" (Source: Ganzarčík, Orinčák, 2012)

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  $t_{1EXP} = 5 \text{ min.}$ $t_{2EXP} = 10 \text{ min.}$ $t_{3EXP} = 15 \text{ min.}$	<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b> $V_{CHL} = 5,46 \text{ cm}^3$ $m_{CHL} = 10 \text{ g}$ $\rho_{CHL} = 1,83213 \text{ g/cm}^3$ $pH_{CHL} = 0,00$ $T_{CHL} = 22,5 \text{ }^\circ\text{C}$	$t_{1EXP}$	0,43	$t_{1EXP}$	36,0 °C	od nasypiania sorbentu búrlivá chemická reakcia, exotermická reakcia s nárastom teploty o 13,5 °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 °C					
		$t_{3EXP}$	0,49	$t_{3EXP}$	26,5 °C					
č.2 dátum 1.3.2012  $t_{1EXP} = 5 \text{ min.}$ $t_{2EXP} = 10 \text{ min.}$ $t_{3EXP} = 15 \text{ min.}$	<b>CH<sub>3</sub>COOH</b> $V_{CHL} = 9,53 \text{ cm}^3$ $m_{CHL} = 10 \text{ g}$ $\rho_{CHL} = 1,0493 \text{ g/cm}^3$ $pH_{CHL} = 0,81$ $T_{CHL} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$	$t_{1EXP}$	2,55	$t_{1EXP}$	22,0 °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 °C					
		$t_{3EXP}$	2,52	$t_{3EXP}$	21,5 °C					
č.3 dátum 1.3.2012  $t_{1EXP} = 5 \text{ min.}$ $t_{2EXP} = 10 \text{ min.}$ $t_{3EXP} = 15 \text{ min.}$	<b>NaOH.H<sub>2</sub>O</b> $V_{CHL} = 5,71 \text{ cm}^3$ $m_{CHL} = 10 \text{ g}$ $\rho_{CHL} = 1,750 \text{ g/cm}^3$ $pH_{CHL} = 11,00$ $T_{CHL} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$	$t_{1EXP}$	11,70	$t_{1EXP}$	23,0 °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 °C					
		$t_{3EXP}$	11,70	$t_{3EXP}$	21,0 °C					
č.4 dátum 1.3.2012  $t_{1EXP} = 5 \text{ min.}$ $t_{2EXP} = 10 \text{ min.}$ $t_{3EXP} = 15 \text{ min.}$	<b>KOH.H<sub>2</sub>O</b> $V_{CHL} = 6,25 \text{ cm}^3$ $m_{CHL} = 10 \text{ g}$ $\rho_{CHL} = 1,6 \text{ g/cm}^3$ $pH_{CHL} = 13,75$ $T_{CHL} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$	$t_{1EXP}$	13,20	$t_{1EXP}$	23,5 °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 °C					
		$t_{3EXP}$	12,47	$t_{3EXP}$	22,0 °C					



Tabuľka 4 Namerané hodnoty pri pokusoch č.3 a č.4 pre sorbent „HKZP 4446“ (Zdroj: Ganzarčík, Orinčák, 2012)

Table 4 Measured values in experiment No. 3 and No. 4 for sorbent " HKZP 4446" (Source: Ganzarčík, Orinčák, 2012)

číslo exp. dátum, čas (t) v min.	druh, objem, hmotnosť, hustota, pH a teplota chemikálie	Typ sorbentu HKZP 4446 $m_{SORB} = 1\text{ g}$ $pH_{SORB} = 7,45$ $T_{SORB} = 22\text{ }^{\circ}\text{C}$									
		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 $m_{CHL}$	
<b>č.1</b> dátum 22.3.2012  $t_{1EXP} = 5\text{ min.}$ $t_{2EXP} = 10\text{ min.}$ $t_{3EXP} = 15\text{ min.}$	<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b> $V_{CHL} = 5,46\text{ cm}^3$ $m_{CHL} = 10\text{ g}$ $\rho_{CHL} = 1,83213\text{ g/cm}^3$ $pH_{CHL} = 0,00$ $T_{CHL} = 22,5\text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_{1EXP}$	0,00	$t_{1EXP}$	26,0 °C	nie je viditeľná adsorpcia, pH sa nezmenilo, nebol zaznamenaný nárast teploty.	11,00 g	1,90 g	9,10 g	82,73 %	
		$t_{2EXP}$	0,00	$t_{2EXP}$	26,5 °C						
		$t_{3EXP}$	0,00	$t_{3EXP}$	27,0 °C						
<b>č.2</b> dátum 22.3.2012  $t_{1EXP} = 5\text{ min.}$ $t_{2EXP} = 10\text{ min.}$ $t_{3EXP} = 15\text{ min.}$	<b>CH<sub>3</sub>COOH</b> $V_{CHL} = 9,53\text{ cm}^3$ $m_{CHL} = 10\text{ g}$ $\rho_{CHL} = 1,0493\text{ g/cm}^3$ $pH_{CHL} = 0,81$ $T_{CHL} = 22\text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_{1EXP}$	0,00	$t_{1EXP}$	22,5 °C	sorbent viditeľne naviazal CH <sub>3</sub> COOH a nezmenil farbu, pH sa výrazne nezmenilo.	11,00 g	9,90 g	1,10 g	10 %	
		$t_{2EXP}$	0,00	$t_{2EXP}$	23,0 °C						
		$t_{3EXP}$	0,02	$t_{3EXP}$	23,0 °C						
<b>č.3</b> dátum 22.3.2012  $t_{1EXP} = 5\text{ min.}$ $t_{2EXP} = 10\text{ min.}$ $t_{3EXP} = 15\text{ min.}$	<b>NaOH.H<sub>2</sub>O</b> $V_{CHL} = 5,71\text{ cm}^3$ $m_{CHL} = 10\text{ g}$ $\rho_{CHL} = 1,750\text{ g/cm}^3$ $pH_{CHL} = 11,00$ $T_{CHL} = 22\text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_{1EXP}$	11,71	$t_{1EXP}$	22,5 °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 %	
		$t_{2EXP}$	11,86	$t_{2EXP}$	22,5 °C						
		$t_{3EXP}$	11,91	$t_{3EXP}$	22,5 °C						
<b>č.4</b> dátum 22.3.2012  $t_{1EXP} = 5\text{ min.}$ $t_{2EXP} = 10\text{ min.}$ $t_{3EXP} = 15\text{ min.}$	<b>KOH.H<sub>2</sub>O</b> $V_{CHL} = 6,25\text{ cm}^3$ $m_{CHL} = 10\text{ g}$ $\rho_{CHL} = 1,6\text{ g/cm}^3$ $pH_{CHL} = 13,75$ $T_{CHL} = 22\text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_{1EXP}$	13,45	$t_{1EXP}$	22,5 °C	nenaviazal vodný roztok hydroxidu, viditeľné odpudzovanie roztoku, na povrchu sa vytvárajú kvapôčky, ktoré stekajú po povrchu sorbentu.	11,00 g	1,50 g	9,50 g	86,36 %	
		$t_{2EXP}$	13,57	$t_{2EXP}$	23,5 °C						
		$t_{3EXP}$	13,72	$t_{3EXP}$	23,5 °C						



Tabuľka 5 Namerané hodnoty pri pokusoch č.3 a č.4 pre sorbent „E 1000“ (Zdroj: Ganzarčík, Orinčák, 2012)

Table 5 Measured values in experiment No. 3 and No. 4 for sorbent " E 1000" (Source: Ganzarčík, Orinčák, 2012)

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



## 5. 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, ktoré som použil pri experimentoch.

Prínosy pre prax je možné zhrnúť do nasledujúcich bodov:

- pri neutralizácii chemických látok v praxi je výhodnejšie okamžite použiť dekontaminačné činidlá 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. adsorbát, čo však predpokladá mať k dispozícii dostatočne veľké množstvo sorbentu,
- pamätať na to, že vzniknutý adsorbát 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 bezpečné 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 takomto použití 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.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [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] *Druhy sorbentů* <http://www.enviweb.cz/clanek/havarie/89896/druhy-sorbentu> [citované dňa 4.2. 2012].
- [4] *KATALÓG: Výrobky na prevenciu a likvidáciu havárií, pre bezpečné a čisté pracovisko 2011/ 2012, firmy REO AMOS SLOVAKIA.*
- [5] *KATALÓG: Prostriedky pre riešenie úniku kvapalín, bezpečnosť a protipožiarnu ochranu 2008/ 2009, firmy HAPPY END.*
- [6] *KATALÓG firmy JOHAN ENVIRO.*
- [7] JANÁSEK, D., SVETLÍK, J.: *Radiačná, chemická a biologická ochrana.* ŽU v Žiline 2005, ISBN 80-8070-431-7.
- [8] 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.
- [9] Metodický list č. 104, č. 105 a č. 107, ktoré riešia dekontamináciu príslušníkov zasahujúcich zložiek.



## Adresa autora

Ing. Michal Orinčák, PhD.

Katedra požiarneho inžinierstva,

Fakulta špeciálneho inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline

ul. 1.mája 32, 010 26 Žilina

Tel: 00421 - 41 - 513 6764

E-mail: [michal.orincak@fsi.uniza.sk](mailto:michal.orincak@fsi.uniza.sk)



## RETARDÉRY HORENIA

### FIRE RETARDANTS

Anton OSVALD, Adelaida FANFAROVÁ

#### Abstract

The conference paper deals with fire retardants, their facts and theoretical characteristics. In the analysis of the current state the principle of the fire retardants is specified in relation to the process of burning and fire, chemical viewpoint, the basic division of fire retardants, examples, properties, MSDS, advantages and disadvantages, practical usage and techniques of application. The next section presents related test methods and methodology, extension and importance of fire retardants in practise.

**Keywords:** *fire retardant, burning, application of fire retardants, methodology*

#### 1. ÚVOD

Oheň bol prvou zo štyroch neovládateľných síl, ktorú človek dokázal z prírody získať. Prvé predstavy o ohni predniesol Aristoteles už okolo roku 350 pred n. l. a najstarší historicky zaznamenaný oheň je požiar Artemidinho chrámu v Efeze v roku 356 pred n. l. V súčasnosti požiare zaraďujeme medzi najčastejšie príčiny mimoriadnych udalostí a krízových situácií. Vzhľadom na fakt, že štatistiky rozboru požiarovosti na území Slovenskej republiky nemajú klesajúcu tendenciu, je potrebná prevencia, požiarňa ochrana, bezpečnostné opatrenia a znižovanie rizík.

Jednou z možností protipožiarnych opatrení pred procesom horenia a rozvojom požiaru je aplikácia retardérov horenia. Staršia literatúra uvádza termín antipyrény, prípadne antipyrénne úpravy, ktorý predchádza súčasnému pojmu retardér – „spomalovač.“ Nehorľavá úprava horľavých materiálov vždy bola a stále je značne

náročný cieľ nielen v oblasti protipožiarnej vedy. Rôzne štatistické štúdie a rozsiahle vedecké výskumy opakovane dokazujú význam retardérov horenia pre celú spoločnosť.

Retardéry majú svoju dlhú históriu, prešli značným vývojom a ich význam postupne narastal. Po ich zavedení do výroby a všeobecnom rozšírení v 80-tych rokoch minulého storočia významne poklesli straty na ľudských životoch a škody spôsobené požiarom. Nároky na kvalitu a účinnosť retardérov horenia sú stále vyššie, z hľadiska bezpečnostného, aplikačného, ekonomického i ekologického. Navyše by mali spĺňať aj technické, hygienické, či estetické vlastnosti s ohľadom na aplikovaný materiál a nesmú negatívne ovplyvňovať jeho vlastnosti. V interakcii s ostatnými protipožiarnymi zariadeniami a prostriedkami, ako sú napr. hlásiče požiaru, sprinklerové hasiace zariadenie, detektory dymu, požiarne uzávery, retardéry predstavujú v súčasnosti jednu z najviac efektívnych a dostupných možností na ochranu ľudí, majetkov a zložiek životného prostredia pred účinkami požiaru [1].

## 2. ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU

Retardér alebo tiež spomaľovač vo všeobecnosti môže byť [2]:

- z chemického hľadiska je to látka spomaľujúca proces chemickej reakcie,
- v doprave predstavuje mechanickú prekážku na vozovke,
- súčasť vozidla ako prevádzková odľahčovacia brzda.

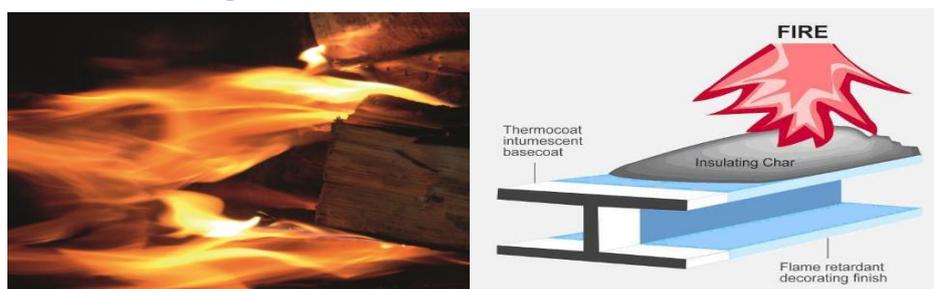


Figure 1 Illustrative examples of fire retardants [3]

Obrázok 1 Ilustratívne príklady retardérov horenia [3]

Horenie je chemicko-fyzikálny, oxidačno-redukčný dej, ktorý prebieha pri uvoľňovaní tepla (exotermická reakcia) a svetla. Pre proces horenia a vznik požiaru je potrebný tzv. trojuholník horenia, ktorý je zložený z troch zložiek predstavujúcich nevyhnutné podmienky pre horenie. Podmienky horenia (trojuholník horenia):

- horľavá látka,
- oxidačný prostriedok,
- zdroj iniciácie.

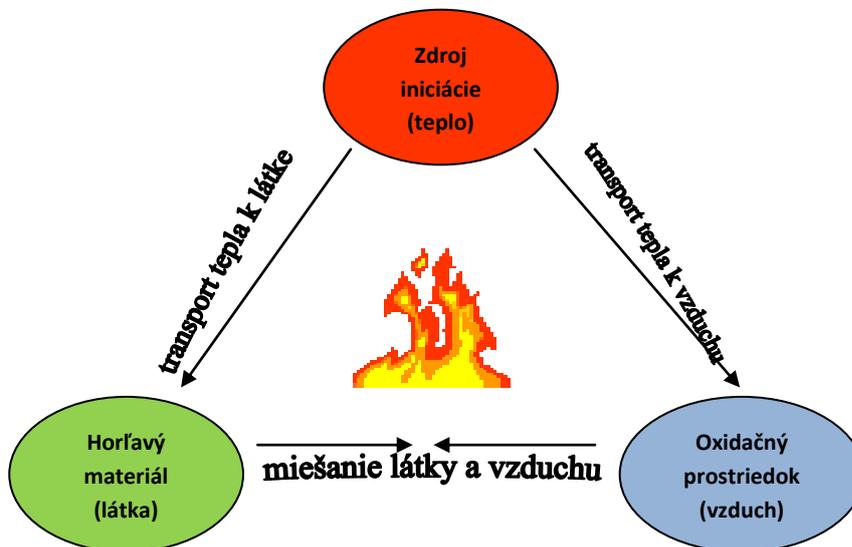


Figure 2 Illustrative picture of fire triangle

Obrázok 2 Ilustratívny obrázok trojuholníka horenia

Základným princípom hasenia je odstránenie aspoň jednej z troch podmienok (zložiek) horenia: horľavej látky, oxidačného prostriedku alebo iniciačného zdroja. Retardéry horenia sú chemické impregnačné látky, ktoré svojim chemickým a fyzikálnym alebo kombinovaným spôsobom bránia rýchlemu zapáleniu a spomaľujú horenie horľavého materiálu. V princípe ide o naviazanie retardačnej skupiny na daný prvok za účelom zabránenia reakcii v horľavom súbore. Väčšinou fungujú na princípe znemožnenia prístupu oxidačného činidla, teda vzdušného kyslíka. Tiež môžu ovplyvniť pomer horľavosti a majú schopnosť chrániť impregnovaný materiál pred priamym kontaktom plameňa, bezplamenným horením (tlenie) a pred zvýšenými teplotami. Retardácia nových materiálov (napr. plasty) je pomerne jednoduchá, u prírodných materiálov (napr. drevo) je tento proces komplikovanejší [4].

Retardér horenia (spomaľovač horenia) má z chemického hľadiska funkciu katalyzátora, ktorý môže meniť rýchlosť potrebnú k dosiahnutiu chemickej rovnováhy v procese horenia. Nemôže však meniť intenzitu tepelného toku, ani prebytok kyslíka s vyplývajúcimi zmenami podmienok a prejavov horenia. V neskorších štádiách procesu



horenia, najmä pri vysokých tepelných tokoch, sú už možnosti retardácie horenia veľmi obmedzené. Pre účinnú retardáciu horenia sú určujúce reakcie, ktoré prebiehajú na začiatku jednotlivých etáp horenia, t. j. iniciácie (kontakt systému drevo – teplo), propagácie (uvoľnené horľavé plyny – kyslík) alebo terminácie (vznikajúce pevné zvyšky – kyslík) [5,6].

Pri požiari sa uvoľňuje teplo a svetlo, vzniká veľké množstvo splodín horenia ako produktov horenia (sadze a dym), ktoré sú anorganického, ale aj organického pôvodu, väčšinou tuhého alebo plynného skupenstva a často bývajú nositeľmi toxických vlastností. Rozklad horľavej látky v procese horenia je veľmi citlivý na prítomnosť anorganických nečistôt, čo z hľadiska chemickej vedy, predstavuje napr. prítomný retardér horenia. Od najnovších retardérov sa vyžaduje čo najkomplexnejšia retardácia, teda retardácia nielen samotného procesu horenia materiálu, ale aj napr. úprava splodín, ktoré vzniknú pri horení horľavého materiálu. Ideálny retardér by mal znižovať množstvo produktov horenia a mal by upravovať aj ich prípadnú toxicitu.

## 2.1 Rozdelenie retardérov horenia

Retardéry horenia môžeme rozdeliť do štyroch skupín [7]:

1. Retardéry, ktoré uvoľňujú nehorľavé plyny v tom tepelnom rozsahu, kedy sa tvoria aj horľavé plyny, čím nastáva riedenie horľavých plynov, znižuje sa ich koncentrácia a sťažuje sa ich zapálenie.
2. Retardéry, ktoré kumulujú teplo z tepelného zdroja a takto ten zdroj ochladzujú. Tieto retardéry majú v súčasnosti malú aplikáciu použitia, nakoľko rýchlo podliehajú starnutiu a klesá ich účinnosť .
3. Intumescentné - penotvorné retardéry horenia majú najvyššiu účinnosť a najširšie možnosti aplikácie. Ich účinnosť je v podstate dvojstupňová: fyzikálno-chemická. V prvej etape pôsobenia tepla reaguje jedna zložka retardéru, ktorá z tenkého filmu vytvorí niekoľko centimetrovú penu a tým vlastne oddiaľuje povrch materiálu od zdroja tepla. Pena je veľmi zlý vodič tepla a spôsob ohrievania sa preto značne spomalí. Pri ďalšom ohriatí dochádza k chemickým reakciám, ktoré význačne spomaľujú spôsob horenia.



4. Retardéry mechanického typu ako sú napr. fólie a rôzne obklady z nehorľavých materiálov. Aplikácia takýchto retardérov je síce účinná, ale nie je bez rizík.

## 2.2 Karta bezpečnostných údajov a príklady retardérov horenia

Retardér horenia je chemická látka, na ktorú je podľa súvisiacich predpisov potrebné mať kartu bezpečnostných údajov. Tá obsahuje všetky potrebné údaje, ktoré musia byť správne vyplnené. Tieto informácie mnohokrát napomôžu pri rozhodnutí o aplikácii najvhodnejšieho retardéru na horľavú látku alebo materiál.

**Tabuľka 1 Karta bezpečnostných údajov**

**Table 1 Material Safety Data Sheet**

Dátum vydania:	Dátum revízie:
<b>1. Identifikácia chemickej látky (prípravku) a výrobcu, dodávateľa</b>	
1.1 Identifikácia látky alebo prípravku:	Obchodný názov:
1.2 Použitie látky/prípravku:	
1.3 Identifikácia výrobcu, dodávateľa:	1.3.1 Výrobca: 1.3.2 Adresa: Identifikačné číslo, telefón, fax
1.4 Názov a adresa organizácie poskytujúcej informácie v núdzových prípadoch:	Núdzové telefónne číslo
<b>2. Zloženie chemickej látky alebo prípravku a informácia o zložkách</b>	
2.1 Opis:	
2.2 Nebezpečné zložky:	
<b>3. Identifikácia rizík</b>	
3.1 Nepriaznivé účinky na zdravie človeka pri aplikácii náteru (prípravku):	
3.2. Nepriaznivé účinky na životné prostredie pri aplikácii náteru (prípravku):	
<b>4. Pokyny na prvú pomoc</b>	
4.1 Špeciálne inštrukcie:	
4.2 Dýchanie:	



4.3 Pokožka:	
4.4 Oči:	
4.5 Tráviaci systém:	
<b>5. Protipožiarne opatrenia, opatrenia pri horení a pri likvidácii horenia</b>	
5.1 Vhodný hasiaci prostriedok: voda, suchý prášok, oxid uhličitý, pena:	
5.2 Zakázaný hasiaci prostriedok:	
5.3.1 Špeciálne nebezpečenstvo v prípade požiaru:	
5.3.2 Špeciálny ochranný výstroj pre hasičov a výzbroj:	
<b>6. Opatrenia pri úniku chemickej látky (prípravku) - havarijná situácia</b>	
6.1 Osobné bezpečnostné opatrenia:	
6.2 Environmentálne bezpečnostné opatrenia:	
6.3 Metóda likvidácie:	
<b>7. Zaobchádzanie a skladovanie</b>	
7.1 Zaobchádzanie:	
7.2 Skladovanie:	
<b>8. Osobná ochrana a kontrola expozície</b>	
8.1 Technické opatrenia:	
8.2 Limitné koncentrácie v ovzduší na pracovisku:	8.2.1 Hodnota NPK: 8.2.2 Ďalšie informácie o limitných hodnotách:
8.3 Prostriedky osobnej ochrany:	8.3.1 Špeciálne inštrukcie týkajúce sa ochrany a hygieny: 8.3.2 Ochrana dýchacích ciest: 8.3.3 Ochrana rúk: 8.3.4 Ochrana očí: 8.3.5 Ochrana pokožky:



8.4 Ďalšie údaje:	
<b>9. Fyzikálne a chemické vlastnosti</b>	
9.1 Fyzikálny stav, vzhľad, farba a zápach:	
9.2 pH:	
9.3 Informácie o zmenách fyzikálneho stavu:	9.3.1 Teplota varu: 9.3.2 Teplota topenia:
9.4 Teplota zápalu:	
9.5 Horľavosť:	
9.6 Sklon k samovznieteniu:	
9.7 Nebezpečenstvo výbuchu:	
9.8 Výbušnosť:	a/ dolná medza výbušnosti: b/ horná medza výbušnosti:
9.9 Oxidačné vlastnosti:	
9.10 Tlak pár:	
9.11 Hustota /23°C/:	
9.12 Rozpustnosť:	
<b>10. Stabilita a reaktivita</b>	
10.1 Podmienky za ktorých je výrobok stabilný:	
10.2 Podmienky, ktorým sa treba vyhnúť:	
10.3 Látka a materiály, ktorým je potrebné sa vyhnúť:	
10.4 Nebezpečné rozkladné produkty:	
<b>11. Toxikologické informácie</b>	
11.1 Akútna toxicita: (orálna, dermálna, krátkodobá/dlhodobá expozícia)	
11.2 Subchronická - chronická toxicita:	
11.3 Senzibilizácia:	
11.4 Karcinogenita:	



11.5 Mutagenicita:	
11.6 Reprodukčivna toxicita:	
11.7 Skúsenosti u človeka:	
11.8 Ďalšie údaje:	
<b>12. Ekologické informácie</b>	
12.1 Perzistencia v životnom prostredí:	12.1.1 Biodegradácia: 12.1.2 Chemická degradácia:
12.2 Bioakumulácia:	
12.3 Pohyblivosť:	
12.4 Stálosť a odbúrateľnosť:	
12.5 Iné negatívne účinky:	
<b>13. Informácie o zneškodňovaní</b>	
Spôsoby zneškodňovania prípravku a kontaminovaného obalu:	
<b>14. Podmienky prepravy</b>	
Doprava v zmysle príslušných predpisov: ADR (cestná), RID (železničná), IMDG (námorná), ICAO/IATA (letecká)	
14.1 Cestná UN No.:	
14.2 Železničná RID trieda, ADR trieda No.: RID položka, ADR trieda	
14.3 Po mori UN No. SE	
14.4 Letecká: ICAO/IATA:	Trieda, Číslo UN
<b>15. Regulačné informácie</b>	
15.1 Informácie o označovaní	15.1.1 Symbol nebezpečnosti, indikácia nebezpečnosti prípravku: 15.1.2 Označenie špecifického rizika (R-vety) 15.1.3 Označenie pre bezpečné

	zaobchádzani (S-vety)
<b>16. Ďalšie informácie</b>	
16.1 Zdroj uvedených dát:	
16.2 Prehlásenie:	

Retardéry horenia majú aj svoju negatívnu stránku. Podobne ako iné široko používané chemické látky, začali sa intenzívnejšie monitorovať, hoci ich nepriaznivý účinok na človeka sa nepreukázal pri koncentráciách aké sa používajú najčastejšie. Niektoré retardéry horenia sú zaujímavé tým, že ich metabolické rozkladné produkty majú podobnú štruktúru ako hormón štítnej žľazy.

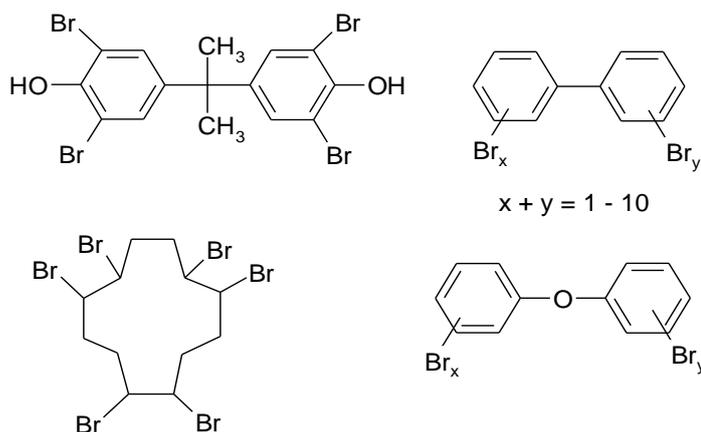


Figure 3 The most frequently used brominated fire retardants [3]

Obrázok 3 Najčastejšie používané brómové retardéry horenia [3]

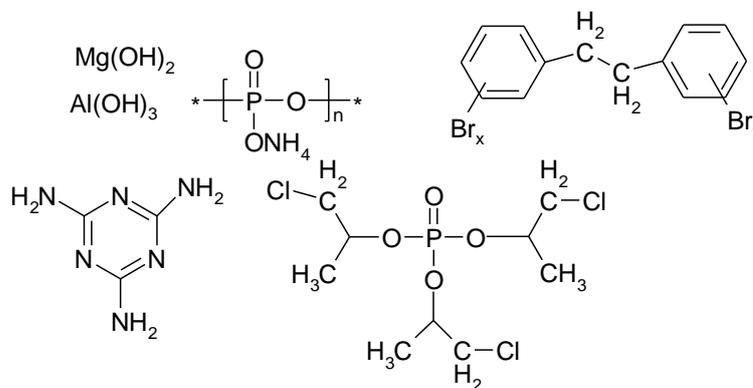


Figure 4 New types of fire retardants [3]

Obrázok 4 Nové typy retardérov horenia [3]

## 2.3 Aplikácia retardérov horenia

Správny výber retardéru, jeho samotná aplikácia a odborné ohodnotenie podmienok, v ktorých bude retardovaný prvok alebo materiál vystavený a ktoré budú na neho pôsobiť, predstavuje v praxi kvalitný a funkčný celok retardácie. Nezanedbateľnou je aj cena retardéru a jeho množstvo, ktoré je potrebné použiť, aby sa dosiahla potrebná účinnosť. Spôsob aplikácie nám určuje druh samotného retardéru, napríklad intumescentné retardéry je možné aplikovať len náterom. Retardéry prvej skupiny, ktoré sú na báze vodorozpustných roztokov anorganických solí môžeme aplikovať náterom, máčaním alebo impregnáciou. Je samozrejmé, že aplikáciu retardéru impregnáciou nemožno odporučiť všade. Sú však miesta, napríklad pri sériovej výrobe stavieb, kde je tento postup možné odporučiť [8].

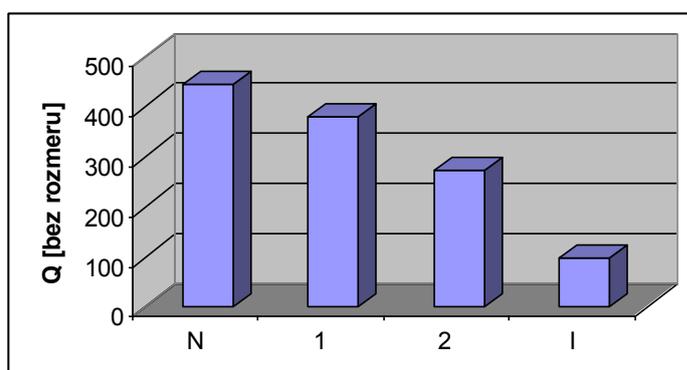


Figure 5 Fire retardants effectiveness depending on the application (N - raw material, 1 - one-sided coating, 2 - two-sided coating, I - impregnation, Q - value for inclusion in flammability class according to STN 73 0862) [8]

Obrázok 5 Účinnosť retardéru horenia v závislosti od jeho aplikácie (N - neupravený materiál, 1 - jednostranný náter, 2 - dvojstranný náter, I - impregnácia, Q - hodnota pre zaradenie do triedy horľavosti podľa STN 73 0862) [8]

Aj keď životnosť retardéru a opakovanosť náteru je daná výrobcem, mechanické poškodenie náteru – oder, prípadne pôsobenie chemikáliami, znižuje retardačný účinok. Väčšina retardérov vplýva na fyzikálne a mechanické vlastnosti materiálu, na ktorý sú aplikované za účelom protipožiarnej ochrany. V takomto prípade je dôležité prihliadnuť na skutočnosť, aby sa mechanické vlastnosti upravených horľavých materiálov ďalej neznižovali (krivka 1). Ak krivka n reprezentuje neupravený materiál, retardačná úprava

musí zabezpečiť počas ďalšieho ohrevu priebeh podľa krivky 2, ideálne by bolo keby priebeh zmeny pevnostných vlastností v závislosti od času požiaru prebiehal podľa krivky 3 (pozri obrázok 6) [9].

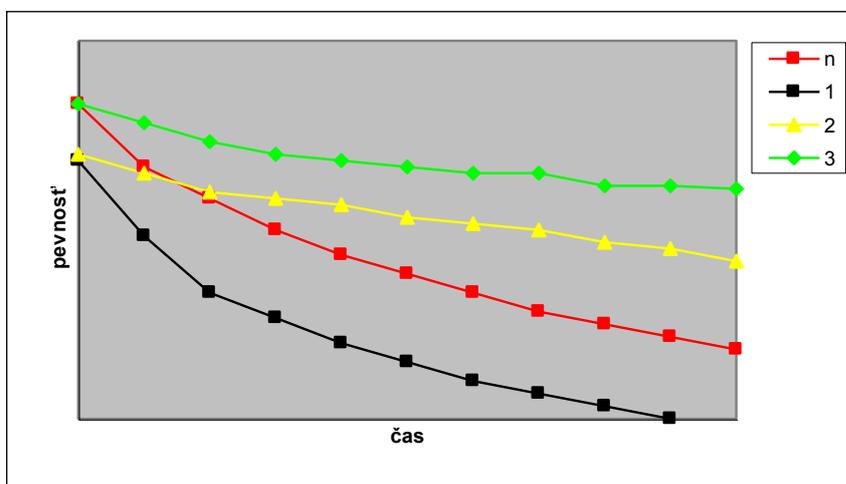


Figure 6 The possible impact of fire retarding modification to change mechanical properties during fire [9]

Obrázok 6 Možný vplyv retardačnej úpravy materiálu na zmenu mechanických vlastností počas požiaru [9]

Retardéry horenia je možné aplikovať na viaceré druhy materiálov a povrchov. Najčastejšie na drevo, nábytok, obklady stien a stropov, ale aj napr. podlahové krytiny, textilie, odevy, plasty, elektrické zariadenia a spotrebiče, káblové elektrické rozvody a iné. Od novodobých retardérov sa vyžadujú komplexnejšia retardácia, retardácia nielen procesu horenia materiálu, ale aj napr. úprava splodín, ktoré vzniknú pri horení materiálu. Tu by mal retardér znížiť množstvo splodín a prípadne by mal upravovať aj ich toxicitu.

### 3. TESTOVANIE RETARDÉROV HORENIA

Retardácia - spomaľovanie horenia horľavých materiálov a retardéry horenia - chemické látky spomaľujúce chemické a fyziologické procesy pri horení, sa v súčasnosti posudzujú testovacími metódami, ktoré pre potreby protipožiarnej ochrany hodnotia použité horľavé materiály, ich retardačné úpravy a porovnávanie retardačných účinkov na materiály aj okolie. Medzi vhodné skúšobné metódy a metodiky patria [10]:

- testy zápalnosti,



- testy ohraničeným šírením plameňa,
- stanovenie kyslíkového čísla (index obmedzenia kyslíka),
- stanovenie spalného tepla (testy na uvoľnenie tepla),
- termická analýza,
- stanovenie optickej hustoty dymu (dymové testy).

## 4. ZÁVER

V súčasnosti, v 21. storočí, sa najviac vyskytujú prírodné a syntetické polymérne materiály, ktoré sú používané v mnohých rôznych oblastiach a za stále náročnejších podmienok prostredia. Požiarne nebezpečenstvo spojené s používaním týchto horľavých materiálov, ktoré spôsobujú straty na životoch a majetku, je obzvlášť dôležité medzi vládnymi regulačnými spotrebiteľmi, subjektmi, výrobcami a podobne. Správna aplikácia a použitie retardérov horenia k zníženiu horľavosti prvkov a materiálov (nielen polymérov) sa stáva kľúčovou súčasťou vývoja a používania nových materiálov.

Aby sme obmedzili neželané účinky požiaru a znížili riziko požiarovosti, používame tzv. retardéry horenia, ktoré spomaľujú horenie a sú schopné spomaliť čas rozšírenia požiaru, čo zvyšuje možnosť úspešného uhasenia požiaru a znižuje straty na životoch, škody na majetkoch a znečistenie zložiek životného prostredia. Horľavé materiály môžu byť na základe svojich špecifických vlastností ošetrené správnym zvoleným retardérom horenia, ktorý dokáže zmeniť tieto vlastnosti vhodným spôsobom. Napr. uvoľnením chemických plynných látok a zlúčenín znížiť reaktivitu horľavých látok.

Všetky tieto aspekty prešli a stále ešte prechádzajú vývojom, nakoľko sú neustále vyvíjané nové látky, zlúčeniny či zmesi. Retardéry horenia ako chemické substancie môžu mať rôzne špecifické vlastnosti a rôzny vplyv na svoje okolie, najmä pri procese horenia a spaľovania. Pre vybrané zmesi materiálov je potrebné stanoviť správne použitie konkrétnych retardérov horenia, aby sa zamedzilo vývinu nebezpečných splodín horenia horľavého súboru látok a materiálov. Je nevyhnutné, aby nové retardéry horenia a retardačné úpravy boli vyvíjané v súlade so stále sa meniacim systémom nových predpisov, noriem a skúšobných metód.



## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] OSVALDOVÁ, L.: *Retardéry horenia*. Arpos, 18-19, 2005. 18-21 s. ISSN 1335-5910
- [2] Wikipédia, slobodná encyklopédia. [27. september 2012]. Dostupné na: <http://sk.wikipedia.org/wiki/Retard%C3%A9r>
- [3] Google, internetový vyhľadávač obrázkov. [2012]. Dostupné na: [https://www.google.sk/search?q=fire%20retardants&source=fire+retardants&gs\\_l=img](https://www.google.sk/search?q=fire%20retardants&source=fire+retardants&gs_l=img).
- [4] DRYSDALE, D.: *An Introduction to Fire Dynamics*. Second edition. University of Edinburgh, UK. West Sussex, England: John Wiley & Sons Ltd, 1999. ISBN 0 471 97290 8
- [5] BABRAUSKAS, V., WICKSTRÖM, U.G.: *Thermoplastic pool compartment fires*. Combust flame 34 (1979), 195–201 s.
- [6] OSVALDOVÁ, L., KOPYLOVÁ, E.: *Fire retardation of spruces wood*. IN: Wood & Fire Safety. Zvolen: Vydavateľstvo Technickej univerzity vo Zvolene, 2004. 211 – 217 s. ISBN 80-228-1319-2
- [7] OSVALD, A.: *Hodnotenie požiarnej bezpečnosti materiálov a výrobkov z dreva a na báze dreva*. Skriptá. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 1997. 104 s. ISBN 80-228-0595-5
- [8] OSVALD, A., OSVALDOVÁ, L.: *Retardácia horenia smrekového dreva*. Vedecké štúdie. Zvolen : Technická univerzita Zvolen, 2003. 61 s.
- [9] BUČKO, P., OSVALD, A., RÉH, R.: *Vlastnosti vodovzdorných drevotrieskových dosák retardovaných proti ohňu*. Drevo, 45, 1990. Č. 2, S. 38 – 39. ISSN 0012-6144
- [10] ScienceDirect – The world's leading full-text scientific database. [2012]. Dostupné na: [http://www.sciencedirect.com/science/articles/PII/URL&\\_method=list](http://www.sciencedirect.com/science/articles/PII/URL&_method=list)



## Adresa autorov

Prof. Ing. Anton Osvald, CSc.

Katedra požiarneho inžinierstva,

Fakulta špeciálneho inžinierstva,

Žilinská univerzita v Žiline,

Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina,

e-mail: [anton.osvald@fsi.uniza.sk](mailto:anton.osvald@fsi.uniza.sk)

Ing. Adelaida Fanfarová

Katedra požiarneho inžinierstva,

Fakulta špeciálneho inžinierstva,

Žilinská univerzita v Žiline,

Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina

tel. č.: 0902 167 955

e-mail: [adelaida.fanfarova@fsi.uniza.sk](mailto:adelaida.fanfarova@fsi.uniza.sk)



Key note

## POŽIARNE INŽINIERSTVO AKO METÓDA NAVRHOVANIA POŽIARNEJ BEZPEČNOSTI

### FIRE ENGINEERING – A METHOD FOR DESIGNING FIRE SAFETY

Anton OSVALD, Vladimír MÓZER

#### Abstract

This paper provides an overview of fire engineering as a method of designing the fire safety of buildings. It deals with its general definition, history, development and the tools it utilizes, together with a description of individual steps involved in the fire safety design process. As fire engineering is used in Slovakia to a very limited extent, examples of fire engineering systems used abroad are provided. And although fire engineering is generally considered a useful method, allowing for innovative building design, some of the risks associated are evaluated. The final part of the paper deals with what should be done, in the authors' opinion, in order to allow for safe use of fire engineering in Slovakia.

**Keywords:** *fire engineering, development, application, risks, futur.*

#### 1. ÚVOD

Požiarne inžinierstvo ako samostatná technicko-vedecká disciplína je na rozdiel od iných inžinierskych disciplín relatívne mladé. Aj napriek svojmu „nízkemu veku“ je to



však disciplína, ktorá vyžaduje od tých, ktorí sa jej profesionálne venujú vysokú úroveň poznania z nie jedného, ale viacerých oblastí techniky a vedy a ich vzájomnú interakciu.

Požiarne inžinierstvo by určite nemalo mať za cieľ generalizovanú aplikáciu vopred určených hodnôt požiarnej odolnosti, dĺžky únikových ciest atď., pre ten ktorý typ priestorov na základe predpísaných hodnotiacich parametrov. Požiarne inžinierstvo by, naopak, malo byť založené na využívaní elementárnych metód a poznatkov, adekvátne zvolených na základe technického poznania a profesionálneho úsudku, s cieľom eliminovať, a kde to nie je možné znížiť na akceptovateľnú úroveň, riziká prípadného požiaru na život, majetok a životné prostredie.

Je nutné zároveň si uvedomiť, že aj napriek významnému pokroku, ktorý požiarne inžinierstvo od svojho vzniku zaznamenalo, sú v ňom oblasti kde je naše poznanie neúplné, alebo sa z hľadiska praktickej aplikácie vyžaduje určitá miera zjednodušenia. Toto všetko kladie na požiarneho inžiniera vysoké požiadavky čo sa týka jeho odbornej úrovne a zároveň aj veľkú dávku zodpovednosti, aby predkladané riešenia boli bezpečné, účinné a dostatočne robustné.

## 2. HISTÓRIA POŽIARNEHO INŽINIERSTVA

Skorá história požiarnej ochrany sa prevažne spája s obrovskými požiarimi – konflagráciami, ktoré zasiahli a zničili mestské územia o veľkej rozlohe. Ako príklad môžeme spomenúť veľké požiare Ríma (64 pnl) a Londýna (1666), alebo konflagrácie v mestách Chicago (1894) a San Francisco (1904). Tieto a im podobné katastrofy viedli k zavádzaniu určitých požiadaviek a obmedzení, napríklad špecifikáciu povolených a zakázaných stavebných materiálov, nutnosť stavať požiarne pásy a dodržiavať odstupové vzdialenosti atď., ktoré boli vlastne predchodcami dnešných predpisov a noriem [1], [2].

Avšak rozvoj požiarneho inžinierstva ako idey predchádzať požiarom a kontrolovať ich pomocou „inteligentného inžinierskeho prístupu“ nastal podľa Bugbee až počiatkom 19. storočia na severovýchode USA [3]. Je teda zrejmá súvislosť s postupujúcou priemyselnou revolúciou a úrovňou vedecko-technického poznania.



V 19. storočí bola v USA hlavnou hnacou silou požiarneho inžinierstva odvetvie poisťovníctva. V priebehu tohto obdobia zároveň vznikajú spoločnosti ako Factory Mutual, Factory Insurance Association, National Board of Fire Underwriters, Underwriters Laboratories a National Fire Protection Association, ktoré pri svojich aktivitách aplikovali inžinierske a vedecké princípy pri ochrane života a majetku pred požiarmi [1].

Na prelome 19. a 20. storočia vzniká na Armour Institute of Technology v Chicagu vôbec prvý samostatný bakalársky študijný program v odbore požiarne inžinierstvo, opäť za podpory odvetvia poisťovníctva [4].

Nelson [5] vo svojej práci uvádza, že históriu požiarneho inžinierstva je možné rozdeliť do troch fáz: do druhej svetovej vojny, počas nej a moderné požiarne inžinierstvo v povojnovom období. Do druhej svetovej vojny bolo odvetvie vedené primárne oblasťou poisťovníctva, ako bolo spomenuté vyššie. Počas vojny sa požiarne inžinierstvo zameriavalo na ochranu priemyselných kapacít a zdrojov s ňou súvisiacich. Po druhej svetovej vojne je už zrejmý aj trend takzvaného konzultanta v oblasti požiarneho inžinierstva a vývoj odvetvia do podoby, tak ako ho poznáme dnes.

Niet pochybností o tom, že tretia fáza rozvoja požiarneho inžinierstva predstavuje najväčší posun vpred, čo je opäť priamo podmienené rozvojom vedecko-technických disciplín, ktoré tvoria jeho základ. Je zároveň možné sledovať aj vznik samostatnej požiarnej vedy – fire science a mnohých samostatných študijných programov požiarneho inžinierstva na univerzitách. Môžeme teda bez obáv konštatovať, že z požiarneho inžinierstva sa stalo plnohodnotné inžinierske odvetvie.

### **3. POŽIARNE INŽINIERSTVO A JEHO APLIKÁCIA**

#### **3.1 Základná definícia pojmu „Požiarne inžinierstvo“**

Požiarne inžinierstvo je zadefinované v článku 3.11 ISO/TR 13387-1:1999 ako [6]:



*Aplikácia inžinierskych princípov, zásad a expertného posúdenia založeného na vedeckom chápaní fenoménu ohňa, jeho efektov a reakcii a správania sa ľudí za účelom:*

- *Chrániť život, majetok a zachovávať životné prostredie a historické dedičstvo;*
- *Kvantifikovať nebezpečenstvá a riziká požiaru a ich efekty;*
- *Analyticky zhodnotiť optimálne ochranné a preventívne opatrenia nevyhnutné na obmedzenie následkov požiaru v predpísanom rozsahu.*

Tu by zároveň bolo vhodné upozorniť aj na mierne rozdiely v anglickej terminológii. V americkej literatúre je požiarne inžinierstvo ako *fire protection engineering*. V britskej literatúre sa používa pojem *fire safety engineering* a pojem *fire protection engineering* naproti tomu označuje oblasť navrhovania a projektovania požiaro-technických zariadení [7]. Bežne sa však stretávame aj s pojmom *fire engineering*, ktorým autori označujú požiarne inžinierstvo v USA aj UK angličtine.

V našej terminológii sa pre využívanie metód požiarneho inžinierstva pri riešení požiarnej bezpečnosti stavieb zaužívali termíny *inžiniersky* alebo *performatívny prístup*. V tomto článku sú použité obidva termíny s ohľadom na ich vhodnosť v rámci kontextu.

### **3.2 Ciele a úlohy požiarneho inžinierstva**

Hlavným cieľom požiarneho inžinierstva, u nás známe aj ako inžiniersky alebo performatívny prístup riešenia požiarnej bezpečnosti stavieb, by malo byť zabezpečenie dostatočnej úrovne požiarnej bezpečnosti pre prípady, kde použitie preskriptívnych prístupov nie je vhodné prípadne možné vzhľadom na unikátnosť alebo komplexnosť riešenej situácie. V týchto prípadoch by napríklad aplikácia preskriptívneho prístupu mohla znamenať obmedzenie funkčnosti, prípadne neprimerane vysoké ekonomické náklady. Zároveň si je však nutné uvedomiť, že požiarne inžinierstvo nemá za cieľ nahradiť preskriptívne metódy v bežných situáciách, a už vôbec by nemalo slúžiť na ich „obchádzanie“.

Kým preskriptívne normy a predpisy určujú, či už priamo alebo nepriamo, čo sa považuje z hľadiska požiarnej ochrany za bezpečné, pri inžinierskom (performatívnom) prístupe sú tieto ciele (príp. limity) stanovované pre každý prípad osobitne.



Týmto sa teda dostávame k podstate fungovania inžinierskeho prístupu riešenia požiarnej bezpečnosti stavieb:

*Nie sú navrhované len postupy na dosiahnutie cieľov, ale aj ciele samotné.*

Hore uvedený princíp však zo sebou nesie aj riziko, že nesprávne či neúplne zadefinované ciele, tzv. *performance objectives* povedú implementácii neadekvátnych alebo neprimeraných postupov a riešení, a tým pádom nedostatočnej požiarnej bezpečnosti.

### 3.3 Súčasný stav požiarneho inžinierstva vo svete a v SR

Celosvetový trend vzostupu využívania metód požiarneho inžinierstva je zrejmý. Je to dané hlavne smerovaním modernej architektúry a inovatívneho dizajnu, ktoré si vyžadujú rovnako inovatívny prístup aj od požiarnych inžinierov v otázkach požiarnej bezpečnosti. Na podporu tohto trendu čím ďalej tým viac krajín prijíma, respektívne už oficiálne prijalo, inžiniersky prístup riešenia požiarnej bezpečnosti a vo väčšej či menšej miere aj legislatívne jeho využívanie ošetrili [8].

V tomto ohľade by sa dal ako príklad uviesť britský systém riešenia požiarnej ochrany stavieb, ktorý na základe všeobecne stanovených základných požiadaviek prostredníctvom Stavebného zákona – Building Regulations [9] umožňuje na ich dosiahnutie využiť niektorú z úrovní prístupu v závislosti na špecifikách danej stavby:

1. úroveň – Preskriptívny prístup, ktorý je určený pre bežné typy stavieb bez špeciálnych súčastí : Approved Document B *Fire safety (vol. 1 & 2)* [10]
2. úroveň – Flexibilný preskriptívny prístup, ktorý je určený pre väčšie a komplexnejšie stavby ako napríklad nákupné centrá, štadióny, kiná a pod. : BS 9999:2008 *Code of practice for fire safety in the design, management and use of buildings* [11]
3. úroveň – Inžiniersky (performatívny) prístup, ktorý je určený pre projekty nad rámec 1. a 2. úrovne kvôli ich komplexnosti alebo unikátnosti (napr. historické stavby): BS 7974:2001 *Application of fire safety engineering principles to the design of buildings — Code of practice* [12].

Všetky tri prístupy fungujú na takzvanom princípe ekvivalentnej úrovne požiarnej bezpečnosti, teda naplnení základných požiadaviek stanovených stavebným zákonom.



Je na požiarnom inžinierovi, ktorú z metód zvolí, avšak v situáciách kde je to možné, je nutné preukázať, že využitím inžinierskeho prístupu bude úroveň požiarnej bezpečnosti danej stavby rovnaká alebo vyššia, ako by bola pri aplikácii preskriptívnych postupov.

Obdobný systém ekvivalencie funguje aj v ďalších krajinách. Ako ďalší príklad môžeme uviesť USA, kde NFPA 101 *Life safety code* [13] uvádza ako rovnocenné možnosti na naplnenie cieľov a požiadaviek ochrany života preskriptívnu a performatívnu možnosť a tieto ciele a požiadavky aj jasne definuje.

Ustanovenia Sekcie 5 NFPA 101 ďalej definujú požiadavky a predpoklady, ktoré musia byť pri využití performatívnej možnosti naplnené. Tieto zahŕňajú napríklad [13]:

- potrebnú kvalifikáciu požiarneho inžiniera;
- možnosť kontrolného orgánu požiadať o nezávislé expertné posúdenie návrhu;
- časti návrhu, ktoré musia splňať preskriptívne požiadavky normy;
- požadované požiarne scenáre;
- bezpečnostné faktory a ďalšie.

O tom, že v USA je oblasť požiarneho inžinierstva veľmi silná niet pochýb, čoho dôkazom sú okrem vyššie spomínanej NFPA 101 aj publikácie vydávané Society of Fire Protection Association. Sem patria napríklad kľúčové publikácie ako *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* [14], *SFPE Engineering Guide to Performance-Based Fire Protection* [15] a ďalšie, ktoré boli akceptované požiarnymi inžiniermi, ale aj kontrolnými orgánmi po celom svete.

Čo sa týka úrovne implementácie metód požiarneho inžinierstva a celkovo inžinierskeho prístupu riešenia požiarnej bezpečnosti stavieb na Slovensku, musíme konštatovať, že je veľmi limitovaná. Niektoré časti technických noriem radu STN 92 0201 [16] využívajú relatívne detailné výpočtové metódy vychádzajúce s požiarnej vedy a umožňujú určitý stupeň flexibility. Napriek tomu však nie je možné využívať alternatívne postupy (mimo čiastkové postupy uvedené v norme) ani zdefinovať alternatívne ciele so zámerom dosiahnuť ekvivalentnú úroveň požiarnej bezpečnosti.

Požiarne bezpečnosť stavieb sa musí, podobne ako je tomu aj v iných krajinách, riešiť v súlade s platnou legislatívou [17][18][19]. Táto je momentálne nastavená takým spôsobom, že priamo nedefinuje akceptovateľné alternatívne prístupy alebo podmienky,



za ktorých by bolo možné alternatívne prístupy riešenia požiarnej bezpečnosti stavieb využiť. V rámci objektívnosti je však potrebné uviesť, že v určitých prípadoch je možné využiť alternatívne možnosti, avšak jedná sa len o čiastkové postupy, ako napríklad výpočet ekvivalentného času trvania požiaru.

## 4. APLIKÁCIA POŽIARNEHO INŽINIERSTVA

Vzhľadom na rozsiahlosť danej témy, má táto kapitola za cieľ veľmi stručne priblížiť všeobecnú aplikáciu inžinierskeho prístupu a jednotlivé skupiny metód a nástrojov využívaných v rámci aplikácie požiarneho inžinierstva.

### 4.1 Všeobecný postup pri aplikácii inžinierskeho prístupu

ISO TR 13387-1 sumarizuje kroky, ktoré tvoria proces aplikácie inžinierskeho prístupu riešenia požiarnej bezpečnosti nasledovne [6]:

#### 1. krok - Kvalitatívne vyhodnotenie návrhu - Qualitative design review (QDR)

V tomto kroku je nevyhnutné:

- Zadefinovať ciele požiarnej bezpečnosti a kritériá prijatia – v prípade potreby konzultovať s orgánmi štátnej správy;
- Určiť predpísané parametre návrhu analýzou architektonického predkladaného riešenia a navrhovaných požiaro-bezpečnostných opatrení;
- Charakterizovať stavbu a osoby, ktoré sa v nej budú nachádzať, inými slovami stanovenie parametrov, ktoré neboli určené architektonickým návrhom;
- Identifikovať potenciálne požiarne riziká a ich predpokladané následky;
- Zadefinovať skúšobné požiaro-bezpečnostné návrhy;
- Určiť vhodné metódy analýzy (vybrať vhodné nástroje požiarneho inžinierstva pozn. autora)

#### 2. krok - Kvantitatívna analýza návrhu – Quantitative analysis of design

Kvantitatívna analýza návrhu spočíva vo vykonaní časovo závislej kvantifikačnej analýzy s využitím vhodných ISO subsystemov, prípadne iných analytických metód tak

ako bolo stanovené v QDR so zreteľom na využívanie matematických modelov, ktoré prešli verifikáciou (ISO/TR 13387-3).

### 3. krok – Vyhodnotenie výstupov analýzy oproti bezpečnostným kritériám

V prípade nesplnenia bezpečnostných kritérií je nutné prijať ďalšie opatrenia, napr. kontrolu nárastu a šírenia požiaru, alebo alternatívne redukovať čas potrebný na evakuáciu a zvýšiť úroveň požiarnej odolnosti.

### 4. krok – Zhrnutie a prezentácia výsledkov

Graficky by sa dal vyššie uvedený postup znázorniť nasledovne:

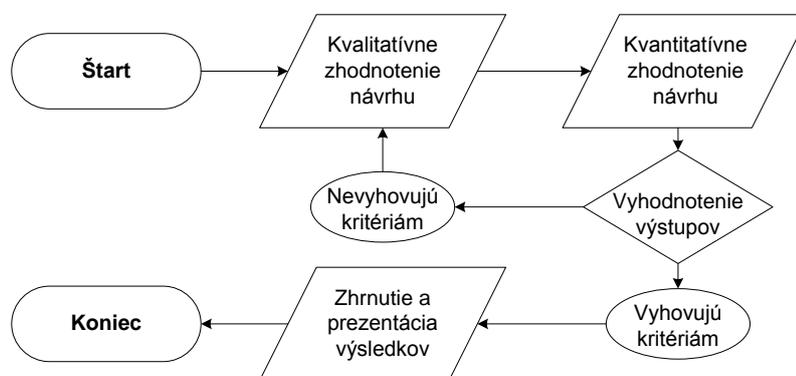


Figure 9 Basic fire safety design process

## 4.2 Metódy a nástroje požiarneho inžinierstva

Bežne sa pri aplikácii inžinierskeho prístupu stretávame s nasledujúcimi analytickými metódami požiarneho inžinierstva:

- **jednoduché výpočty** – výška plameňa, teplota a výška horúcej vrstvy, zjednodušené modelovanie priebehu evakuácie, výpočty tepelného žiarenia z požiaru;
- **počítačové výpočty a modely** – zjednodušené a komplexné modelovanie priebehu požiaru s rozložením teplôt a prúdením spodín horenia, aktiváciou a účinkami SHZ a ZOTSH, detailné modelovanie priebehu evakuácie v reálnom čase, atď;



- **pravdepodobnostné štúdie a výpočty** – tieto sa zaoberajú neurčitostami spojenými s procesom rastu a šírenia sa požiaru, prechodmi z jednej fázy do druhej, aktivácie požiarotechnických zariadení ale aj procesom evakuácie;
- **experimentálne metódy** – experimenty v rôznych mierkach pre vyhodnotenie zamýšľaného návrhu alebo jeho časti v podmienkach čo najviac sa približujúcim reálnemu požiaru – veľmi zriedka využívané vzhľadom na vysokú finančnú náročnosť.

Hore uvedené analytické metódy požiarneho inžinierstva sa líšia jednak formátmi a detailnosťou vstupov a výstupov, ako aj presnosťou a rozsahom využitia. Pri ich výbere je teda rozhodujúce posúdenie komplexnosti analyzovanej situácie, potrebných (a akceptovateľných) zjednodušení, požadované výstupy a kompatibilita s cieľmi požiarnej bezpečnosti a kritériami ich prijatia.

## 5. VÝHODY A RIZIKÁ SPOJENÉ S POŽIARNYM INŽINIERSTVOM

### 5.1 Výhody aplikácie inžinierskeho prístupu

Hlavným dôkazom výhodnosti aplikácie inžinierskeho prístupu je samotný rozvoj oblasti požiarneho inžinierstva a jeho stúpajúce využívanie v praxi. Inžiniersky prístup navrhovania systémov požiarnej ochrany môže (a mal by pozn. autora) priniesť radu výhod oproti preskriptívnemu prístupu [15]:

- Inžiniersky prístup špecificky zohľadňuje osobitné aspekty alebo využitie budovy, rovnako ako špecifické potreby zúčastnených strán a zvažuje aj potreby širšej komunity tam kde je to relevantné.
- Inžiniersky prístup poskytuje základ pre vývoj a výber alternatívnych možností požiarnej ochrany, založených na potrebách projektu (napr. v prípade, kedy predpisom požadované riešenie nenapĺňa požiadavky niektorej zo zúčastnených strán).



- Inžiniersky prístup umožňuje porovnanie úrovni bezpečnosti poskytovaných alternatívami návrhmi. Porovnávanie alternatív poskytuje mechanizmus na stanovenie akceptovateľnej úrovne bezpečnosti vzhľadom na náklady.
- Inžiniersky prístup vyžaduje využitie škály nástrojov pri analýze, ktoré prináša zvyšovanie inžinierskej dôslednosti a inovatívne možnosti návrhu.

Návrh založený na inžinierskom prístupe prináša stratégiu požiarnej ochrany, ktorá systémy požiarnej ochrany integruje namiesto ich navrhovania a posudzovania v izolácii.

## 5.2 Riziká aplikácie inžinierskeho prístupu

Jedným z najväčších rizík, ktoré sa spája s využívaním požiarneho inžinierstva v praxi je snaha ušetriť finančné prostriedky na požiarnu ochranu a to až do takej miery, ktorá má negatívny vplyv na celkovú požiarnu bezpečnosť stavby. Wilkinson [20] uvádza pomerne znepokojivý trend, ktorý poukazuje na „zneužívanie“ požiarne inžinierstvo na legitimizáciu deviácií v prípadoch, keď je možné bez väčších problémov dosiahnuť vyhovujúce riešenie aj aplikáciou štandardných preskriptívnych postupov.

Ďalšie riziko sa spája s výberom metód a nástrojov, ktoré budú použité na analýzu návrhu. Väčšina výpočtových metód, či už sa jedná o ručné alebo počítačové výpočty, využíva alebo obsahuje semi-empirických alebo plne empirické vzťahy. To znamená, že tieto metódy poskytujú výsledky z určitou mieru presnosti pre stanovený rozsah platnosti, zväčša vyjadreným okrajovými podmienkami. Snaha uplatniť výpočtové metódy mimo týchto podmienok, hlavne z dôvodu ich neznalosti, môže viesť v významne skresleným výsledkom a tým pádom návrhu, ktorý v skutočnosti nie je z hľadiska požiarnej bezpečnosti vyhovujúci.

Ďalším problémom je rozsah, kvalita a platnosť dát, ktoré sú k dispozícii. Wilkinson [20] uvádza príklad, kde výskumný pracovník požiadala o odstránenie jeho materiálu z medzinárodnej publikácie, z dôvodu obáv, že ním poskytnuté dáta už nemusia byť platné.

Pri praktickej aplikácii dát v rámci požiarneho inžinierstva zároveň prakticky vždy dochádza, k určitej miere extrapolácii, vzhľadom na fakt, že podmienky za ktorých



boli získané sa líšia od podmienok, za ktorých budú aplikované. Je teda nutné, aby požiarny inžinier vedel v rámci svojho expertného úsudku tento fakt zohľadniť a poznal hranice aplikácie rovnako ako pri výber a používaní analytických metód.

## 6. ZÁVER- AKO ĎALEJ?

O potrebe akceptovať metódy požiarného inžinierstva, zaviesť a regulovať ich používanie na Slovensku, samozrejme s adekvátnymi legislatívnymi zmenami, sa vedie v odborných kruhoch diskusia už dlho. Prakticky celá odborná verejnosť sa vyjadruje za to aby tieto metódy boli zrovnoprávnené s preskriptívnymi metódami tak ako je to v zahraničí. Treba si však uvedomiť, že tak ako zo sebou prináša inžiniersky prístup riešenia požiarnej bezpečnosti stavieb nepopierateľné výhody a podporu inovatívneho dizajnu, je zároveň nutné byť pri prijímaní potrebných legislatívnych zmien opatrný.

Základom každého úspešne fungujúceho systému by mali byť jasne a zrozumiteľne zadané pravidlá, robustnosť a možnosť efektívnej kontroly. Samozrejme, na druhej strane musia byť zodpovední požiarni inžinieri s vysokou úrovňou odbornej prípravy, ktorí budú vedieť voliť a využívať adekvátne metódy požiarného inžinierstva. Je preto nevyhnutné, aby sa u nich, tak ako je to napríklad u špecialistov požiarnej ochrany, jasne zadefinovali požiadavky na ich odbornosť a tieto boli následne opakovane overované.

Vidíme teda, že pre úspešné a bezpečné zavedenie požiarného inžinierstva do praxe je potrebné viac než akceptovať jeho metódy. Je nutné vedieť celý proces aj regulovať a kontrolovať a zabezpečiť požadovanú odbornosť.

Záverom zostáva snáď už len dodať, že sledovaním a analýzou lepšie či horšie fungujúcich systémov požiarného inžinierstva v zahraničí, sa nám ponúka jedinečná možnosť aby sme tieto skúsenosti využili vo svoj prospech a vyvarovali sa zbytočných chýb pri jeho zavádzaní do slovenskej praxe.



## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] COTE, Arthur E. History of Fire Protection Engineering. In *Fire Protection Engineering Magazine*. [Online] 10 2008. [cit: 2012-08-10.] <http://magazine.sfpe.org/professional-practice/history-fire-protection-engineering>.
- [2] QUINTIERE, James G. *Fundamentals of Fire Phenomena*. 1. Vyd. Chichester : John Wiley & Sons, 2006. 459s. ISBN 0-470-09113-4.
- [3] BUGBEE, Percy. *A Brief History of the Society of Fire Protection Engineers: 1950-1975*. 1. vyd. Bethesda : Society of Fire Protection Engineers, 1975. 66s. B0006WAYYO.
- [4] LUCHT, David A. Coming of Age. In *SFPE Journal of Fire Protection Engineering*. ISSN 1532-172X, roč. 2, 1989, č. 1, s. 35-48.
- [5] NELSON, Harold E. History of Fire Technology. In *Conference on Fire Safety Design in the 21st Century*. Worchester : Worchester Polytechnic Institute, 1991
- [6] ISO/TR 13387-1: 1999, *Fire safety engineering -- Part 1: Application of fire performance concepts to design objectives*
- [7] CIBSE. *CIBSE Guide E: Fire safety engineering*. 3rd edition. Londýn: CIBSE, 2010. 216 s. ISBN 978 1 906846 13 8
- [8] CHARTERS, David A., et. al. An initial study of the potential impact of performance-based codes and fire safety design methods on the level of fire safety . In *8th International Conference on Performance-Based Codes and Fire Safety Design Methods*. Bethesda : Society of Fire Protection Engineers, 2010
- [9] *The Building Regulations 2010, Her Majesty's Stationery Office*
- [10] CLG. *Approved Document B, (vol. 1&2) 2006, Communities and Local Government*
- [11] BS 9999:2008 *Code of practice for fire safety in the design, management and use of buildings*
- [12] BS 7974:2001 *Application of fire safety engineering principles to the design of buildings — Code of practice*
- [13] NFPA 101 *Life safety code (2010 edition)*
- [14] SFPE. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. 3rd edition. Quincy : National Fire Protection Association, 2002. 1606s. ISBN 087765-451-4.



- [15] SFPE. *SFPE Engineering Guide to Performance-Based Fire Protection*. 2nd edition. Bethesda : Society of Fire Protection Engineers, 2007. 220s. ISBN 0877657890
- [16] STN 92 0201 časť 1 až 4 *Požiarne bezpečnosť stavieb* (aktuálne vydania).
- [17] *Vyhláška MV SR č. 94/2004 Z.z., ktorou sa ustanovujú technické požiadavky na protipožiarne bezpečnosť pri výstavbe a pri užívaní stavieb, v znení neskorších neskorších zmien*
- [18] *Vyhláška MV SR č. 121/2002 Z.z. o požiarnej prevencii v znení neskorších zmien*
- [19] *Zákon NR SR č. 314/2001 Z.z. o ochrane pred požiarmi v znení neskorších zmien*
- [20] WILKINSON, Peter J., Has fire engineering lived up to expectations?, In. *8th International Conference on Performance-Based Codes and Fire Safety Design Methods*. Bethesda : Society of Fire Protection Engineers, 2010

## Adresa autorov

Prof. Ing. Anton Osvald CSc.

Katedra požiarneho inžinierstva

Fakulta špeciálneho inžinierstva

Žilinská Univerzita v Žiline

Ul. 1. Mája 32, Žilina

e-mail: [anton.osvald@fsi.uniza.sk](mailto:anton.osvald@fsi.uniza.sk)

Ing. Vladimír Mózer PhD.

Katedra požiarneho inžinierstva

Fakulta špeciálneho inžinierstva

Žilinská Univerzita v Žiline

Ul. 1. Mája 32, Žilina

e-mail: [vladimir.mozer@fsi.uniza.sk](mailto:vladimir.mozer@fsi.uniza.sk)



Pozvaná prednáška

## SAFETY OF TRANSPORT OF DANGEROUS GOODS BY RAIL AND THE RULES FOR FIRE AND RESCUE EMERGENCY ACTIONS

Marek RYBAKOWSKI – Jozef MARTINKA

### Abstract

The paper discusses the issue of rail transport of dangerous substances and the conduct of the National Fire Service in the event of a failure. The notion of hazardous materials is defined and the designations and safety rules associated with their transport are presented – The Rules for International Transport of Dangerous Goods. Disasters and accidents in the rail transport do not happen as often as on the roads, but their occurrence is always implicating a larger scale of the event and more adverse effects. Special groups of chemical and ecological rescuers are necessary in accidents involving hazardous substances. The principles of the rescue operations - fighting in crisis situations and disasters in rail transport are the main part of the paper. A particular focus is given in the article to the management and action procedures at the events involving hazardous materials carried out by the National Fire Service, using different types of equipment in the rescue operations.

**Keywords:** *Safety, hazardous materials, rail transport, disasters rescue and firefighting action.*

### 1. INTRODUCTION

Freight transport, both the road and rail one, is a daily picture of life and work of human in technological civilization. It is very important that this transport held securely

and does not affect people and the environment negatively [8]. However, no one is able to guarantee the total safety of the transport of goods - including dangerous goods. Rail disasters and accidents do not happen as often as the road ones, but their occurrence always carries a larger scale events and effects. Safe transport of dangerous goods by rail is guaranteed by procedures that have to be restricted. These procedures shall be governed by the legal acts on the transport of hazardous materials - for rail transport described in detail in the Regulations for the International Carriage of Dangerous Goods, **RID** - (fr. **R**eglement concernant le transport des **I**nternationale ferroviaire marchandises **D**angereuses) [7].

*In the following paper it was decided to answer the following questions:*

1. *What regulations normalize rail transport of dangerous goods?*
2. *What are the steps and procedures for rescue and fire-fighting force in crisis situations in rail?*
3. *What is the protection of rescuers involved in the rescue and fire fighting activities involving dangerous goods?*

*The last part of the article is an analysis of the actual events involving rail transport of hazardous materials - rescue action on 08<sup>th</sup> November 2010, in Bialystok.*

## 2. BASIC INFORMATION ABOUT RAIL TRANSPORT

Rail infrastructure is divided into main, primary and secondary lines and lines of local importance [4]. The main axes of railway transport in Poland shows Figure 1.

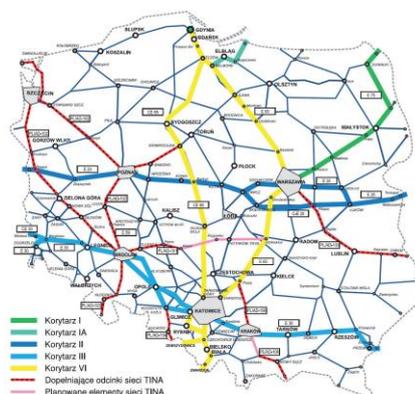


Figure 1. Main axes of railway transport in Poland [4]

Density of railway network in the European Union is 6.2 km per 100 km<sup>2</sup> an average. In Poland this ratio is 6.9 km per 100 km<sup>2</sup>. However, the whole country is varied depending on the geographical region.

### 3. DANGEROUS SUBSTANCES

Environmental Protection Act of 27 April 2001 [11]. Article 3 shows the definition of hazardous substances, which is: *the term hazardous substance means: one or more substances or mixtures of substances which, because of its chemical, biological or radioactive may, in the event of improper handling, endanger the life or health of humans or the environment; hazardous substance may be a raw material, product, intermediate product, waste and the substance which is the result of a failure.*

The RID contract regulates the rail transport of hazardous substances, but all signs are in accordance with **ADR** (fr. L 'Accord Européen relatif au transport international des marchandises **D**angereuses par **R**oute) [10]. The main indication in the ADR and RID system is the orange, warning board. It is divided into two parts and contains a string of numbers that determines the properties of the substance being transported.

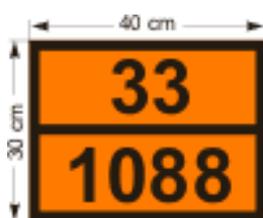


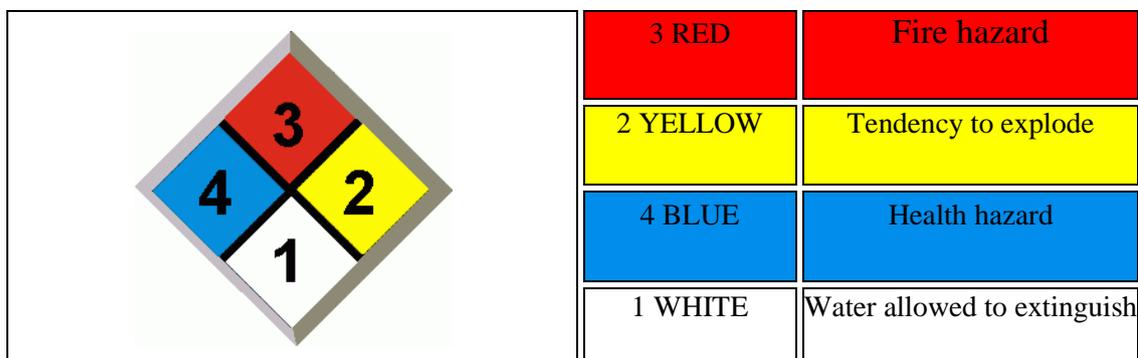
Figure 2. The example of information board mounted on the vehicle and wagons

The plaque number in the numerator is the number of risk identification. The number in the denominator is the number under which the substance is classified in the catalogue of UN hazardous materials. The annex to the ADR and RID agreement divides hazardous materials into nine classes of threats in 13 positions.

**Tab. 1** The digits in the numerator on the information board

<p><b>The first digit</b> specifies the type of hazardous material</p>	<p><b>The second and third digits in the numerator</b> are the additional hazardous characteristics</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 - gas</li> <li>• 3 - flammable liquid</li> <li>• 4 - flammable solids</li> <li>• 5 - material supporting burning or oxidizing, organic peroxide</li> <li>• 6 - toxic material</li> <li>• 7 - radioactive material</li> <li>• 8 - corrosive material</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 - no danger</li> <li>• 2 - gas emissions caused by pressure or chemical reaction</li> <li>• 3 - flammability of liquids (vapours) and gases</li> <li>• 4 - flammability of solids</li> <li>• 5 - oxidizing effect</li> <li>• 6 - toxic effects</li> <li>• 7 - radioactive action</li> <li>• 8 - corrosive</li> <li>• 9 - risk of spontaneous and violent reaction</li> </ul>

There is also a system of signs used in other countries such as the USA and the UK. Such signs include among others, the **NFPA 704**, a diamond with four coloured sections, presented in Figure 3. It creates a unified by the National Fire Protection Association (NFPA) system for rapid identification of major risks.



**Figure 3.** NFPA 704



The ADR signs are not used in the UK. The country has its own system of signs of hazardous substances that are carried. This indication is in the form of plate, which is divided into five parts. Each section contains the information needed to make decisions and conduct of rescue - fire: Hazchem - code, UN number, phone number to the manufacturer of transported substances, graphic symbol representing a threat and the brand symbol of the producer.

## **4. LEGISLATION GOVERNING THE CARRIAGE OF DANGEROUS GOODS BY RAIL**

The European RID and ADR agreements are the legal acts governing the carriage of dangerous goods in Poland as well as the act on the transport of dangerous goods by rail of 31<sup>st</sup> March 2004 [12], the act of 28<sup>th</sup> of March 2003 on the rail transport [1] and the rules of the transport of dangerous goods to the Agreement on International Railway Freight Transport [2]. The law on the transport of dangerous goods by rail from 31<sup>st</sup> March 2004 regulates the transport of goods by rail, the obligations of the participants in such transportation, rules for carrying out the assessment of transportable pressure equipment, the power of safety adviser for the transport, and also the authorities and bodies competent to exercise supervision and control.

## **5. THE PROCEDURES AND RULES OF CONDUCTING RESCUE AND FIRE- FIGHTING OPERATIONS IN RAIL TRANSPORT INVOLVING HAZARDOUS MATERIAL**

While rail accidents involving hazardous material the National Fire Brigade is the unit in charge of the direction of the rescue and fire fighting operation. Due to the specific nature of the risks, there is a special group of chemical and environmental rescue involved in the activities. The tasks of the chemical and ecological emergency are mainly:

- identifying types of threats and predicting possible development scenarios (sampling of hazardous substances);
- evacuating people and animals from dangerous places;



- warning about the threat, and the communicating of principles of behaviour;
- the act of preventing the spread of contamination and the neutralization of the hazardous substance (putting water curtains, use of sorbents, putting dams on watercourses);
- decontamination of people and equipment;
- securing of hazardous substances recovered or left in the tanks;
- cooperation with other agencies involved in the incident [5].

In Poland, in the National Rescue and Fire System there is a special group of chemical and ecological emergency, called CHEM SGR - EKO. It is a sub-unit, which includes a minimum of 12 rescue workers who have specialized training in chemical – ecological rescue operations and they have firefighting, technical and chemical rescue vehicles and other equipment [6]. During the action of such a group should be distinguished two zones of operation:

**Zone I** - is an area of direct rescue operations in which there is a threat to human life and health, and in this zone there are only allowed rescuers equipped with the appropriate equipment.

**Zone II** - is the area outside the zone I, in which emergency services are working and in which is logistics security.

The first and fundamental principle of the GSC CHEM – EKO group is a safe journey, taking into account the wind direction and the minimum distance from the point of failure:

- for gases - not less than 100 m,
- for substances creating explosive mixtures - not less than 100 m,
- for other chemicals - not less than 50 m.

The position of vehicles should allow the withdrawal of forces and resources in case of changes in the situation on the spot. The entire selection of settings should be based on the observation of the scene in terms of terrain and weather conditions prevailing at the time of arrival. The direction and strength of the wind is an important factor that should be noted.



The second rule says that rescuers should be secured by the appropriate personal protective equipment, that is: respiratory protection and chemical protecting clothing.

The third principle concerns the identification of substances with which we are dealing at the scene. Then the danger zone could be determined with the help of instruments and detectors.

The fourth principle is the absolute priority actions to save human life and health over the activities of others. Often it may be associated with making a decision about the state of necessity.

Fifth principle is lifeguards safety. It is about the principle of action in the danger zone for a minimum of two rescuers. They must also always be supported by a minimum of two lifeguards equipped with protective equipment with the same degree of protection, as are lifeguards.

Another rule is to maintain caution near the overhead line. When you turn to the appropriate services and the network is disconnected, you can safely proceed to action.

The seventh principle is the sudden return of action during the event. Hazardous substances can react differently and the task of the commander is to follow the "rule of 10 minutes" talking about predicting the development of the situation in advance for 10 minutes.

Eighth principle applies to all kinds of leaks or spills that may pose an additional threat to everyone in the area.

The ninth principle is that the decontamination of both people and equipment must be done at the border of the danger zone.

The last of the principles is about the strict respecting of medical support in place of action.

Only after the liquidation of immediate concern and providing assistance to all those in need, the head of emergency operations may decide to terminate the action.

Firefighters work in an accident involving hazardous substances requires adequate personal protective equipment, but also the security of the event, and a substance that poses a threat. The State Fire Service to use for such events fire-fighting equipment commonly used to extinguish the fire and also specialized personal protective equipment.

## 5. FIREFIGHTER PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT

Respiratory protection devices (Fig. 4, 5) and gas-tight chemical protective clothing (Fig. 6, 7) are used for personal protection of firefighters during operations involving hazardous substances. Lifeguard "set" in such equipment may, depending on the hazardous substances, work in the danger zone.



**Figure 4. Firefighter with the respiratory apparatus**

Source: Fire-fighting and rescue units of School of Fire Service in Warsaw



**Figure 5. Respiratory apparatus AERIS TYPE II**

Source: Fire-fighting and rescue units of School of Fire Service Warsaw

The basic protection of firefighter - rescuer is respiratory protection. Respiratory protection equipment ensures safety in extreme conditions related to the impact of hazardous substances. It provides a high isolation from the harmful effects of the atmosphere contained at work.



**Figure 6. Gas-tight chemical protective clothing Type 1a**

[Training material of State Fire Service]



**Figure 7. Gas-tight chemical protective clothing type 1b**

[Training material of State Fire Service]



The second element of protective equipment is tight chemical protective clothing. Clothing such protection from dangerous substances in the form of: gases, vapours, liquids and dusts. The use of such garments is essential for any kind of accident or disaster involving hazardous substances.

## **6. ANALYSIS OF THE RESCUE AND FIRE-FIGHTING ACTIVITIES OF THE STATE FIRE SERVICE IN THE EXAMPLE OF RAIL ACCIDENT INVOLVING HAZARDOUS MATERIAL**

Event accident took place in Bialystok, on 8<sup>th</sup> November 2010. After the collision of two freight trains caught fire and created a real risk of explosion and environmental pollution. One of the trains consisted of 12 tanks of diesel and 20 of the raw material for the reformat, and a second train consisted of two tanks of propane gas and wagons. The scene area covered about 5000 m<sup>2</sup> [3]. The State Fire Service was informed by witnesses of the accident and on the basis of descriptions of events provided by people notifying, the duty officer said that the fire developed very quickly, covering the track with tankers damaged in collision. The rapid development of fire was encouraged by spills of flammable liquids from damaged tanks (oil derivatives: for the production of leaded petrol and diesel). The whole event was noticed at about 5:28 am. (Fig. 8 and 9).

The description of individual time steps [3, 9]: noticing and reporting the accident – at about 5:28; disposals - first alert of fire protection unit - 5:30; arrival of the first fire units (road directions 3 km) - 5:36; first-of-entry to the action - 5:39, location and fire danger - 10:34, liquidation of the event at 17:59 on 9<sup>th</sup> November 2010; return of the last unit - 18:27 on 9<sup>th</sup> November 2010. The total duration of the action - 36 hours 59 minutes.



**Figure 8. During first hours of the accident**

Phot. Agnieszka Sadowska



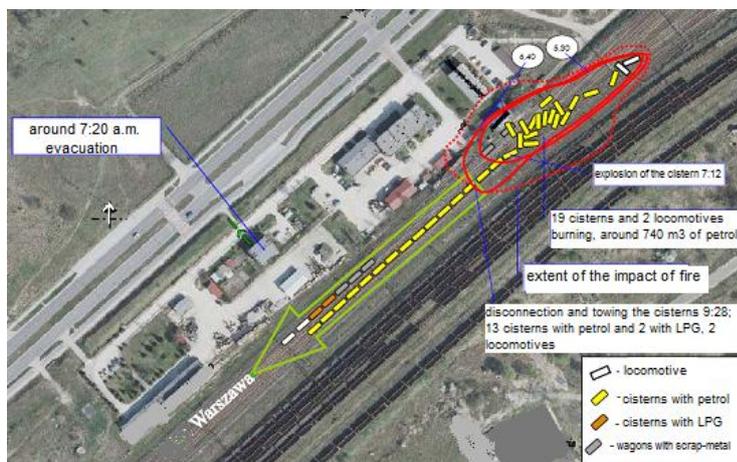
**Figure 9. Actions of the firefighters during**

the catastrophe. Phot. Agnieszka Sadowska

## 7. THE ANALYSIS OF THE FIRE-FIGHTING AND RESCUE ACTION

The first units of the Fire Brigade on arrival found the spot flames reaching several meters in height, the number of fire tankers was unknown, in the first moments there were contradictory information as to the type of burning chemicals and their quantities. Firefighters did not have information about victims staying in the affected scene (it was about drivers). After short time, drivers reported to rescuers and provided detailed information about the materials carried by them. All the action was divided into seven main phases.

The first phase of operations lasted from the beginning of the event until 6:19. Initial diagnosis was carried out on the risk of fire or explosion and possible attendance of the aggrieved people (drivers and other staff station). Then there was carried the evacuation of people from the most vulnerable buildings. Measures were taken to determine the type and amount of cargo carried on both trains. Additional forces and resources were requested. The head of the emergency operations received the confirmation of switching off the voltage in the electricity traction. In defence of the endangered buildings and two trains firefighters with respiratory apparatus gave four streams of water, one for the control burning building, the second alternate for the administration building and control room, and the third in defence of the station building, and the fourth on the tank. Water supply has been built for cars in the nearby hydrants. Current of hard foam on the tank was provided.



**Figure 10. Situational sketch of the disaster [3]**

The second phase of operations lasted from 6:19 to 9:47. At that time, additional forces and resources were called. The area has been divided into sections combat. Extinguishing and Rescue Unit Commanders were administrated to assume commands on particular parts of combat. Firefighters took actions to defend the threatened two trains, including 13 tanks and 2 fuel tanks containing LPG with 2 locomotives. Preparations have been taken to separate and pull up threatened wagons. Diesel locomotive towed threatened tanker. Water and foam was continuously provided on the burning tanks and buildings. Water supply was carried out on the basis of natural reservoirs. Commanders tried to provide a sufficient amount of extinguishing agent for continuous feeding it to the main group of misguided, burning tanks. Extinguishing action positions with the greatest exposure to changes of rescuers in the system was carried out every 15 minutes. There was continued cooperation with the Police, Railway Protection and the Municipal Guard, which provided separation and protection of land shares (see Figure 10).



Figure 11. Extinguishing and securing of heavy foam [3]



Figure 12. Cooling the tankers [3]

The activities carried out in the third phase from 9:47 until 10:34 led the main attack to make foam with lots of portable and transportable cannons, the purpose of which was to extinguish the main group of misguided, burning tanks in front part of the store. Cooling of fuel tank was carried out (Fig. 11, 12). Still Water supply was provided, and changes of rescuers in every 15 minutes.

The fourth phase of operations lasted from 10:34 to 18:24. The control of the zone of explosion hazard was conducted, and also temperature of tanks shells and the temperature of the liquid inside them. The cameras and infrared pyrometer was used. Cooling of tank shells was also continued. Spills from damaged tanks were protected. Leaking liquid was collected in tanks substituted. Pumping was conducted to substituted hydrocarbon tanks at the same time securing this practice by extinguishing currents.

The activities in the fifth stage were carried out from 18:20 to 0:30 on 9<sup>th</sup> November 2010. Those included pumping substances to substituted extinguisher tanks as well as to secure and control the temperature danger zone and tanks.

The sixth phase lasted from 0:30 to 8:33. It was the surveillance of burnt. The area was still controlled by the measurement of explosive concentrations of vapours. There was the beginning of preparations for the security measures relating to the removal of locomotives, tanks and cars to the side of the track.



Last seventh phase lasted from 8:33 until the end of activities. At that time the State Fire Service worked with the removal of railway locomotives and tanks outside the track. All the time there was carried out the control of vapour concentrations.

There were measures to protect and ways of doing things taken - despite the extreme danger they proved to be effective. Firefighters working in the most dangerous places used personal protective equipment appropriate to the risk involved. The defence of threatened tanks including the extinguishing two burning tanks of underaired part was carried out using a protection of existing infrastructure and garbage containers. There was used the position of lying firefighters on fighting points and changing positions every 15 minutes. These principles used particularly during the outbreak proved to be effective - no one was injured. Successive monitoring of the site in terms of fire and explosion in the fuel tank temperature using explosimeters, pyrometer and infrared cameras secured full control of the fire and explosive hazards and the safety of all participants in the action. While gathering - catching leaking fuel tanks and plastic barrels pumped into tank cars and trucks, firefighters used respiratory protective equipment. In addition, special clothes and suits were used to protect firefighters from the negative effects of contact with vapours of petroleum products. All this ensured the safety of rescue operations and reduced the high risk of accidents. Emergency actions taken as limited to a minimum of environmental pollution.

### **8. FINAL GENERALIZATION AND CONCLUSIONS**

All the objectives have been achieved. Almost all threatened tanks were protected against hepatitis (with the exception of two, which at the time of disconnection between the train and the risk of towing tanks were covered by fire as a result of the very rapid growth), the endangered buildings were also rescued. Successive explosions were not allowed, at the including the threatened LPG tanks. Soil contamination was limited to a minimum. All cases of liquid petroleum release to the environment occurred before extinguishing the fire. Measures to reduce contamination of the soil started immediately after extinguishing - the collection of fluid leakage in areas with tanks, pumping liquid from the local marshes in landfills. Dangerous action was carried out quickly and efficiently. Despite the high risk of the occurrence of explosions was carried out without incident tactical assumptions of rescue participants.



In such an event is extremely important to have the proper assurance of firefighters. It is unacceptable to carry out activities in the danger zone alone. Firefighters should always work in pairs (called Rota). If you need to work in potentially explosive atmospheres are a good way to protect rescuers to act in the supine position and the use of screens - in this case, were the fragments of existing rail infrastructure and even the garbage containers.

On the basis of described example, it was shown how well was the action undertaken, how specialized equipment was used and how people were perfectly protected with a lack of firefighters injured in action.

## Bibliography

- [1] Act on 28<sup>th</sup> March 2003 about the rail transport [PL] (Journal of Laws [Dz.U] of 2007, No. 16, item 94)
- [2] Annex No. 2 „ Rules on the transport of dangerous goods" to the Agreement on International Railway Freight Communications (SMGS)
- [3] City Headquarters of the State Fire Service in Bialystok, Analysis of the events on 8<sup>th</sup> November 2010, Białystok 2011
- [4] Kwaśnikowski, J., Gramza, G., Medwid, M.: Transport kolejowy a system logistyki Polski, Warsaw University of Technology Theses, Warsaw 2010
- [5] National Headquarters of the State Fire Service, Guidelines for organization chemical and ecological rescue in the National Rescue – Firefighting System, Warsaw 2007
- [6] Obolewicz, A.: Wypadki z udziałem towarów niebezpiecznych przewożonych w DPPL, National Headquarters of the State Fire Service, National Centre for Rescue Coordination and Civil Protection, Warsaw 2007
- [7] Regulations concerning the International Carriage of Dangerous Goods (RID), which is the C Annex to the Convention concerning International Carriage by Rail (COTIF); as amended [PL] (Journal of Laws [Dz.U] 2011, No.137, item 804)
- [8] Rybakowski, M.: How the use of tachograph in vehicles affect level of road safety in the opinions of drivers, [In:] Driver occupational safety. Shaping well-



being of drivers and passengers. Eds. W. Horst, G. Dahlke, Publishing House of Poznan University of Technology, Poznan 2010

- [9] State Fire Service: [www.kgppsp.gov.pl](http://www.kgppsp.gov.pl) [access 12<sup>th</sup> November 2011]
- [10] The consolidated text of the European Agreement ADR – as for 01<sup>st</sup> January 2011
- [11] The act, Environmental Protection Law of 27<sup>th</sup> April 2001r. [PL] (Journal of Laws [Dz.U] 2001, No. 62, item 627)
- [12] The law on the transport of dangerous goods by rail of 31<sup>st</sup> March 2004 [PL] (Journal of Laws [Dz.U] of 2004, No. 97, item 962)

## **Address:**

dr inż. Marek Rybakowski  
University of Zielona Góra,  
Faculty of Mechanical Engineering,  
e-mail: [M.Rybakowski@eti.uz.zgora.pl](mailto:M.Rybakowski@eti.uz.zgora.pl)

Ing. Jozef Martinka, PhD.  
Slovak University of Technology in Bratislava,  
Faculty of Materials Science and Technology in Trnava,  
e-mail: [jozef.martinka@stuba.sk](mailto:jozef.martinka@stuba.sk)



## **INSULATION OF WALLS (ETICS) OF POLYSTYRENE VS. FIRE PROTECTION**

### **IZOLÁCIA FASÁDY (ETICS) Z POLYSTYRÉNU VS POŽIARNEJ OCHRANY**

Frank D. STOLT, Joachim KOWALKE

#### **Summary**

The issue of energy conservation / climate change is now a determining factor in building construction, particularly in housing with low energy and passive houses. So far, so good - but takes the view of the fire service Thermal insulation with combustible materials on the facade - particularly with plates of polystyrene - a very high and unnecessary fire risk with it. Improper connections ETICS can fire an additional a potential source. For large building construction regulations require that the outer walls, whether pregnant or not, consist of non-combustible materials.

These consist of "foamed oil," and are therefore highly flammable burn at a rapid and high energy output. So even a relatively small and limited fires, e.g. a room fire, quickly trigger a disaster, should the fire on the facade extended to other projectiles, until finally in the whole house fire rises.

In this presentation, the demand for "realistic fire tests for facades" is raised. The previous attempts for the approval of ETICS polystyrene appear to be insufficient. In this paper, supported by documentation that the insulation will be checked immediately. The further obstruct must be stopped.

Building regulations apply to the plates to a thickness of 100 millimeters to as "inflammable". Which does not mean, that they do not burn. The Fire safety of external thermal insulation composite systems (ETICS) with polystyrene is in the approval process with the fire tests (Full-scale Tests) tested.



Compensation measures such as sprinklers etc. can indeed be planned but must be checked meticulously before approval to their effectiveness can be checked. Therefore, such measures are still not in the Building codes provided. The legislature assumes that this problem can be decided only by Case on a case.

The author has in many expert witness testimonys documented with impressive photos the relentless dynamic of a fire of house facade with EIFS from polystyrene.

It is obvious that the firefighters will be hampered by the facade WDVb with serious consequences from polystyrene or even prevented. It stands firmly that prevent combustible insulating materials by a total loss of the building in case of fire in all probability little more. And depending on the type of facade, the fire fighting for the fire fighting themselves are very dangerous. Performance based on real cases of fire, however, do not bode well and justify worst fears:

- Flame and smoke spread largely unchecked in front of the space;
- in the worst case, the fire kindled by the chimney effect of the facade the space very quickly and just as quickly takes over on other floors;
- especially important in the development stage of a fire the fire department comes to the little Source of fire approached. The attempt to provide for avenues of attack in the front area, brings the fire fighters in most danger;
- also, the escape of ladders is hindered significantly if, for example, escape routes should be created by instructors at windows.

**Key words:** *Fire hazards, structural fire protection, ETICS, EIFS, combustible insulation, fire wall, monitoring of construction, insulation, polystyrene*

### Content

Energy saving is up to date! Federal and state governments in Germany want to major funding to advance energy conservation in buildings. A significant part of the energy savings can be achieved for example through improved insulation. Up to 75 percent of the heat losses at the hands of an old building of the exterior walls. So the ever more stringent requirements for energy efficiency require the "dams" in buildings,

one of the most efficient measures. When constructing new buildings, the Renewable Energy Sources Act, as amended (EnEV 2009) is required in every case. Therefore, today, EIFS (exterior insulation and finish systems) are essential for energy-efficient buildings. As insulation in accordance with the requirements of Regulation location for new and existing buildings (Energy efficiency regulation - EnEV 2009) are expanded polystyrene foam plates (EPS), mineral wool and Cork for insulation (Dämmkork). At 80 percent of the insulating material is used for cost reasons to Styrofoam. Apparently, however, threatens not only millions of homes and their residents in the event of a fire disaster. Styrofoam boards for insulation are not only flammable but also lead to rapid fire spread across the entire facade. Thus even relatively small and limited fire, for example a room fire, quickly trigger a disaster, should extend over the front of the fire to other floors, until eventually the whole house in flames rises.



**Figure 1 Burn with a facade insulation with polystyrene - firefighters helpless (Frankfurt/M Berufsfeuerwehr)**

Most owners have no inkling of this deadly hazard. But the fire-fighters are faced with new challenges. So far, the escape route was through the window of the fire is still the safest way. Because of thermal insulation with polystyrene may result in unexpected places to fire forwards. Have fire events and their course in the last years and over again often shows a startling way. Firefighters had to watch for fires that despite an apparently accurate tactical behavior, a fire spread to the apartments above the roof or facades of these could not be prevented. Meanwhile, these findings in one way or another fire



department or fire department arrived. In many fire departments and fire service, but the horrific impact of EIFS polystyrene in case of fire are not yet recognized or underestimated. Did the fire but only in the last 20 years with a hands-on training and improvements in personal Protective equipment and changing operational tactics tried to changed conditions such as fire "Flash over" into account. Find the additional insulation of the facade by applying a so-called exterior insulation and finish system (EIFS), the fire safety account. Play here next to the fire behavior of insulating materials as well as the related cleaning and reinforcing layer and structural design details (vents, fixtures) play a role. For use in the EIFS insulation materials must meet the more demanding than in the interior and thus are only a fraction of these insulators are available. Since the mid-1990s is known in the art that the crude oil produced from EIFS with polystyrene insulation boards not "non-combustible" but only "hard" flammable. With an appropriate heat energy, it burns very quickly. Due to the flammability and fire spread and fire propagation in EIFS with insulation made of polystyrene, in recent years by manufacturers, the trade association EIFS in coordination with the (German Institute for Building Technology) with the involvement of the competent Committee of Experts (CoE) DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik Berlin) and supervision always were re-designed new structural fire protection measures and tested in extensive series of tests. The mandatory consolidation of this action was done in the general building approvals for the ETICS made of styrofoam. The requirements of a façade and thus the classification in the fire protection class, usually by the local building authority, after considering the material class with the appropriate fire resistance rating in accordance with DIN 4102-1 Fire behavior of building materials and components and DIN EN 13501 classification of construction products and set fire to their behavior. Since EIFS is not controlled types, for which there is no code of practice, nor national or European standards, the evidence of the suitability of a proposed ETICS by a general building approval (building permit) or a consent in individual cases (individual approval) will be conducted. Admission includes all, contained in the system components (glue, dowels, insulation, reinforcement layer, outer wall) and is thus a type seen building regulations dar. Thermal insulation composite systems consist of the fixture, the insulation and the top layer. EIFS with polystyrene insulation can be installed in the building material class B1 and may only be assigned to high-rise limits are used (the highest floor of the residence area <22 m above ground level).



**Figure 2 Pictures of tests for the detection method in the testing laboratory (eg, the flame tip to the second floor above the fire floor)**

Be arranged with ETICS made of polystyrene with insulation thicknesses of 100 mm (in earlier approvals by 80 mm) must be above any window or door opening in the head area at least 200 mm wide strip of mineral fiber building material class A to the case of a fire melts away to prevent the polystyrene.



**Figure 3 Fire loads behind the insulation and bonding of polystyrene plates**

The same applies to the soffit area in the fall. Exceptions to this approval rules. For single-family homes, these fire barriers such as not required. The most common brand-

favorable sources of error are not in the correct use and installation of thermal insulation and finish systems (EIFS). In order to properly insulate with ETICS made of Styrofoam, however well-founded know-how is urgently needed. Poor or processed incorrectly laid insulation and finish systems (EIFS) may pose an additional hazard in the event of a fire source. For these reasons, manufacturers have thermal insulation systems for years, the need of correct use. The most cost effective attachment is bonding with a specially adapted to the surface bonding mortar. For flat surfaces, and generally in very thin thermal insulation is a full-surface adhesion: the adhesive is applied via a toothed eaves entire area and took off with the serrated side. For surfaces with roughness is a point-edge-gluing. For this purpose the Adhesive mounted linearly on the plate edges and additionally supplemented with at least six adhesive dabs on the plate surface. If out of ignorance or saving on laboratory they Styrofoam plates fastened only with irregularly attached adhesive dots and avoids the significant bulge component, arising behind the insulation small and large gaps, which can result in a fire disaster, because hot on the fighting forces (outside) unnoticed smoke compositions by the chimney effect behind the insulating layer over the entire surface of the facade spread. The problem also is the transition of the insulated wall and above it in the foundation, if on the ground in this area results in a smaller space.



**Figure 4** The picture shows a typical installation of the defective EIFS without compliance

Can ignite the flame of a lighter by children playing can also cause a major fire, because now the entire insulated wall ablaze .For this reason, the performing construction



operations during the acceptance not only proof of the use of insulating material required to be certified but also compliance with the prescribed methods (eg, bead-point) by appropriately trained workers. In this context, the application can be cheaper and only semi-skilled labor is very expensive later. Besides these are found in practice, however, are always fires, which occur despite the correct processing of styrofoam plates to a complete erosion of the EIFS.

The discussion about the fire performance of EIFS polystyrene has a dramatic fire event in Frankfurt / M. On the evening of 05.29.2012 new urgency given. In the aftermath of this fire was the view of the fire department in Frankfurt / Main, again pointed to the dangers posed by such EIFS. It also has been criticized in the testing standards. In a recent opinion of the ETICS trade association is stressed again, however, that officially approved EIFS result in a fire made of Styrofoam on walls in application-oriented design of additional fire protection measures to be any increased risks. Also DIBt insists that the admission tests as described in the working draft of DIN 4102-20, are sufficient. However, with this admission tests assumed that the flame of a dwelling (ie from within) is. And it is only the fire behavior with regard to the second floor above the fire floor is considered. The lying directly above the fire floor space is called the "Lost Levels" and is not included in the inspection process. Furthermore, is on an L-shaped test bed, dressed in the ETICS made of styro-foam, tested. Neither the mass nor the amount of built experimental setup, the thermal exposure of the ETICS under real fire conditions meet. On a larger house facade, however, the soft fire behavior and fire spread, as appropriate fires repeatedly show clear from these test conditions. For this reason remains to verify whether this test of fire (EIFS), where the heat comes from the outside, which it holds. It turns out that released large amounts of flue gas are responsible for the high percentage of unburned carbon particles for rapid fire spread. But it comes with a correspondingly large amount of smoke to a smoke gas ignition, even the built-in fire barriers simply bypasses, allowing a fire spread to the next sections. The fire behavior, especially the rapid spread of fire and the extremely high temperatures due to the dramatic smoke but make special demands on the firefighters. Even a tactically correct fire compartmentation is undermined by the use of combustible insulation. Self-built blocking positions to the rapid spread of fire and even the flashover does not prevent neighboring buildings. In addition, it always comes back in

unexpected places for fire spread (eg behind an apparently intact skin). Fire curves seem to run especially dramatic when the thermal energy of the ignition source is applied externally on the facade. Through a burning dumpster on a wall favored by the EIFS polystyrene was almost the entire front facade of an apartment building on fire.



**Figure 5 This facade with EIFS burned down to the complete surprise of the fire fighters in 30 seconds**

Due to the extensive fire was even raised the alert level and the incident commander alerts all fire fighters of the local fire brigade of the entire city. When burned, the new building in Frankfurt / M did the fire spread, although in every second Floor (floor) of the required 20 cm thick fire locks was built entirely of noncombustible material. The built-in windows were closed. In the course of fire burst the windows exploded and the fire went on all floors of the building. The intensity of the released heat energy through the fire wall was enough to bring the plaster and the concrete in these areas to flake off. The existing fire load in these areas can be neglected as a cause for it. The first fire engine was after only 3 minutes driving time to the work site. These new fire scenarios make new tactical thinking is needed (eg simultaneous attack on all interior floors, immediate evacuation of residents, etc.). But the personal safety of the crews of fire fighters to make such a ladder outside attack or to set up blocking positions) must be reconsidered accordingly. On the basis of analyzes of various fire events is found again and again flame retardant does not "non-combustible". The classification of the fire performance of EIFS polystyrene in the "B" means that they are flammable and



therefore represent an increased fire risk. However, this risk of fire would be unnecessary, because the alternative to combustible EIFS polystyrene not flammable building material class "A" is. Due to the already very high proportion of installed EIFS polystyrene can be assumed that such courses of fire will continue to increase. Should be no rethinking of preventive and protective fire protection, must also be expected that there may in addition to high property also can lead to personal injuries to residents and possibly fighting forces.

### Author



*Sicherheitsfachwirt (FH) Frank Dieter STOLT M.Sc, M.Sc, M.A, MIFireE, CFEI, CFII*

*Mannheim*

studied fire engineering and safety, security management and criminologist and police science; working in addition to the 13-year career as a court expert for the determination of fires and explosions causes and also lecturer with job experience of many years of teaching; active for four decades as fire fighter in a fire department and "senior technical supervisor" of many years; book author.

Mannheim



## Co-Author



Joachim Kowalke  
Brandverhütungsschau

*Hauptbrandmeister Joachim Kowalke*

*Mannheim*

For many years he is a professional fire fighter. He has the training to a group leader.

He has further education in the area of fire prevention and protection and fire cause determination. He works in the central fire safety office of the Mannheim fire department that collates and coordinates fire prevention in accordance with legislation, and he is supported by a dedicated team of specialist officers. As Group Manager / Area Manager he often visit residential and commercial premises to advise on hazard risk assessment and fire prevention.



## **INŠPEKCIA PRÁCE - JEJ CIELE, ÚLOHY A PRIORITY V OBLASTI BOZP**

## **LABOUR INSPECTION – ITS GOALS, OBJECTIVES AND PRIORITIES IN OSH**

Jana SRŇANSKÁ

### **Abstract**

The main mission of labor inspection is to promote the protection of employees at work and the comprehensive performance of the state administration in the field of labor inspection.

Following legal provisions regulate basic requirements concerning occupational safety and health and labour relations in Slovak republic. They are: Act No.311/2001 - Labour Code, Act No. 124/2006 on occupational safety and health (OSH) and Act No. 125/2006 on labour inspection. Labour inspection is performed by the control authorities and may be called as one of the main forms of active participation of the state in public policy. Labour inspection its regulatory, supervisory, advisory and repressive action advocated by the current need to protect employees at work.

**Keywords:** *labour inspection, occupational safety and health*

### **1. ÚVOD**

Ústavné právo zamestnanca na uspokojujúce pracovné podmienky vrátane práva na ochranu bezpečnosti a zdravia pri práci je upravené najmä v Zákonníku práce (zákon č. 311/2001 Z. z. v znení neskorších predpisov), zákone č. 124/2006 Z. z. o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších



predpisov (ďalej len „zákon č. 124/2006 Z. z.“), tiež zákonom č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov (ďalej len „zákon č. 355/2007 Z. z.“).

Uvedené a ďalšie právne predpisy tvoria systém opatrení v oblasti ochrany práce, ktorým zamestnávateľia vytvárajú a udržiavajú také pracovné podmienky, aby bola zaistená ochrana bezpečnosti zamestnanca pri práci, aby bolo zachované jeho zdravie a dlhodobo sa udržala jeho pracovná schopnosť. Uplatňovanie takého systému vedie k uspokojivej a udržateľnej kvalite života zamestnanca, čo vplyva najmä na korektné vzťahy medzi zamestnávateľom a zamestnancom. Práve dôsledné realizovanie právnych predpisov ale aj úloh v oblasti ochrany práce v záujme zlepšovania pracovných podmienok a osobitne ochrany života a zdravia zamestnancov je dôležitým faktorom napomáhajúcim ekonomickému a sociálnemu rozvoju zamestnávateľských subjektov.

## **2. CIELE, ÚLOHY A PRIORITY INŠPEKCIE PRÁCE V OBLASTI BOZP**

Ciele, úlohy a priority orgánov inšpekcie práce určuje predovšetkým zákon č. 125/2006 Z. z. Ide najmä o presadzovanie ochrany zamestnancov pri práci a o výkon štátnej správy v oblasti inšpekcie práce prostredníctvom výkonu inšpekcie práce, účasťou na kolaudačných konaniach, na vyšetrovaní podnetov a pod. Zásadným cieľom plnenia úloh vyplývajúcich z Koncepcie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci v Slovenskej republike na roky 2008 až 2012 (ďalej len „Koncepcia BOZP“), ktorá bola schválená uznesením vlády Slovenskej republiky č. 114 z 20. februára 2008, je zníženie miery pracovnej úrazovosti o 25 % pripadajúcich na 100 000 zamestnancov. Pre inšpekciu práce to znamená vykonávanie preventívnej činnosti a uplatňovanie regresných opatrení.

### **2.1 Činnosť inšpekcie práce, jej hlavné úlohy**

Sústavu inšpekcie práce v zmysle zákona č. 125/2006 Z. z. tvorí Národný inšpektorát práce so sídlom v Košiciach a osem inšpektorátov práce. Národný inšpektorát práce je orgánom štátnej správy v oblasti inšpekcie práce, ktorý riadi a kontroluje inšpektoráty práce, zjednocuje a racionalizuje pracovné metódy inšpektorov práce. Sídla a územné obvody inšpektorátov práce sú zhodné so sídlami a územnými obvody krajov.



Inšpektoráty práce plnia základné a rozhodujúce úlohy inšpekcie práce. Úlohy a oprávnenia inšpektorátov práce zákon upravuje tak, aby ich plnením bolo zabezpečené presadzovanie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci, optimálnych pracovných podmienok a nárokov vyplývajúcich z pracovnoprávných vzťahov.

Činnosť inšpekcie práce je zameraná na dozor nad dodržiavaním právnych predpisov a ostatných predpisov na zaistenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci a bezpečnosti technických zariadení (ďalej len „BOZP“), vrátane predpisov upravujúcich faktory pracovného prostredia a na dozor v oblasti pracovnoprávných predpisov (vznik, zmena a skončenie pracovného pomeru, pracovné podmienky zamestnancov vrátane pracovných podmienok žien, mladistvých a osôb so zmenenou pracovnou schopnosťou, kolektívne vyjednávanie a pod.), dodržiavaním právnych predpisov upravujúcich zákaz nelegálnej práce a nelegálneho zamestnávania, mzdových predpisov a záväzkov vyplývajúcich z kolektívnych zmlúv.

Ďalšie kompetencie a úlohy vyplývajúce orgánom inšpekcie práce z ustanovení zákonov:

- § 30 zákona č. 264/1999 Z. z. o technických požiadavkách na výrobky a o posudzovaní zhody a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov. Toto ustanovenie upravuje pôsobnosť orgánov štátnej správy v oblasti trhového dohľadu, kde medzi orgány dohľadu nad určenými výrobkami uvádzanými na trh patria aj orgány inšpekcie práce.
- § 17 zákona č. 254/2011 z. z. o prepravovateľných tlakových zariadeniach a o zmene a doplnení niektorých zákonov. Aj v tejto oblasti ide o dohľad inšpektorátov práce nad trhom (trhový dohľad).
- § 26 zákona č. 261/2002 Z. z. o prevencii závažných priemyselných havárií a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov. Podľa tohto zákona sa inšpekcia práce vykonáva predovšetkým na úseku prevencie závažných priemyselných havárií osobitným režimom tzv. koordinovaných kontrol zabezpečovaných Slovenskou inšpekciou životného prostredia
- § 32 zákona č. 462/2007 Z. z. o organizácii pracovného času v doprave a o zmene a doplnení zákona č. 125/2006 Z. z. o inšpekcii práce a o zmene a doplnení zákona č. 82/2005 Z. z. o nelegálnej práci a nelegálnom zamestnávaní



a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení zákona č. 309/2007 Z. z., v znení neskorších predpisov.

- § 5 zákona č. 82/2005 Z. z. o nelegálnej práci a nelegálnom zamestnávaní a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov,
- § 28 zákona č. 67/2010 Z. z. o podmienkach uvedenia chemických látok a chemických zmesí na trh a o zmene a doplnení niektorých zákonov (chemický zákon)

Pôsobnosť inšpektorátov práce je okrem vyššie uvedených kompetencií zameraná aj na vyšetrovanie príčin vzniku pracovného úrazu, ktorým bola spôsobená smrť alebo ťažká ujma na zdraví ako aj na zisťovanie bezpečnostných, technických a organizačných príčin choroby z povolania a ohrozenia chorobou z povolania.

Významné miesto v preventívnej činnosti inšpektorátov má aj

- dozor v predprevádzkových etapách (účasť pri povoľovaní stavieb a kolaudácii stavieb)
- dozor, či požiadavkám ochrany práce zodpovedá výber, umiestnenie, usporiadanie, používanie, udržiavanie a kontrola pracoviska, pracovných prostriedkov, ochranných prostriedkov a faktorov ovplyvňujúcich kvalitu pracovného prostredia...
- odoberanie oprávnení, osvedčení, preukazov na vykonávanie činností podľa osobitných predpisov a preverovanie dodržiavania rozsahu a podmienok, za ktorých boli vydané...

## 2.2 Ciele a priority inšpekcie práce

Základnými metódami práce inšpektorátov práce je sústavná kontrolná a analytická činnosť stavu a tendencií vývoja starostlivosti o ochranu práce na všetkých pracoviskách zamestnávateľov a fyzických osôb, ktoré sú podnikateľmi a nie sú zamestnávateľmi, podliehajúcich dozoru inšpektorátu práce, kontrola a hodnotenie účinnosti nariadených opatrení, vyvodzovanie zodpovednosti za porušovanie predpisov, uplatňovanie sankcií a poskytovanie bezplatného poradenstva zamestnávateľom, fyzickým osobám a zamestnancom.



Strategickým cieľom inšpekcie práce je prispievať k realizácii základného záujmu spoločnosti, ktorým je zabezpečenie rovnováhy medzi obchodnými a ekonomickými záujmami na jednej strane a pracovnej schopnosti a zdravím zamestnancov na strane druhej. Tento cieľ je v súlade s podporou ekonomického a sociálneho rozvoja v EÚ.

Rámcovým cieľom inšpekcie práce je svojou činnosťou aktívne prispievať

- k vytváraniu bezpečného a zdraviu neškodného pracovného prostredia, ktoré minimalizuje možnosť ohrozenia fyzického a psychického zdravia a sociálneho ohrozenia,
- k všestrannému skvalitňovaniu podmienok práce,
- k rešpektovaniu požiadaviek ustanovujúcich pracovnoprávne vzťahy, upravované najmä Zákonníkom práce a súvisiacimi predpismi,
- k rozširovaniu informovanosti a prehĺbovaniu vedomostí, najmä zamestnávateľov a zamestnancov, smerujúcich k zvýšeniu bezpečnostnej úrovne práce, k znižovaniu výskytu pracovných rizík a porušovaniu predpisov v oblasti pracovnoprávných vzťahov.

Z analýzy a vyhodnotenia štatistických údajov získaných z výkonov inšpekcie práce je zrejmé, že najviac porušovaným právnym predpisom v oblasti ochrany práce je zákon č. 124/2006 Z. z. o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci. Porušovanie právnych predpisov a ostatných predpisov na zaistenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci je dôsledkom nesystémového prístupu - nie sú plnené povinnosti vedúce k implementácii základných zákonných povinností zamestnávateľov resp. zamestnancov.

U zamestnávateľov prevažujú nedostatky, ktoré nedávajú dostatočné garancie pre realizáciu ďalšieho efektívneho riadenia BOZP. Systém riadenia ochrany práce je závislý od veľkosti kontrolovaného subjektu, počtu prevádzok, od predmetu činnosti organizácie, ale aj od predchádzajúcich kontrol zo strany inšpektorátu práce a taktiež od toho, akým spôsobom je zabezpečovaná bezpečnostno-technická služba, t.j. či sa jedná o dodávateľský spôsob, alebo je zabezpečovaná z radov vlastných zamestnancov. Využívanie externých služieb v oblasti BOZP t.j. zabezpečenie implementácie zákonných požiadaviek BOZP dodávateľským spôsobom, vedie k tomu, že vo väčšine prípadov tieto vykonávajú svoju činnosť v nepravidelných intervaloch, jednorazovo alebo len administratívne, čo sa následne odzrkadľuje v efektívnosti riadenia BOZP



v podniku. Systém riadenia BOZP je dobre zavedený najčastejšie v stredných a veľkých subjektoch ale aj v subjektoch so zahraničnou účasťou, kde je dostatok vôle zo strany manažmentu podniku a tým subjekty majú aj dostatok finančných prostriedkov na prevenciu úrazov a chorôb z povolania. Inšpektori práce v malých a stredných podnikoch zisťujú v tomto smere dlhodobo nepriaznivý stav.

Zabezpečovanie vhodných pracovných podmienok zamestnancov súvisí s finančnými možnosťami zamestnávateľov a s ich spôsobom myslenia. Väčšie organizácie majú veľmi dobre spracovanú dokumentáciu upravujúcu pracovné podmienky zamestnancov, osobitne pracovné podmienky žien, mladistvých a zamestnancov so zmenenou pracovnou schopnosťou, čo sa nedá povedať o menších zamestnávateľoch. Nevyhovujúce pracovné podmienky sú často aj predmetom podaní nespokojných zamestnancov.

Vysoký počet zistených nedostatkov je dlhodobo zaznamenávaný v oblasti vyhradených technických zariadení (ďalej len „VTZ“). Nedostatky v tejto oblasti sa týkali hlavne neoverovania bezpečnosti VTZ (elektrických, tlakových, plynových, zdvíhacích) odbornými prehliadkami a skúškami a úradnými skúškami. Problémom v tejto oblasti je dlhodobo aj evidencia VTZ – jej nedostatočné vedenie, nevykonávanie aktualizácie dokumentácie, napr. prevádzkových poriadkov, nevykonávanie všetkých úkonov, ktoré je potrebné vykonať počas prevádzky týchto zariadení a zaznamenávanie týchto úkonov do predpísanej dokumentácie (napr. nevedie prevádzkových denníkov) a nedostatky v odbornej spôsobilosti obsluhy.

Z pohľadu všeobecnej bezpečnosti je jedným z najčastejšie zistených nedostatkov ten, že písomný dokument o posúdení rizika nie je vypracovaný tak, aby tam boli zohľadnené všetky činnosti podľa druhu práce vykonávanej zamestnancami. Často sú práve posúdenia rizika spracované zo strany zamestnávateľov formálne a povrchné bez zohľadnenia skutočných, reálnych rizík na pracovisku pri výkone jednotlivých pracovných činností.

Zamestnávateľské subjekty nevenujú dostatočnú pozornosť zisťovaniu rizikových faktorov pracovného prostredia (hluk, vibrácie, chemické škodliviny), ich výskytu a hodnotám a skutočnosti, či tieto hodnoty neprekračujú povolené limity.



Vyššie uvedené poznatky a zistenia získané najmä inšpekčnou činnosťou v oblasti BOZP ovplyvňujú zameranie a hlavné priority inšpekcie práce. Prioritou inšpekcie práce je zamerať sa na:

- poradenstvo a ďalšie informačné aktivity pre oblasť riadenia BOZP, najmä na vypracovanie politiky BOZP a program jej realizácie; identifikáciu nebezpečenstiev, spoluprácu pri posudzovaní a hodnotení rizík,
- poradenstvo zamerané prednostne na preventívnu činnosť v oblasti bezpečnosti technických zariadení a špecificky na technický stav vyhradených technických zariadení, prípadne na špecifické stroje a zariadenia v rôznych odvetviach a technológiách,
- presadzovanie zavádzania systémových prvkov do riadenia BOZP postupmi primeranými k zamestnávateľskému subjektu,
- prevenciu závažných priemyselných havárií (ZPH) a trhový dohľad nad určenými výrobkami, ktoré sú uvádzané do prevádzky,
- stavebníctvo a špecifické činnosti pri stavebných prácach, napr. lešenárske práce, práce vo výškach, výkopové práce vykonávané najmä pri zemných prácach vykonávaných v zastavaných územiach a na kontroly pracovísk, kde prácu vykonáva súčasne niekoľko podnikateľských subjektov (spolupráca subjektov) - stavebníctvo je obzvlášť rizikovým odvetvím z pohľadu bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci
- tie faktory pracovného prostredia, ktorých vplyv má za dôsledok predovšetkým trvalé poškodenie zdravia,
- prevenciu zameranú na psychosociálne riziká pri práci v rámci kampane SLIC 2012

### 3. ZÁVER

Na základe zistení z inšpekcie práce možno konštatovať, že oblasť ochrany práce je stále na okraji záujmu a to najmä v malých podnikoch a u živnostníkov, stredné a väčšie firmy sa tejto problematike venujú aj vďaka tlakom zo strany audítorskej činnosti pri získavaní certifikátov kvality. Príčiny tohto stavu sú najmä: rozsiahla



legislatíva a nedostatočné právne vedomie zamestnávateľov, nedostatočná úroveň bezpečnostno-technických služieb poskytovaných zamestnávateľovi najmä dodávateľským spôsobom, absencia celospoločenského záujmu o BOZP, značná miera nezamestnanosti, ktorá umožňuje zamestnávateľom vytvárať nepriaznivé podmienky zamestnávania a samotného výkonu práce.

Všeobecnou požiadavkou bezpečnosti práce je adekvátne vytváranie podmienok bezpečného a zdravého prostredia pre zamestnancov. Cieľom je predovšetkým zabezpečiť aktívne pôsobenie inšpektorov práce a celkový prístup zainteresovaných osôb (podnikatelia, zamestnávatelia, zamestnanci) pri vytváraní optimálnych podmienok pre prácu a na zmenu kultúry práce a podnikania.

Poskytovaním poradenstva, publikačnou činnosťou, účasťou na stretnutiach so zamestnávateľmi, verejnými a štátnymi inštitúciami, organizovaním bezplatných seminárov na inšpektorátoch práce určeným zamestnávateľom, účasťou na odborných seminároch organizovaných organizáciami s oprávnením na výchovu a vzdelávanie ako aj poskytovaním informácií médiám inšpektoráty práce informujú širokú odbornú verejnosť o poznatkoch a požiadavkách inšpekcie práce, čím prispievajú k zvyšovaniu právneho vedomia a zlepšovaniu stavu ochrany práce.

### **Adresa autora**

RNDr., Mgr. Jana Srňanská

Národný inšpektorát práce,

Masarykova 10, 040 01 Košice

Tel. č.: + 421 55 7979 922

e-mail: [jana.srnanska@ip.gov.sk](mailto:jana.srnanska@ip.gov.sk)



## **FÁZY POŽIARU OSOBNÉHO MOTOROVÉHO VOZIDLA**

### **PHASES OF FIRE PERSONAL VEHICLE**

Jozef SVETLÍK

#### **Abstract**

Fires of cars are daily present. In the theory of combustion, for solids in fire protection determine the different phases of combustion. in the article are based on experiments identified above and described the different phases and the possibility of extinction.

**Keywords:** *car, fire, experiment, phases of combustion*

#### **1. ÚVOD**

Každodenný nárast počtu motorových vozidiel v cestnej premávky predstavuje väčšie riziko vzniku požiaru automobilu. Najčastejšou príčinou vzniku býva technická porucha na konštrukčných celkoch, dopravná nehoda a v neposlednom rade nezákonná činnosť osôb (podpaľačstvo). Z hľadiska efektívneho zásahu a uchránenia hodnôt je potrebné vedieť aspoň približné správanie sa požiaru v týchto dopravných prostriedkoch s prihliadnutím na ich konštrukciu a najmä čas voľného šírenia sa požiaru (horenia automobilu) a úmernosti škôd spôsobených na vozidle. V požiarnej praxi sa pre totálny požiar pevných látok určujú fázy požiaru, ktoré odzrkadľujú priebeh a šírenie sa požiaru v automobile.



## 2. FÁZY POŽIARU

Požiar je každé nežiaduce horenie, pri ktorom vznikajú škody na majetku prípadne životnom prostredí, sú zranené alebo usmrtené osoby, alebo zvieratá, prípadne sú tieto živé tvory priamo ohrozené horením. Horenie je fyzikálno-chemický proces, pri ktorom dochádza k degradácii materiálu (oxidačno-redukčnej reakcii). Samotná reakcia je limitovaná podmienkami horenia – t.j. horľavou látkou a oxidačným prostriedkom (najčastejšie vzdušný kyslík). Také horenie, pri ktorom dôjde k úplnému vyhoreniu paliva (horľavej látky) môžeme charakterizovať fázami požiaru.

Fázy požiaru predstavujú rozdelenie doby horenia pevných horľavých látok do časových úsekov s charakteristickými vlastnosťami (parametrami), ako je najčastejšie teplota, plocha horenia a intenzita výmeny plynov. Všetky fázy požiaru prebehnú od iniciácie až po samovoľné uhasenie požiaru vplyvom vyhorenia horľavej látky.

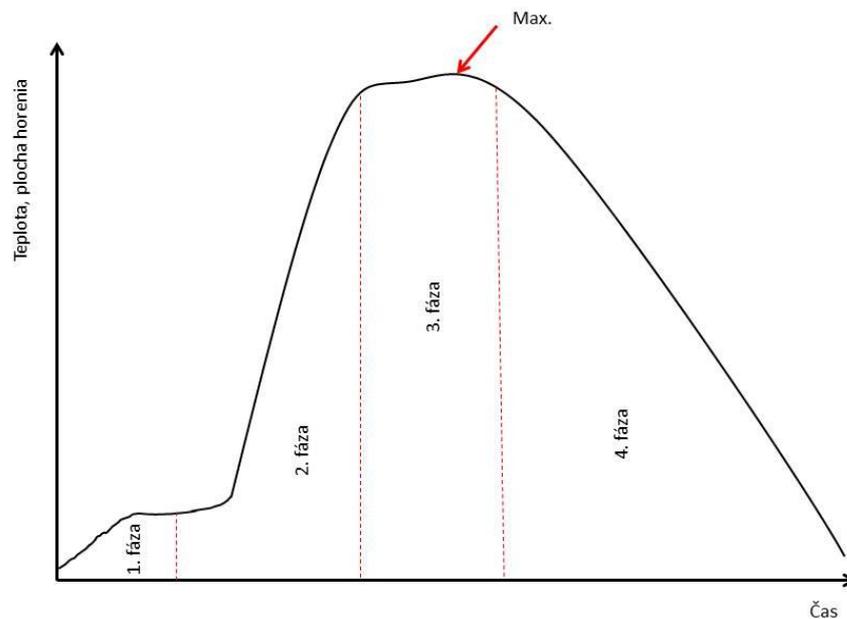
V požiarnej praxi sa najčastejšie využívajú fázy požiaru pri stavebných konštrukciách ako sú byty a cestné tunely. Horľavý materiál v takomto prípade predstavuje zariadenie bytu, prípadne automobily nachádzajúce sa v takomto tuneli.

Avšak tieto fázy sa dajú určiť aj priamo pri požiaru osobného automobilu. Vzhľadom na rôznorodosť horľavých materiálov je možné predpokladať rozdielny priebeh teplôt a samotného šírenia sa plameňa po materiály.

Vo všeobecnosti rozlišujeme štyri fázy požiaru:

1. Rozhorievanie.
2. Rozvoj požiaru.
3. Plne rozvinutý požiar.
4. Uhasínanie.

Tieto fázy je možné znázorniť graficky, ako je to uvedené na obrázku 1. Posledná fáza končí, ak sa požiarisko dostane na okolitú teplotu prostredia.

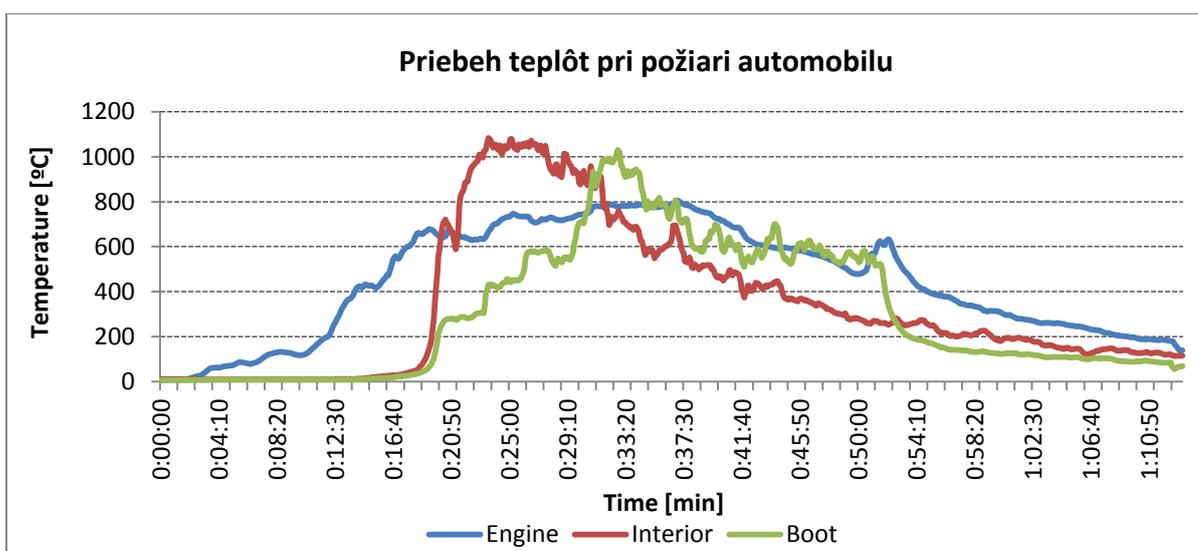


Obrázok 1: Fázy požiaru pevných látok

Figure 1 Fire phases of solid substances

### 3. FÁZY POŽIARU AUTOMOBILU

Pri určení fáz požiaru automobilu, budeme vychádzať z požiarnej skúšky, ktoré boli vykonané v minulosti na katedre požiarneho inžinierstva FŠI a iných dostupných výsledkov v rámci Európy.



Obrázok 2: Teplotný priebeh totálneho požiaru osobného motorového vozidla [8]

Figure 2 Temperature course of total passenger vehicle fire [8]



V rámci riešenia výskumných úloh bolo vykonaných niekoľko čiastkových experimentov. Na Obr.2 je vidieť výsledky jedného z nich, ktorý verne odzrkadľuje teplotný priebeh pri požiari. Je potrebné podotknúť, že v našom prípade bol osobný automobil rozdelený do troch zón (oblastí). Prvú oblasť tvorí motorová časť automobilu, druhú kabína posádky a tretiu batožinový priestor. V každom priestore boli sledované a zaznamenávané okamžité teploty.

## A. MOTOROVÝ PRIESTOR

Jeden z najrizikovejších priestorov na vznik požiaru je motorový priestor. Stretávajú sa tu rôzne sústavy automobilu, je tu najvyššia teplota, množstvo rýchlo sa pohybujúcich častí a pod. V prípade zlyhania niektorého z prvkov môže dôjsť k požiaru.

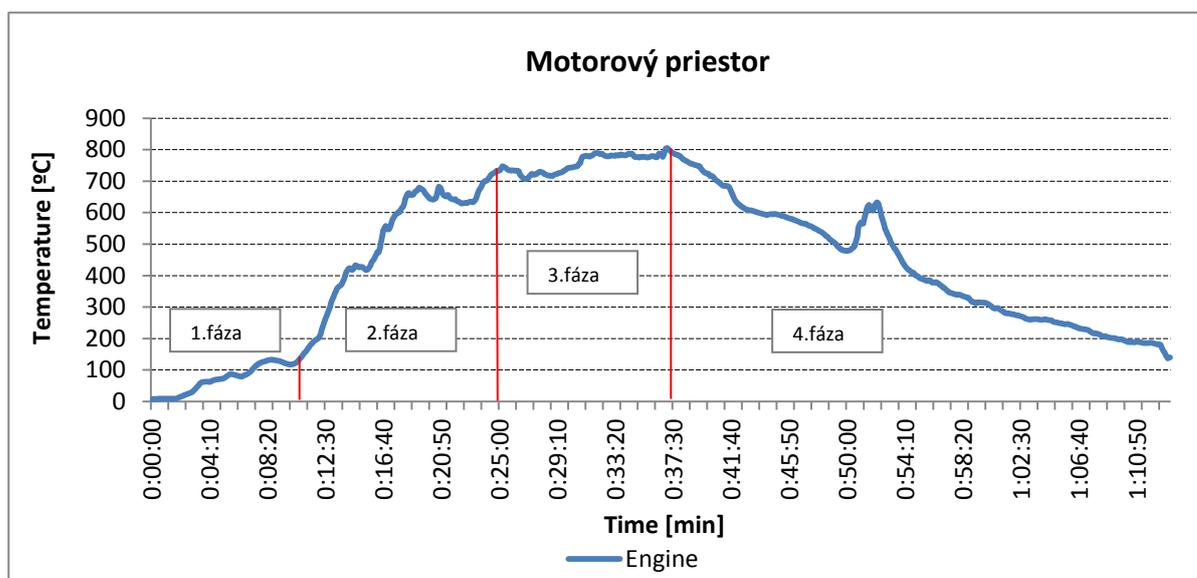
Samotný priebeh horenia a vývoja teplôt môže mať charakter, ako je opísaný na obrázku 3.

Prvú fázu predstavuje okamih od vzniku požiaru až do doby približne 10 minút. Je to čas, kedy je vodič samostatne zasiahnuť a pomocou prenosného hasiaceho prístroja požiar uhasiť. Na konci tejto fázy je možné vidieť dym a plamene, objavujúce sa v priestore, kde je uložený motor.

Druhú fázu je charakteristická prudkým nárastom teploty a rozšírením sa požiaru na všetky horľavé materiály v priestore. Koniec tejto fázy je v 18- 20 minúte horenia.

Tretie fáza je charakteristická dosahovaním maximálnych hodnôt pri horení. V tejto fáze je plocha horenia v priestore (motorovom) najväčšia a samozrejme škody maximálne. Teplota sa pohybuje okolo 800 °C.

Štvrtá fáza je najdlhšia a začína pri postupnom vyhárání horľavých materiálov, poklesom teploty až na teplotu okolia.



Obr.3 Priebek teplôt v motorovom priestore [8]

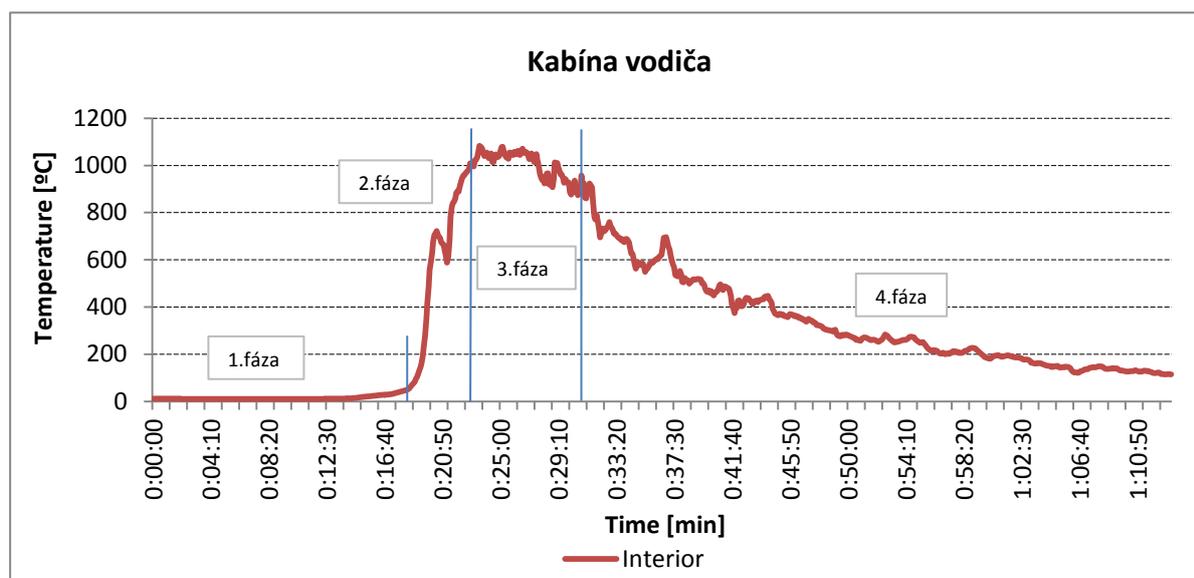
Figure 3: The course of temperatures in the engine compartment [8]

Samotný zásah a hasenie požiaru v tomto priestore je možné, len pri skorom spozorovaní a dostatočnej zručnosti vodiča najmä v prvej fáze. Za úskalie je potrebné považovať najmä nedostatočnú zručnosť (rýchlosť) v otváraní kapoty, nedostatočná pripravenosť a vybavenosť vodiča, či už ochrannými (rukavice – horúci plech) alebo hasiacimi prostriedkami a v neposlednom rade nedodržanie taktických postupov pri hasení.

V ostatných fázach je možné požiar zdolať len profesionálnym zásahom, s dostatočným množstvom hasiacej látky na báze ochladzovania.

## B. KABÍNA VODIČA

Priestor určený pre posádku je konštruovaný obvykle tak, že medzi ním a motorovým priestorom sa nachádza konštrukčná prepážka, ktorá zvyšuje šance posádky na rýchle opustenie vozidla. Z hľadiska šírenia sa požiaru z motorového priestoru do priestoru pre posádku dochádza práve kvôli tejto prepážke k oneskoreniu prenesenia sa požiaru. Priebek teplôt v kabíne vodiča pri iniciácii automobilu v motorovom priestore je na obrázku 4.



Obázok 4: Priebeh teplôt v kabíne vodiča [8]

Figure 4 The course of temperatures in the cab [8]

V prípade priestoru pre posádku je prvá fáza dlhšia oproti motorovému priestoru o cca 8 minút. Je to spôsobené oneskoreným prenesením požiaru do tohto priestoru.

Druhá fáza trvá cca 4 minúty. Je to oveľa kratšia doba, ako u motorového priestoru. Je to spôsobené väčším a sústredenejším množstvom horľavého materiálu v priestore. Približne v polovici fázy je možné pozorovať náhly pokles teploty, čo je spôsobené spotrebovaním vzdušného kyslíka a až po opätovnom prísune nastal ďalší prudký rozvoj (flashover) požiaru.

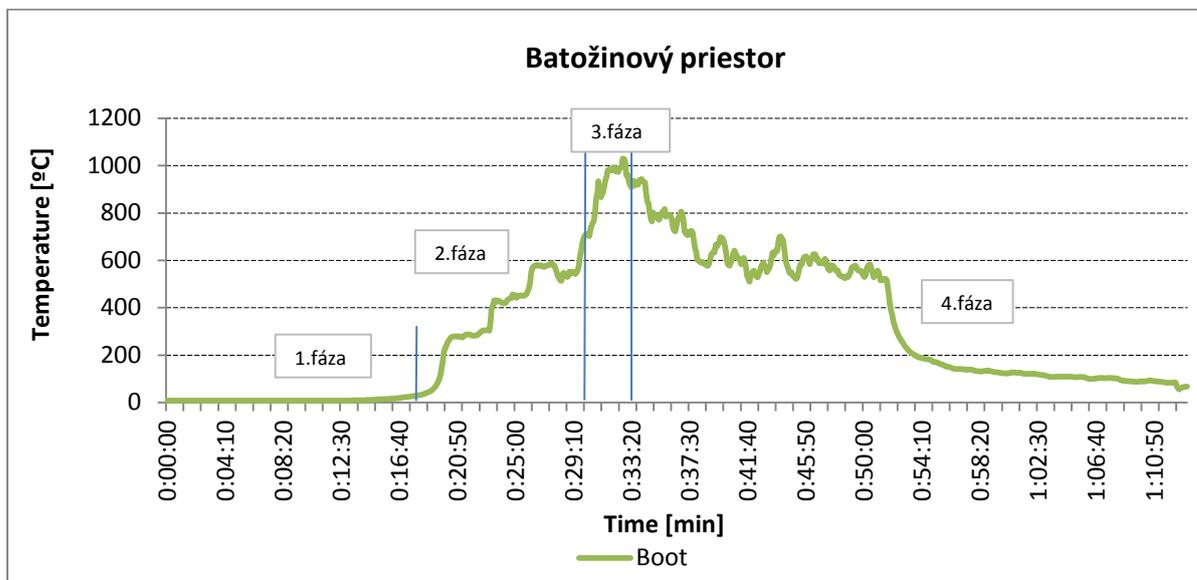
Horenie v tretej fáze je takisto rýchle. Pri vzniku a rozvoji požiaru napomáhajú pomalšiemu rozvoju retardéry horenia. Tie však pri plne rozvinutom požiaru prudko zvyšujú intenzitu horenia a maximálnu teplotu v tejto fáze. Táto teplota sa môže pohybovať až okolo 1200 °C.

Štvrtá fáza je opäť najdlhšia a môže trvať rádovo až niekoľko hodín.

### C. BATOŽINOVÝ PRIESTOR

Posledným uceleným priestorom osobných motorových vozidiel, kde sme sledovali priebeh teplôt bol batožinový priestor. Na rozdiel od kabíny vodiča je nábeh

teploty v tomto priestore pozvoľnejší a druhá fáza je dlhšia. Vzhľadom na množstvo horľavého materiálu je naopak tretia fáza kratšia a predstavuje cca 4 minútový časový úsek. Najdlhšou fázou je 4. Fáza a proces uhasínania, ako v obidvoch predchádzajúcich priestoroch. Celkový priebeh teplôt je znázornený na obrázku 5.



Obrázok 5: Priebeh teplôt v batožinovom priestore [8]

Figure 5 The course of temperatures in the boot [8]

## 4. HASENIE POŽIAROV AUTOMOBILOV

Zdolávanie požiaru automobilu je možné rozdeliť podľa osôb vykonávajúcich túto činnosť do troch skupín:

- Zdolávanie fyzickou osobou – laikom (vodič, spolujazdec)
- Zdolávanie profesionálnymi jednotkami (hasičmi)
- Automatický systém hasenia.

### 4.1 ZDOLÁVANIE FYZICKOU OSOBOU

Zdolávanie požiaru fyzickou osobou sa predpokladá najmä v prvej fáze požiaru pomocou prenosného hasiaceho prístroja, ktorý je súčasťou výbavy automobilu.



Úspešné uhasenie je možné predpokladať iba v prvej fáze požiaru a je obmedzené limitujúcimi podmienkami:

- Teplota pri horení,
- Priestor vzniku požiaru,
- Množstvom a druhom hasiacej látky (typ hasiaceho prístroja)
- Schopnosťou osoby použiť daný prístroj pri požari.

Teplota pri horení je dôležitým parametrom pri hasení požiarov ovplyvňuje najmä typ hasiacej látky. Akumulácia tepla, najmä v oceľových konštrukciách môže viesť k opätovnému rozhoreniu vozidla z čoho vyplýva nutnosť ochladiť horiace konštrukcie, či už pri hasení, alebo ihneď po uhasení plamenného horenia.

Priestor vzniku požiaru vplyva na použitie hasiaceho prístroja a priame škody na automobile a v konečnom dôsledku aj na ohrozenie osôb splodinami horenia, prípadne plameňom.

Množstvo hasiacej látky v hasiacom prístroji je ďalší dôležitý parameter. Najčastejšie používaným hasiacim prístrojom je práškový prístroj s 1 prípadne dvoma kilogramami hasiaceho prášku, čo na základe skúsenosti je nepostačujúce pre použitie v druhej fáze požiaru. Navyše prášok ako hasiaca látka nemá chladiaci efekt a neochladí horľavé materiály pod teplotu zapálenia.

V prípade vzniku požiaru je rozhodujúci samotný zásah. Vedieť správne použiť hasiaci prístroj skracuje dobu zásahu a priamo úmerne aj škody a v neposlednom dôsledku sa zvyšuje pravdepodobnosť úspešného hasenia. Do tejto skupiny podmienok je potrebné zahrnúť aj fakty ako umiestnenie hasiaceho prístroja (vzdialenosť od vodiča, priestor umiestnenia a pod.), schopnosť otvoriť kapotu vozidla a hasiť (riziko popálenia nechránených rúk pri otváraní, štrbinové otváranie a pod).



## 4.2 ZDOLÁVANIE POŽIARU HASIČSKÝMI JEDNOTKAMI

Nasadenie hasičských jednotiek je možné predpokladať v druhej prípadne tretej fáze požiaru. Je to spôsobené voľnou dobou rozvoja požiaru, ktorá je závislá od doby spozorovania, ohlásenia, výjazdu, jazdy na miesto udalosti a rozvinutiu síl a prostriedkov na hasenie. Najčastejšou hasiacou látkou je voda aplikovaná vysokotlakým prúdom. Výhoda zásahu je súčasné ochladenie priestoru, prípadne následná lokalizácia úniku prevádzkových kvapalín z vozidla. Nasadenie hasičskej jednotky predstavuje profesionálny prístup k hasiacim prácam.

## 4.3 AUTOMATICKÉ SYSTÉMY HASENIA

V súčasnej dobe existujú viaceré automatické systémy hasenia požiarov v automobiloch. Ich konštruovanie a uplatnenie je možné hodnotiť pozitívne, avšak ich použitie v jednotlivých priestoroch predstavuje určité obmedzenia. Najčastejšie sú inštalované priamo v motorovom priestore s automatickým spúšťaním pri náraste teploty nad kritickú hodnotu. Hasiaca látka je najčastejšie vo forme plynu, prípadne aerosolu. Reakcia systému je nezávislá od činnosti vodiča, pričom ho môže informovať o zmene prevádzkových podmienok, prípadne vyradenia vozidla z prevádzky.

## 5. ZÁVER

Fázy požiaru automobilu predstavujú časový priebeh sledovaných parametrov. Experimenty a reálne sledované požiare poukazujú na relatívne rýchly priebeh požiaru, a často krát totálne znehodnotenie osobného motorového vozidla. Použitie nových retardovaných materiálov posúva hranicu rozhorievania vo vozidle na úroveň cca 10 minút, čo zvyšuje šance na úspešné uhasenie požiaru a minimalizáciu škôd. Na druhej strane použitie retardovaných materiálov vo vyšších fázach prispieva k vyšším maximálnym teplotám horenia a možnosti rozšírenia požiaru do priestoru.[5,7] Vplyvom zvyšovania počtu automobilov v prevádzke dochádza k miernemu nárastu počtu požiarov, čo však nie je spôsobené nezvyšovaním požiarnej bezpečnosti automobilov, ale skôr záškodníckou činnosťou človeka a záujmových skupín.



## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] BURSÍKOVÁ, P. – ANGELIS, J. – DVOŘÁK, O.: *Simulace požárního osobního automobilu v tunelu pomocí SW SMARTFIRE*. In: Spektrum, č. 2/2008, ročník 8, 2008, s. 8 – 9, ISSN: 1211-6920
- [2] SVETLÍK, J.: Metodika realizácie experimentov horenia osobného motorového automobilu; APVV „POMOV“; 2009
- [3] POLEDŇÁK, P.: Experimentálne overenie požiarov osobných motorových vozidiel. In: Zborník zo 4. medzinárodnej konferencie Ochrana pred požiarimi a záchranné služby. FŠI ŽU v Žiline. 2.-3.6.2010. ISBN 978-80-554-0208-6.
- [4] POKORNÝ, J.: Stanovení osové teploty Smoke Plume se zohledněním horké vrstvy plynu. In: Spektrum, č. 1/2010, ročník 10, 2010, s. 21 – 24, ISSN: 1211-6920
- [5] ŠIMONOVÁ, M.: Požiare osobných motorových vozidiel v uzavretých priestoroch. In: Zborník zo 4. medzinárodnej konferencie Ochrana pred požiarimi a záchranné služby. FŠI ŽU v Žiline. 2.-3.6.2010. ISBN 978-80-554-0208-6
- [6] Štatistické ročenky 2000 až 2009, Hasičský a záchranný zbor Bratislava, 2000 - 2009, Bratislava
- [7] Tureková, Ivana - Harangozó, Jozef - Martinka, Jozef: Influence of retardants to burning lignocellulosic materials. In: Vedecké práce MtF STU v Bratislave so sídlom v Trnave. Research papers Faculty of Materials Science and Technology Slovak University of Technology in Trnava. - ISSN 1336-1589. - Vol. 19, No. 30 (2011), p. 115-123.
- [8] Zápisy s vykonaných experimentov projektu APVV „POMOV“; 2009

Príspevok tvorí jeden z výstupov projektu **APVV-0532-07 „Požiare osobných motorových vozidiel, počítačová simulácia požiarov a ich experimentálne overenie“**.



## Adresa autora

Ing. Jozef SVETLÍK, PhD.,

Katedra požiarneho inžinierstva

Fakulta špeciálneho inžinierstva

Žilinská univerzita v Žiline,

Ul. 1. mája 32 , 010 26,

e-mail: [Jozef.Svetlik@fsi.uniza.sk](mailto:Jozef.Svetlik@fsi.uniza.sk)



## VPLYV POŽIARU NA FYZIKÁLNE VLASTNOSTI PÔDY

### EFFECTS OF FIRE ON PHYSICAL PROPERTIES OF SOIL

Mária ŠIMONOVÁ – Matúš TURIČÍK

#### Abstract

The paper deals with the influence of fire on soil physical properties. Basic theoretical knowledge is followed with a proposal of methodology to test the selected features of soil. This methodology is then verified in the experiment.

**Keywords:** *soil, experiment, effects of fire, damage*

#### 1. ÚVOD

Vplyvom požiaru sa môžu zmeniť niektoré z fyzikálnych vlastností pôdy, ako napríklad pôdna štruktúra, textúra, pórovitosť, sorpčnú schopnosť pôdy a schopnosť pôdy zadržať vodu. Rozsah účinkov požiarov na tieto fyzikálne vlastnosti pôdy sa značne líši v závislosti na intenzite požiaru, závažnosti požiaru a frekvencii požiarov v oblasti. Všeobecne platí, že väčšina požiarov nezahreje pôdu v dostatočnej miere, aby v pôde prebehli významné zmeny fyzikálnych vlastností. Práve vplyv požiaru na vybrané fyzikálne vlastnosti pôdy je predmetom článku, v ktorom je predstavená metodika a experiment riešený v rámci bakalárskej práce študentov Katedry požiarneho inžinierstva Fakulty špeciálneho inžinierstva Žilinskej univerzity.



## 1.1 Pôdna štruktúra a textúra

Ovplyvnenie štruktúry pôdy zvýšenou teplotou nie je jednoznačne určený. Viaceré štúdie potvrdili, že vystavenie pôdy vplyvom požiaru má za dôsledok vytvorenie drobivejšej, menej súdržnej štruktúry, ktorá je náchylnejšia na eróziu. Riziko erózie pôdy je zvýšené taktiež odstránením vegetácie vplyvom požiaru. Odkrytie povrchovej vrstvy pôdy má za následok vyparovanie vody vo vyšších množstvách a tým vysychanie pôdy. Erózia pôdy však nie je závislá len na zmenách spôsobených požiarom, ale taktiež aj topografickými vlastnosťami oblasti, ako je poloha a sklon svahu a taktiež na množstve zrážok v danej oblasti. Koreňové systémy vypálenej vegetácie však zabezpečujú zvýšenú stabilitu pôdy a preto erózia pôdy nemusí nastať bezprostredne po požiaru, ale sa môže objaviť aj niekoľko rokov po požiaru (Fire, 2004).

V dôsledku vysokého prahu tepelnej deštrukcie väzieb medzi pôdnymi minerálmi nebýva minerálna frakcia pôdy veľmi ovplyvnená požiarom. Zvýšená teplota má za dôsledok dehydratáciu amorfných oxyhydroxidov železa a hliníka a následne, vplyvom ďalšieho zvyšovania teploty, ich kryštalizáciu. Tieto procesy môžu u niektorých pôdných typov aj stabilitu agregátov. Pri hrubozrnnejšej frakcii zloženej z prachu a piesku, ktorá obsahuje väčší podiel kremeňa, nebýva vplyv zvýšenej teploty pri požiaru veľmi výrazný. Pôsobenie zvýšenej teploty sa však môže prejavovať pri ílovitých pôdach, kde dochádza k dehydratačným zmenám kryštálovej mriežky už pri teplote 400°C. Pokračujúce zahrievanie na teplotu okolo 460°C má za dôsledok narušenie štruktúry ílovitých materiálov. Pri teplote 700 – 800 °C môže dôjsť k úplnému zničeniu vnútornej štruktúry niektorých ílovitých materiálov. Vplyv takýchto vysokých teplôt na pôdu sú však pri požiaroch výnimočné, nastáva len pri veľmi intenzívnych požiaroch a vplyv teploty je obmedzený len na niekoľko centimetrov pri povrchu pôdy. K zmene štruktúry pôdy vplyvom požiaru a zvýšenej teploty nemusí dôjsť len na základe zmeny minerálnych štruktúr a väzieb, ale taktiež pôsobením zvýšenej teploty a požiaru na organickú hmotu najmä na povrchu pôdy. Organická hmotu má veľmi dôležitú úlohu hlavne v pôdach so slabo vyvinutou štruktúrou, najmä v oblastiach so subtropickým podnebí. Pri pôde, ktorá bola vystavená vplyvom požiaru, bolo zaznamenané zvýšenie objemovej hmotnosti pôdy a zníženie pórovitosti v porovnaní so stavom pred požiarom (Šimkovic, 2008).



## 1.2 Zmäčavosť pôdneho materiálu a charakter infiltrácie

Často uvádzaným javom v súvislosti s vplyvom požiaru na pôdu je znížená zmáčavosť pôdnych materiálov. K vzniku vode odpudivých vlastností pôdy vedú chemické i fyzikálne procesy, aj keď vlastnosti pôdy, ktoré toto priamo ovplyvňujú, sú prevažne fyzikálnej povahy. Aj keď nárast odpudivosti pôdneho materiálu voči vode je jeden z najčastejších dôsledkov uvádzaných v súvislosti s pôsobením tepla na pôdu pri požiaroch, toto teplo môže taktiež vode odpudivú vrstvu pôdneho materiálu zničiť. K zníženiu zmáčavosti pôdneho materiálu povrchového horizontu pôsobením tepelnej energie pri požiaroch môže dôjsť napríklad vtedy, keď teplota, ktorá pôsobí na pôdu nie je dostatočne vysoká na to, aby začalo prebiehať intenzívnejšie spaľovanie organickej hmoty. Vznik alebo nárast vode odpudivých vlastností pôd považujeme za možný dôsledok niekoľkých procesov. Pri zahrievaní pôdneho materiálu dochádza k strate vody fyzikálne, ako aj chemicky viazanej vody, čo prispieva k zníženiu zmáčavosti pôdneho materiálu. Voda sa pri infiltrácii do pôdy dostáva do kontaktu s nepolárnymi časticami štruktúr príslušných organických látok. Tieto bránia v prúde vody hlavne do menších pórov pôdnej matrice, v ktorej je pohyb vody ovplyvňovaný gravitačnou silou len v malom rozsahu. Vode odpudivosť pôdy je vždy dočasný stav. Platí to aj pri vode odpudivosti vyvolanej vplyvom tepla pri požiaroch. Zníženie zmáčavosti pôdy vplyvom tepla sa však od tepelnej deštrukcie pôdnej vode odpudivosti odlišuje. Nárast odpudivosti voči vode je spojený so zmenou usporiadania a vzájomnej orientácie organických a minerálnych látok, eliminovanie odpudivosti voči vode vplyvom zahrievania je spojené s termickou degradáciou organickej hmoty pôdy a so znižovaním jej celkového obsahu. Z tohto pohľadu však môžeme považovať stratu odpudivosti voči vode za ireverzibilný proces a na jej obnovenie je potreba dodatočne zásobiť pôdu organickými látkami. Zmeny v zmáčavosti pôdy, ktoré boli spôsobené vplyvom zvýšenej teploty pri požiaroch, ovplyvňujú charakter infiltrácie na postihnutom území a prispievajú k tvorbe preferenčného prúdenia, poprípade k tvorbe povrchového odtoku a následnej erózie. Pre vplyv vode odpudivého pôdneho materiálu na hydrologické následky má podstatný vplyv, okrem reliéfu krajiny, aj miera redukcie vegetačného pokrytia. Infiltrácia vody do pôdy a jej pohyb v pôde, hlavne v lokalitách, ktoré boli postihnuté intenzívnejším požiarom, môže byť ovplyvnená, poprípade spomaľovaná aj v dôsledku upchania pórov popolom alebo inými časticami (Kennard, 2008).



## 2. Vplyv požiaru na chemické vlastnosti pôdy

### 2.1 Pôdna organická hmota

Organická časť pôdneho uhlíka je požiarom najviac ovplyvňovaná, čo tvorí približne 70% z celkového množstva uhlíka viazaného v pôdnych materiáloch. Zvyšné množstvo uhlíka sa vyskytuje vo forme karbonátov. Organický materiál pôdy sa vyskytuje na vrchnej vrstve pôdy, čím je vystavený priamym účinkom tepla vyžarovaného pri požiaroch, poprípade sa organický materiál sám stáva zdrojom tepla. Vplyv zvýšenej teploty na pôdny organický materiál je veľmi zložitý. Jeden z najjednoduchších modelov spaľovania biomasy a nekromasy je ten, ktorý uvažuje, že konečnými produktmi spaľovania sú predovšetkým voda ( $H_2O$ ), oxid uhličitý ( $CO_2$ ), oxid uhoľnatý ( $CO$ ), metán ( $CH_4$ ) a popol, ktorý je zložený najmä z minerálnych látok. V prírode, obzvlášť v pôdnych podmienkach, väčšinou nie je počas spaľovania dostatočné množstvo kyslíka pre kompletnú oxidáciu palivového materiálu. Preto spaľovací proces prebieha len čiastočne, pričom vznikajú vyššie uvedené plyny a zmesi iných produktov, vrátane uhlíkovodíkov, špecifických pre organické látky. Klasickým dôsledkom spaľovania je pokles celkového obsahu organického uhlíka, respektíve organického materiálu v pôde. Časť uhlíkových látok, ktoré v dôsledku termickej degradácie pri požiaroch preniknú do pôdy, má odlišnú chemickú štruktúru a odolnosť proti mikrobiologickému rozkladu v porovnaní s východiskovými látkami. Zníženie celkového obsahu organického uhlíka v pôde môže byť však spôsobený vplyvom požiaru aj nepriamo, napríklad odnesením organického materiálu pri erózií vyvolanej požiarom. Naopak, slabý, menej intenzívny korunový lesný požiar môže vyvolať zvýšenie celkového obsahu organického uhlíka v pôde na základe dodatočných vstupov v podobe obhoreného rastlinného materiálu.

Niektoré látky sa pôsobením zvýšenej teploty odbúravajú rýchlejšie ako ostatné. Medzi tieto látky patria napr. niektoré alifatické organické látky, polysacharidy, bielkoviny a karboxylové kyseliny. Termická degradácia látok nahromadených v pôde prebieha približne v rozmedzí teplôt 200 – 360 °C. Hodnoty teplôt, ktorými je obmedzovaný tento rozsah, sú závislé aj od miery zastúpenia jednotlivých skupín organických látok. Pri pôsobení tepla na organický materiál v pôde je dôležitým faktorom aj prítomnosť ílovitých materiálov. Tieto materiály umožňujú adsorpciu organických látok na ich minerálny povrch, čím dochádza k stabilizácii organického



materiálu v pôde nielen voči mikrobiálnemu odbúravaníu, ale aj voči pôsobeniu zvýšenej teploty. Je možné, že tieto organicko – minerálne interakcie prispievajú k významnej odolnosti špecifických humusových látok voči vplyvu zvýšenej teploty pri požiari. Dané špecifické humusové látky sú odbúrané pri 400 – 450 °C. Zvýšený podiel aromatických látok, pôvodných alebo sformovaných pri termickom rozklade termolabilnejších zlúčenín, je typickým výsledkom stredne intenzívneho zahrievania pôdneho organického materiálu pri požiari. Pri vyhodnocovaní vplyvu požiarov a jeho tepelnej energie na pôdu je treba spomenúť frakciu pôdneho uhlíka, ktorá sa zvykne označovať ako pyrogénna. Pôsobenie tepla na biomasu a nekromasu má za dôsledok tvorbu uhlíkových látok, ktoré majú značnú odolnosť voči mikrobiálnemu rozkladu. V súčasnej dobe neexistuje žiadna jednotná, všeobecne akceptovaná terminológia, preto sa používa viacero termínov, ako napr. frakcia čierneho uhlíka, sadze, elementárny uhlík, pyromorfný humus, drevné uhlie a iné. V zahraničnej literatúre sa často používa pojem čierny uhlík (black carbon), avšak s použitím tohto pojmu vzniká veľké množstvo problémov. Toto je spôsobené hlavne veľkou heterogenitou skúmaných materiálov a rozmanitosťou dostupných analytických metód. Zloženie čiernej pyrogénnej frakcie uhlíka je v podstate zmes látok od čiastočne zhoreného a zuhoľnateného materiálu rastlinného pôvodu až po grafit a látky, ktoré vznikli kondenzovaním plynných organických zlúčenín. Je to produkt čiastočného termického rozkladu materiálu, prevažne rastlinného pôvodu s úrovňou organizácie od nízkej, ako napr. látky podobné uhliu nižšej kvality, až po látky podobné antracitu. Tento materiál je vysoko aromatický a v prípade jeho vzniku pri požiariach v lesoch často obsahuje viac – menej chaoticky distribuované polohy vrstiev grafitu. Výsledný zuhoľnatený produkt nemusí byť však grafitovej povahy. Môže sa jednať o amorfný materiál, pozostávajúci z alkylových domén so značným obsahom kyslíka (Kennard, 2008).

## 2.2 Obsah a prístupnosť nutričných prvkov v pôde po požiari

Z hodnotení zmien obsahu a foriem výskytu nutričných prvkov dôsledkom požiaru je zrejmé, že celkový obsah týchto prvkov v pôde sa väčšinou nezvýši, ale naopak, celkový obsah jednotlivých prvkov sa zníži vplyvom spaľovacieho procesu. V niektorých prípadoch môžu tieto obsahy ostať nezmenené. Vysoká teplota pri požiari zmení formy výskytu týchto prvkov a látok z organickej na minerálnu. Toto sa prejaví ich zvýšenou dostupnosťou pre organizmy. Preto kľúčové procesy pri požiari a po ňom

súvisia s výskytom popola, jeho prúdením a volatilizáciou, mineralizáciou, odparovaním, eróziou, odtokom a vymývaním. Miera, do akej sa na území postihnutom požiarom, uplatňujú jednotlivé z týchto procesov je určujúca pre dostupnosť prvkov pre rastlinstvo. Materiál popola, ktorý je bohatý na živiny, môže byť z povrchu odstránený alebo redistribuovaný konvenčným prúdením v dymovom stĺpci v rámci postihnutého územia a jeho širšieho okolia a premiestnený vetrom alebo tokom vody pri povrchovom odtoku alebo pri erózií. K najväčšiemu zníženiu obsahu prvkov, ktoré sú dôležité pre rast a výživu rastlín z dôvodu odnosu v dymovom stĺpci a volatilizácie dochádza najmä pri intenzívnejších požiaroch. Najzraniteľnejším na zníženie obsahov dôležitých prvkov pre rastliny a ich výživu je hlavne materiál nadložného horizontu pôdy. Z tohto horizontu, pri dostatočne intenzívnom požiarí, môžu uniknúť veľké množstvá prvkov, najmä dusíka (Kennard 2008).

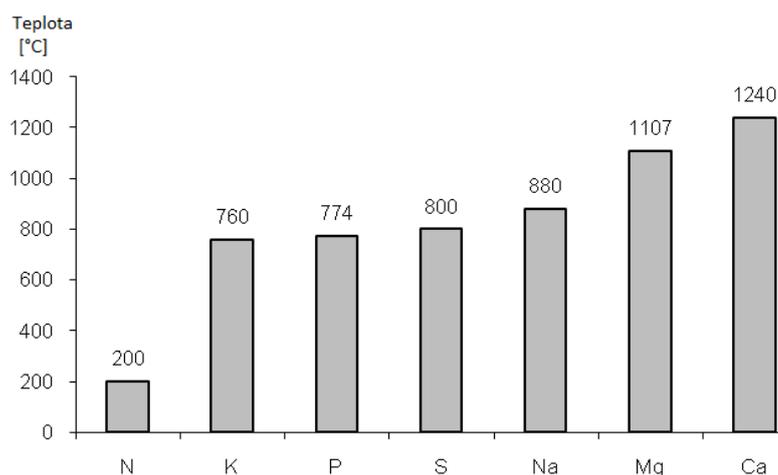


Figure 10 Threshold volatilization selected elements in soil (Šimkovic, 2008)

### 2.3 Ovplyvnenie pH pôdy

Pri procese horenia je určité množstvo predtým viazaných živín uvoľnené v elementárnej forme alebo vo forme radikálu. Určité kladné ióny, nazývané katióny, sú stabilné pri konkrétnych teplotách horenia a po vypálení zostávajú na mieste vo forme popola alebo nespálených uhl'ovodíkov. Ak sú vo forme popola potom absorbované do pôdy, kde si vymieňajú katióny  $H^+$ , výsledný zvýšený obsah týchto katiónov má za dôsledok vyššiu hodnotu pH. Tieto zmeny sú podstatnejšie pri pôdach s nízkym pH, pretože vyššie pH väčšinou zvyšuje kolobeh živín viacerých prvkov, ktoré sú dôležité



pre rast vegetácie, napríklad dusík a fosfor. Závažnosť vplyvu procesu horenia na lokalitu je závislá aj od množstva paliva, pričom závažnosť je tým väčšia, čím sa v lokalite nachádza viac paliva pre oheň. Popol usadený po požiari sa vo väčšine prípadov skladá zo solí. Tieto soli môžu taktiež výrazne zvýšiť pH pôdy zachytávaním kationov solí pri absorpcii cez pôdny profil (Fire, 2004).

### 3. NÁVRH METODIKY ODBERU VZORIEK PÔDY

V nasledujúcej časti je popísaný návrh metodiky pre testovanie vlastností kontaminovanej pôdy. Táto metodika je rozdelená do dvoch častí, pričom prvou časťou je pre odber vzoriek pôdy a druhou jej následné overenie v laboratórnych podmienkach. Metodika bola aplikovaná pre odber vzoriek zhorenej a nezhojenej pôdy. Laboratórne testovanie sa uskutočnilo v laboratóriu Katedry požiarneho inžinierstva na Fakulte špeciálneho inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline.

#### 3.1 Návrh metodiky -časť I: Odber vzoriek

**Veľkosť vzorky:** 15 cm x 15 cm x 7 cm (d x š x v)

**Potrebné materiálne vybavenie:** plastové nádoby, rýľ, lopata, čistá voda.

**Spôsob odobratia:** vo forme ucelených výsekov pomocou rýľa, náradie očistiť po odobratí jednotlivých vzoriek. Vzorky odoberať blízko od seba a pokiaľ možno z toho istého porastu.

**Spôsob uskladnenia vzorky:** v plastových nádobách veľkosti vzorky, aby nedošlo k porušeniu alebo premiešaniu jednotlivých vrstiev, najmä pri sypkých pôdach.

**Možné komplikácie:** rozrušenie vzorky pri vyberaní z pôdy, rozrušenie vzorky pri vkladaní do plastovej nádoby, plastové nádoby rôznych veľkostí, kde môže dôjsť k rozrušeniu vzoriek pri manipulácií s nádobami, znehodnotenie vzoriek použitím neočisteného náradia, znehodnotenie vzoriek uskladnením v jednej veľkej nádobe bez oddelenia vzoriek zábranou.

#### 3.2 Návrh metodiky -časť I: Testovanie vybranej vlastnosti pôdy v laboratóriu

**Testovaná vlastnosť pôdy:** pôdna reakcia.



**Potrebné materiálne vybavenie:** pH meter, váha, miešadlo, nádoby na prípravu vzoriek, nádoby na prípravu výluhov.

**Počet vzoriek:** 6 vzoriek po 100 g z jednotlivých vrstiev vzoriek ( 1 cm, 2 cm, 3 cm)

**Spôsob prípravy vzorky:** zo vzoriek odobrať z povrchu 100 g do hĺbky max. 1 cm, pri väčšej hmotnosti odobrať celú vrstvu do hĺbky, využívať len 100 g, následne odobrať ďalšiu vzorku o hmotnosti 100 g z ďalšieho centimetra hĺbky. Týmto spôsobom odoberať ďalšie vzorky až do požadovanej skúmanej hĺbky. Pri hrudkovej zemine rozdrviť hrudky na drobnejšie časti.

**Postup experimentu:** vzorky pôdy rozpustiť v čistej vode v pomere 1:5 (pôda : voda), pri 100 g použiť 500 ml, dôkladne rozmiešať a nechať pôdu usadiť na dne. Následne zmerať pH výluhu pomocou pH metra. Pri meraní nechať pH meter ustáliť po dobu 1 minúty. Počas testovania dbať na správne označovanie vzoriek. Pri miešaní výluhu a pri meraní dbať na umývanie miešadla a pH metra po každom použití.

**Zaznám výstupov:** výsledky merania zaznamenať do tabuliek, po dobu celého testovania dokumentovať postup fotkami.

**Tab. 1 Pattern table for recording the measured values (Source: Author, 2012)**

Meraná vrstva pôdy	Hodnota pH

**Spôsob vyhodnotenia:** vyhodnotenie realizovať formou porovnania nameraných výsledkov pôdnej reakcie jednotlivých výluhov.

**Možné komplikácie:** nefunkčnosť alebo chybnosť pH metra, neodčítanie hmotnosti nádoby pri príprave 100 g vzoriek, nedostatočné rozmiešanie výluhu, chybné označenie vzoriek, znehodnotenie jednotlivých výluhov použitím znečistených prvkov.

### 3.3 Overenie navrhutej metodiky

Vzorky pôdy boli odobraté v mestskej časti Považskej Bystrice, Praznov. Na testovanie boli odobraté dve vzorky pôdy, z ktorej jedna bola zasiahnutá nedávnym požiarom a druhá nie, ale nachádzala sa v blízkosti požiaru. Vzorky pôdy musia byť odoberané



v blízkosti a pokiaľ možno z toho istého porastu, aby sme zabránili odberu vzoriek 2 rôznych pôdnych typov, ktoré majú rôzne vlastnosti. Pre prípad, že toto nie je možné, je potrebné odobrať väčšie množstvo vzoriek pre správnejšie vyhodnotenie následného testovania vlastností pôdy a ich zmien vplyvom požiaru alebo zásahu hasičských jednotiek v laboratóriu. V našom prípade sa jednalo o trávnatý porast v blízkosti ľudských obydľí a záhrad. V bezprostrednej blízkosti sa nachádzal aj malý vodný tok. Aby sme sa pri testovaní vzoriek priblížili čo najreálnejším podmienkam, vzorky musia byť odobraté vo forme ucelených výsekov pôdy so všetkými prvkami, ktoré sa na vzorke nachádzajú (tráva, mach, a iné). Samotné odoberanie vzoriek sme realizovali pomocou základného záhradného náradia (rýľ, lopata), ktoré bolo pred odoberaním očistené čistou vodou. Týmto sme minimalizovali kontaminovanie vzorky pôdy pri procese odoberania vzorky. Náradie, ktoré používame na odoberanie vzoriek musí byť očistené čistou vodou aj po každom odobratí jednotlivých vzoriek. Týmto zabránime kontaminácií odobratých vzoriek medzi sebou. Po odobratí vzoriek zo zeme sme vzorky umiestnili do pripravených plastových nádob. Vzorky nikdy neumiestňujeme do jednej veľkej nádoby bez toho, aby boli od seba oddelené prepážkou alebo inou zábranou, pretože by mohlo dôjsť ku kontaminácií jednotlivých vzoriek.

Po odbere vzoriek sme v laboratóriu otestovali ich pôdnu reakciu. Z teoretických poznatkov sme vedeli, že pôdna reakcia zhorenej pôdy by mala byť vyššia ako nezhorenej pôdy. Z toho vyplýva, že našou hlavnou úlohou v overení návrhu metodiky bolo zmerať pôdnu reakciu odobraných vzoriek a zistiť hĺbku ovplyvnenia pôdnej reakcie požiarom. Pred samotným meraním pôdnej reakcie sme si pripravili potrebné prvky pre meranie podľa návrhu metodiky, pričom skúmaná hĺbka ovplyvnenia požiarom bola v našom prípade 3 cm.

Pri meraní boli niektoré veličiny konštantné:

- teplota – 21°C,
- tlak – 101,3 kPa,
- výluh v pomere 1:5 (zem : voda).

### **Postup merania**

Pred meraním sme si pripravili všetky potrebné prvky, ktoré sme pri meraní využívali. Pri realizácii experimentu sme najprv začali s prípravou vzoriek pôdy s hmotnosťou

100 g, ktoré sme odvážili na digitálnej váhe. Na prípravu vzoriek sme použili plastovú lopatku, pomocou ktorej sme z vrchnej vrstvy odobrali 100 g pôdy. Zvyšnú pôdu, ktorá siahala do hĺbky 1 cm vzorky sme odobrali do igelitového vrečka. Následne sme lopatku očistili vodou a tým istým postupom sme pripravili druhú 100 g vzorku z vrstvy do 2 cm. Takto sme postupne pripravili 6 vzoriek pôdy o hmotnosti 100 g z jednotlivých hĺbok 1, 2 a 3 cm zo zhorenej pôdy a nezhojenej pôdy, ktoré sú zobrazené na obrázku.



**Figure 2 Individual soil samples of 100 g (Source: Author, 2012)**

Následne sme z jednotlivých vzoriek pripravili výluhy. Výluhy sme robili podľa pripravenej metodiky, vysypaním vzoriek do nádob s 500 ml čistej vody. Po vysypaní sme vodu dôkladne premiešali a následne nechali pôdu usadiť na dne. Pri vsypávaní pôdy do vody sa výluh so zhorenou pôdou okamžite sfarbil. Ostatné vzorky sa usadili na dne nádoby a voda ostala takmer čistá. K zakaleniu výluhu došlo až pri premiešavaní.



**Figure 3 Preparation of extracts from soil samples (Source: Author, 2012)**

Po príprave výluhov sme zmerali pH jednotlivých výluhov pomocou pH metra a namerané hodnoty sme zapísali do tabuliek. Meranie pomocou pH metra je znázornené na nasledujúcich obrázkoch.



**Figure 4 Measurement of pH leachate with a pH meter (Source: Author, 2012)**

**Tab. 2 Evaluation of measuring soil acidity the burning land (Source: Author, 2012)**

Hĺbka pôdy	Hodnota pH
1 cm	8,27
2 cm	7,87
3 cm	7,67



Tab. 3 Evaluation of measurement of soil reaction nezhozenej soil (Source: Author, 2012)

Hĺbka pôdy	Hodnota pH
1 cm	7, 60
2 cm	7, 55
3 cm	7, 53

## 4. ZÁVER

Z meraní sme zistili, že rozdiel pH zhorenej a nezhozenej pôdy je najvýraznejší na povrchu, pričom tento rozdiel má hodnotu 0,67. Vo väčších hĺbkach boli tieto rozdiely menšie. V meranej hĺbke 2 cm dosiahol tento rozdiel hodnotu 0,32 a v hĺbke 3 cm bol rozdiel pôdnej reakcie 0,14. Pre splnenie cieľa, ktorým bolo overenie metodiky sú namerané hodnoty dostačujúce, preto bolo meranie uskutočnené len na dvoch vzorkách pôdy. Pre dôkladnejšie overenie navrhovanej metodiky odporúčame uskutočniť ďalšie merania na viacerých vzorkách, pričom by bolo vhodné skúmať vzorky z viacerých požiarísk a rôznych pôdnych typov a lokalít. Pri meraní sme zistili, že pôda bola požiarom ovplyvnená len na povrchu. Toto mohlo byť spôsobené tým, že nešlo o veľký a intenzívny požiar, preto nemalo zmysel skúmať pôdu do väčších hĺbok. Pri rozsiahlych požiaroch by bolo nutné testovať pôdu do väčších hĺbok a spracovať viac vzoriek.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

*Fire Effects on Soil*. [on-line]. British Columbia: Ministry of Agriculture, Food and Fisheries, 2004. [cit. 2012-02-05]. Dostupné na:

<http://www.agf.gov.bc.ca/range/publications/documents/fire2.htm>

KENNARD D. 2008. *Effects of Fire on Soil Physical Properties*. [on-line]. [cit. 2012-02-05]. Dostupné na:

<http://www.forestencyclopedia.net/p/p4/p138/p622/p677>

KENNARD D. 2008. *Soil Heating During Fires*. [on-line]. [cit. 2012-02-05]. Dostupné na: <http://www.forestencyclopedia.net/p/p683>



ŠIMKOVIC I. - DLAPA P. 2008. Vplyv požiarov na fyzikálne a chemické vlastnosti pôd. In *Zborník príspevkov ANTROPIZÁCIA PÔD IX*. Bratislava, Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, 2008. ISBN 978-80-89128-48-8

## Adresa autora

Ing. Mária Šimonová, PhD. – Bc. Matúš Turičik

Žilinská univerzita v Žiline,

Fakulta špeciálneho inžinierstva,

Katedra požiarneho inžinierstva,

1. Mája 32, 010 26 Žilina

tel. č.: +42141 513 6761

e-mail: [maria.simonova@fsi.uniza.sk](mailto:maria.simonova@fsi.uniza.sk)



## HODNOTENIE KORKOVÝCH IZOLAČNÝCH MATERIÁLOV Z HĽADISKA REAKCIE NA OHEŇ

### THE CORK INSULATION MATERIALS ASSESSMENT IN TERMS OF REACTION TO FIRE

Ľudmila TEREŇOVÁ

#### Abstract

This paper deals with the results of reaction to fire testing of two cork insulation materials, one used for thermal insulation of facades and the second one as an insulation material for floor constructions. Tests were executed according to testing standard STN EN 11925-2 [1]. Test results have met classification criteria for the categorisation into class of reaction to fire E, in terms of STN EN 13 501-1 + A1 [2]. Concerning that both materials acted very favourably and none of the samples haven't reached boundary criteria for classification, we do recommend to put them through another testing.

**Keywords:** *reaction to fire, cork, single-flame source of heat*

#### 1. ÚVOD

Korok, v podobe ako ho poznáme je spracovaná kôra stromov „*Quercus Suber*“ (Korkovníka dubového). Stromy rastú až do výšky 12 m a niektoré môžu dosiahnuť vek až 200 rokov. Medzi najväčších pestovateľov a spracovateľov na Európskom kontinente patrí Španielsko, Portugalsko, Taliansko a v malej miere aj Francúzsko. Svetová produkcia korkovej kôry sa pohybuje okolo 320 000 ton, z toho viac ako 50 % sa vyprodukuje v Portugalsku [3].

Korok súčasne spĺňa 4 izolačné vlastnosti: tepelnú, zvukovú, vibračnú a antibakteriálnu izoláciu. Preto aj jeho využitie v súčasnom stavebníctve je hlavne ako korková izolácia,



ktorá sa vyrába vo forme expandovanej drviny alebo dosiek. Podľa európskej klasifikácie stavebných výrobkov a prvkov stavieb, v zmysle STN EN 13 501-1 + A1 [2], majú korkové izolačné materiály v praxi výrobcami deklarovanú triedu reakcie na oheň E. Keďže takúto triedu má z iných izolačných materiálov napr. aj polystyrén, ktorý pri požiari degraduje, zaujímalo nás, ako korok reaguje na plameň a ako sa správa pri pôsobení vysokých teplôt.

## 2. EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Testovaniu boli podrobené dva druhy korkových izolačných dosák: izolačná korková doska, ako vzorka č. 1 a antivibračná korková doska ako vzorka č. 2. Vzhľadom na triedu reakcie na oheň E, uvádzanú výrobcom, sme vzorky podrobili skúške jednoplameňovým zdrojom, podľa skúšobnej normy STN EN 11925-2 [1], ktorá sa v zmysle klasifikačnej normy STN EN 13 501-1 + A1 [2] používa pre klasifikáciu stavebného výrobku do triedy reakcie na oheň E. Experimenty boli uskutočnené v skúšobnom laboratóriu Katedry protipožiarnej ochrany na DF TU vo Zvolene.

### 2.1 Testovaný materiál

Vzorka č.1 je prírodný izolačný materiál z vybranej korkovej kôry, stlačený pôsobením vysokej teploty vodnej pary, bez použitia akéhokoľvek spojovacieho materiálu okrem vlastnej živice. Expandáciou sa znižuje objemová hmotnosť, znižuje nasiakavosť (0-3%) a zlepšuje tepelnoizolačná schopnosť. Je bez rozpínavých prísad. Následne je spracovaný a narezaný na požadovanú mieru a hmotnosť (obrázok 1).

Používa sa ako systémovo testovaná difúzna izolačná doska pre vonkajšiu tepelnú izoláciu (podľa ETAG 004), určená pre staršie budovy aj pre novostavby. Dosky sú pripevnené k podkladu buď lepidlom na cementovej báze, alebo mechanicky, kotevnými prvkami.

Trieda reakcie na oheň izolačných dosiek je trieda E podľa STN EN 13501-1+A1 [2]. Difúzia vodných pár – koeficient sa pohybuje medzi  $\mu = 2$  až  $\mu = 8$ , podľa EN 12086, metóda C. Objemová hmotnosť je  $100 - 120 \text{ kg.m}^{-3}$  podľa EN 1015-10. Koeficient tepelnej vodivosti pri teplote  $23^\circ\text{C}$  a 50% relatívnej vlhkosti vzduchu má

hodnotu  $0,056 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . Pevnosť v ťahu  $\sigma_t$ , podľa EN 1608,  $\geq 60 \text{ kPa}$  je dostatočne vysoká.

Čo sa týka obsahu alebo uvoľňovania nebezpečných látok, podľa údajov výrobcu izolačné dosky neobsahujú nebezpečné látky [4].



**Figure 1 Sample no. 1 – insulation corkboard**

**Obrázok 1 Vzorka č. 1 – izolačná korková doska**

Vzorka č. 2 je expandovaná korková doska, ktorá má pre svoju pružnosť pozoruhodné protiotrasové vlastnosti. Je vyrobená z korkovej drti spojenej trvalo flexibilnými spojivami na živicinej báze. Korok spájaný takýmito špeciálnymi spojivami zaručuje dlhodobé technické vlastnosti antivibračnej dosky aj pri extrémnom zaťažení. Vďaka vysokému obsahu voskov uzavretých v bunečnej štruktúre si ponecháva dlhodobú technickú stabilitu (obrázok 2).

V stavebníctve sa antivibračná izolácia používa pod priemyselné stroje a zariadenia, pod cestné nosníky, na mostové dilatácie, koľajové trate a do podlahových konštrukcií v občianskych, obytných a priemyselných budovách. V domácnostiach je tlmenie kmitov a vibrácií užitočné pre reumatikov a ľudí s chorými kĺbmi.

Trieda reakcie na oheň korkovej antivibračnej izolácie je E podľa STN EN 13501-1+A1 [2]. Objemová hmotnosť sa pohybuje od  $170 - 255 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , v závislosti od doporučeného tlakového namáhania. V závislosti od objemovej hmotnosti má koeficient tepelnej vodivosti pri teplote  $20^\circ\text{C}$  hodnotu  $0,047 - 0,052 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  [5].



**Figure 2 Sample no. 2 – antivibration corkboard**

**Obrázok 2 Vzorka č. 2 – antivibračná korková doska**

## 2.2 Testovacia metóda

Skúšobný postup je stanovený podľa STN EN 11925-2 [1]. Testovacia metóda stanovuje zápalnosť stavebných výrobkov vystavených priamemu pôsobeniu usmerneného jednoplameňového horenia pri podmienkach nulovej prídavnej radiácie, použitím vzoriek skúšaných vo zvislej orientácii. Pri tejto skúške malého plameňa sa vzorky testujú na plochu alebo na hranu vzorky, normou stanovený čas 15 alebo 30 sekúnd.



**Figure 3 Testing devices according to STN EN 11925-2**

**Obrázok 3 Testovacie zariadenia podľa STN EN 11925-2**

Počas testovania sa sleduje:

- či sa vzorka po priložení plameňa zapáli a čas zapálenia,
- ak sa zapáli, či dôjde k rozšíreniu plameňa o viac ako 150 mm vo zvislom smere od bodu prikladania plameňa,
- čas dosiahnutia tejto hranice a v prípade krátkodobého horenia sa tento čas zaznamená,
- čas núteného sfúknutia skúšobnej vzorky a správanie sa vzorky v prípade zapálenia sa,
- či sa zapáli filtračný papier, ktorý je umiestnený v spodnej časti skúšobného zariadenia,
- úbytok hmotnosti vzoriek.

Pre každý materiál (vzorku č. 1 a vzorku č. 2) sa testovalo po šesť kusov vzoriek na čas 15 s na hranu aj na plochu a tak isto po šesť kusov vzoriek na čas 30 s na hranu aj na plochu. Aby sme dokázali odsledovať zmeny a rozdiely na vzorkách v dôsledku pôsobenia plameňa, posledná časť experimentu bola zvolená na čas 5 min (300 s) s počtom tri kusy na plochu a tri na hranu pre obidva testované materiály. Skúšobné zariadenie je vyobrazené na obrázku 3.



Figure 4 Testing technique of samples „on surface”

Obrázok 4 Spôsob testovania vzoriek na plochu



Figure 5 Testing technique of samples „on edge”

Obrázok 5 Spôsob testovania vzoriek na hranu

Pred meraním sa na každej vzorke vyznačili hranice prikladania plameňa pre skúšanie na plochu a na hranu vzorky. Po odvážení sa skúšobné vzorky upevňovali do držiaka, ktorý sa vkladal do spaľovacej komory. Pri testovaní na plochu vzorky sa plameň priložil k osi tejto vzorky, 40 mm nad spodnou hranou (obrázok 4). Pri testovaní na hranu vzorky sa plameň priložil k osi vzorky od spodnej hrany (obrázok 5). Po zapálení horáka sa pomocou zariadenia na meranie výšky plameňa nastavila požadovaná výška 20 mm  $\pm$ 0,1 mm. Vo vodorovnom smere sa horák (mal uhol 45°) posuvom približoval ku vzorke. V momente keď sa plameň dotkol vzorky, spustili sa digitálne stopky. Po uplynutí stanovenej doby pôsobenia plameňa sa horák odtiahol.

### 3. VYHODNOTENIE VÝSLEDKOV

Skúška sa vykonala v miestnosti za bežných laboratórnych podmienok. Na skúšaných vzorkách rozmerov 25 × 9 × 5 cm nám iba v niekoľkých prípadoch vzniklo krátkodobé horenie, u niektorých vzoriek bolo potrebné aj nútené zhasnutie plameňa. Plameň ktorý vznikol, sa ani u jednej vzorky nerozšíril o viac ako 150 mm. Zaznamenané výsledky: hmotnosť vzorky pred skúškou, hmotnosť vzorky po skúške, úbytok hmotnosti v gramoch, percentuálny úbytok hmotnosti, zapálenie (áno/nie) sú pre vzorku č. 1 a vzorku č. 2 uvedené v nasledujúcich tabuľkách.

#### 3.1 Výsledky testovania vzorky č. 1 – izolačnej korkovej dosky

**Table 1** Testing results of insulation corkboard „on surface“  
**Tabuľka 1** Výsledky merania izolačnej korkovej dosky na plochu

Vzorka č. 1 (na plochu)									
Čas	15 s			30 s			5 min		
Číslo vzorky	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Úbytok hmotnosti v (g)	0,13	0,18	0,14	0,34	0,23	0,19	0,56	0,44	0,57
Percentuálny úbytok $\Delta m$ (%)	0,09	0,13	0,1	0,23	0,16	0,12	0,38	0,3	0,33
Zapálenie (áno/nie)	nie	nie	nie						

**Table 2 Testing results of insulation corkboard „on edge“**  
**Tabuľka 2 Výsledky merania izolačnej korkovej dosky na hranu**

Vzorka č. 1 (na hranu)									
Čas	15 s			30 s			5 min		
Číslo vzorky	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Úbytok hmotnosti v (g)	0,22	0,17	0,22	0,38	0,35	0,43	0,43	0,61	0,52
Percentuálny úbytok $\Delta m$ (%)	0,15	0,12	0,14	0,26	0,25	0,3	0,3	0,4	0,35
Zapálenie (áno/nie)	áno	nie	nie	áno	nie	áno	nie	nie	nie

V tabuľke 1 sú zaznamenané výsledky merania na plochu a v tabuľke 2 na hranu.

Pri skúške na plochu ani u jednej skúšanej vzorky nedošlo k zapáleniu, iba pri vzorke číslo dva sa ukázal jasný plameň, ktorý po odtiahnutí horáka sám zhasol. Na vzorkách a ich miestach prikladania plameňa ostávali len začiernené plochy bez nijakej deformácie.

Pri testovaní na hranu sa očakávalo, že materiál podľahne plameňovému horeniu. Stalo sa tak iba u troch vzoriek, pri ktorých sme jednu vzorku pri skúšaní na čas 15 s po 20-tich sekundách v zmysle normy umelo zahasili a ďalšie dve pri skúšaní na čas 30 sekúnd, krátko po uplynutí tejto doby (32 s a 41 s), samovoľne zhasli (obrázok 6). Pri teste pôsobenia plameňa počas piatich minút (300 s) sme očakávali dlhšie pretrvávanie horenia vzoriek po ich prípadnom zapálení. Práve naopak, pri teste na plochu aj na hranu nedošlo k zapáleniu a na vzorkách sa prejavili len väčšie priehlbiny v dôsledku dlhšieho času pôsobenia plameňa (obrázok 7).



Figure 6 Sample was in flames even after the source of heat was withdrawn

Obrázok 6 Vzorka horela aj po odtiahnutí plameňa



Figure 7 The place of flame contact after 5 minutes of testing „on edge“

Obrázok 7 Miesto dotyku plameňa po 5 min pri teste na hranu

### 3.2 Výsledky testovania vzorky č. 2 – antivibračnej korkovej dosky

Table 3 Testing results of antivibrant corkboard „on surface“

Tabuľka 3 Výsledky merania antivibračnej korkovej dosky na plochu

Vzorka č. 2 (na plochu)									
Čas	15 s			30 s			5 min		
Číslo vzorky	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Úbytok hmotnosti v (g)	0,2	0,15	0,31	0,26	0,24	0,26	0,53	0,79	0,62
Percentuálny úbytok $\Delta m$ (%)	0,09	0,07	0,15	0,12	0,12	0,12	0,26	0,39	0,31
Zapálenie (áno/nie)	nie	áno	nie	áno	áno	nie	nie	nie	nie

**Table 4 Testing results of antivibrant corkboard „on edge“**

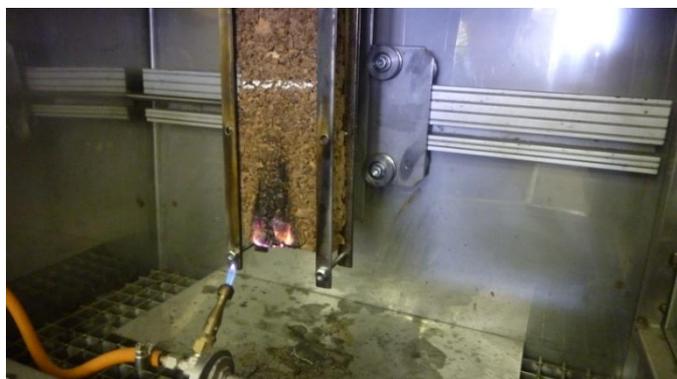
**Tabuľka 4 Výsledky merania antivibračnej korkovej dosky na hranu**

Vzorka č. 2 (na hranu)									
Čas	15 s			30 s			5 min		
Číslo vzorky	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Úbytok hmotnosti v (g)	0,32	0,21	0,22	0,52	0,43	0,44	1,18	0,81	0,74
Percentuálny úbytok $\Delta m$ (%)	0,15	0,1	0,11	0,26	0,2	0,23	0,57	0,42	0,35
Zapálenie (áno/nie)	áno	áno	áno	áno	nie	nie	nie	nie	nie

V tabuľke 3 sú zaznamenané výsledky merania na plochu a v tabuľke 4 na hranu.

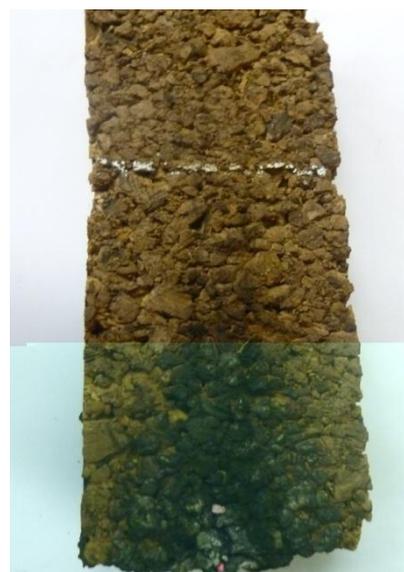
Kým u vzorky č. 1 nebolo zaznamenané zapálenie ani u jednej zo šiestich vzoriek, u vzorky č. 2 boli pri testovaní na plochu spozorované tri samovoľné horenia. Pri teste na čas 5 min nebolo zaznamenané žiadne horenie, miesto dotyku s plameňom bolo očiernené a priehlbiny vplyvom pôsobenia plameňa na plochu sa neprejavili.

Pri meraní na hranu (tabuľka 4) sa už z predtým nameraných výsledkov dalo očakávať, že toto meranie bude mať najviac prejavov samovoľného horenia, spolu s najväčším úbytkom hmotnosti. Už pri prvom testovaní v čase 15 s sa vzorka zapálila a po odtiahnutí horáka horela do 20 s, potom bola umelo zhasnutá v zmysle normy. Pri druhej vzorke po odtiahnutí horáka horela malým plameňom, ktorý v 18 s sám zhasol. Pri čase 30 s sa zapálila plameňom len štvrtá vzorka, po odsunutí horáka horela po dobu 42 s (obrázok 8), čo je aj najdlhší čas horenia plameňa zo všetkých skúšaných vzoriek. Čo je zaujímavé, pri teste s časom 5 min (300 s) sa nezapálila ani jedna zo vzoriek, miesto dotyku s plameňom ostalo očiernené a vyhorené, čo malo za následok najväčší hmotnostný úbytok (obrázok 9).



**Figure 8** Sample still in flames after the source of heat was withdrawn

**Obrázok 8** Vzorka horela aj po odťahnutí plameňa



**Figure 9** Sample after the flame contact and with the highest weight decrease

**Obrázok 9** Vzorka po kontakte s plameňom a s najväčším hmotnostným úbytkom

Celkové zhodnotenie testovania jednoplameňovým zdrojom, ktoré sme vykonali podľa skúšobnej normy STN EN 11925-2 [1] je, že ani na jednej zo skúšaných vzoriek plameň za daný čas nedosiahol 150 mm hranicu a tak isto ani jedna zo vzoriek nespôsobila vznietenie filtračného papiera.

Čo sa týka vyhodnotenia úbytku na hmotnosti, z porovnania hodnôt v tabuľkách 1 až 4 vyplýva, že u obidvoch vzoriek vznikol väčší úbytok hmotnosti pri meraní na hranu. Keď porovnáme výsledky úbytkov hmotnosti obidvoch testovaných vzoriek navzájom, sú pri meraní na plochu aj na hranu vo všetkých časoch (15 s, 30 s, 300 s) väčšie na antivibračnej korkovej doske, než na izolačnej korkovej doske.

## 4. DISKUSIA

Na základe uvedených výsledkov skúšobným postupom podľa STN EN 11925-2 [1] môžeme konštatovať, že sú splnené klasifikačné kritériá pre jednoznačné zaradenie obidvoch materiálov do triedy reakcie na oheň E v zmysle klasifikačnej normy STN EN 13 501-1 + A1 [2]. Klasifikačné kritérium pre triedu E v zmysle tejto normy je, že po



priložení malého plameňa na čas 15 s, v prípade zapálenia vzorky, šírenie plameňa nesmie prekročiť hranicu 150 mm. Toto kritérium bolo splnené pre všetky testované vzorky, dokonca aj v časoch expozície plameňa na čas 30 s a 300 s. Tým je možné predpokladať možnosť zaradenia do triedy reakcie na oheň D, prípadne C. Zaradenie do týchto tried by si však zároveň vyžadovalo splnenie klasifikačných kritérií podľa skúšobnej normy STN EN 13823 [6] (SBI test).

Výsledky testovania tepelnoizolačného korku sú celkovo priaznivejšie ako antivibračného korku. Možno to odôvodniť tým, že izolačná korková doska má odlišnú objemovú hmotnosť a postup pri výrobe. Tepelnoizolačný korok je pri spracovaní namáhaný vyššou teplotou vodnej pary a tlakom, čím sa zmení aj jeho pôvodná farba z hnedej na čiernu. Tak isto sa zlepšia jeho základné vlastnosti, ako sú napr. tepelnoizolačná a akustická, vplyvom zníženia jeho objemovej hmotnosti. U antivibračnej korkovej dosky je objemová hmotnosť vyššia a pri výrobe sa pridávajú špeciálne spojivá na živicinej báze. Spracováva sa pri nižšej teplote, čím získa iné vlastnosti, ktoré sú pre tento materiál charakteristické, napr. schopnosť tvarovej pamäte a dlhodobá technická rozmerová stabilita.

## 5. ZÁVER

Materiály na báze korku sa správali pri testovaní veľmi priaznivo. V praxi sú tieto materiály zaradené do triedy reakcie na oheň E, čo sa potvrdilo aj našim experimentom. Klasifikácia do triedy reakcie na oheň E však značne obmedzuje ich využitie v stavbe z hľadiska protipožiarnej bezpečnosti, napr. do zatepl'ovacích systémov pre stavby s požiarou výškou nad 22,5 m. Preto by stálo za uváženie naďalej tieto materiály skúmať, pretože ako ukázali výsledky nášho experimentu, korok sa v porovnaní s inými materiálmi s triedou reakcie na oheň E správa oveľa priaznivejšie.

Príspevok vznikol za podpory grantovej úlohy VEGA č. GD 1/0446/12.



## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] STN EN 11925-2: 2011 Skúšky reakcie na oheň. Zápalnosť stavebných výrobkov vystavených priamemu pôsobeniu plameňového horenia. Časť 2: Skúška jednoplameňovým zdrojom
- [2] STN EN 13 501-1 + A1: 2010 Klasifikácia požiarnych charakteristík stavebných výrobkov a prvkov stavieb. Časť 1: Klasifikácia využívajúca údaje zo skúšok reakcie na oheň (Konsolidovaný text)
- [3] HRÁZKY, J., KRÁL, P.: Izolační materiály z obnovitelných surovin - korek a rákos. Stolársky magazín 2010, roč. 11, č. 7 – 8. s. 6 – 7. ISSN 1335-7018
- [4] JELINEKCORKGROUP: *Technický list korok-fasádna izolačná doska, 2012.*
- [5] JELINEKCORKGROUP. 2010. *Parametre antivibračnej korkovej izolácie.* [online]. 2010, [cit. 2012.27.04]. Dostupné na internete:  
<[http://www.korok.sk/index.php?action=popup&class=farebna\\_skala&iid=268&ts\\_et=default&tname=popup&lng=default](http://www.korok.sk/index.php?action=popup&class=farebna_skala&iid=268&ts_et=default&tname=popup&lng=default)>
- [6] STN EN 13823: 2011 Skúšky reakcie stavebných výrobkov na oheň. Stavebné výrobky okrem podlahových krytín vystavené pôsobeniu osamelo horiaceho predmetu

## Adresa autora

Ing. Ľudmila Tereňová, PhD.

Technická univerzita vo Zvolene

Drevárska fakulta

Katedra protipožiarnej ochrany

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

e-mail: [ludmila.terenova@tuzvo.sk](mailto:ludmila.terenova@tuzvo.sk)



**SMERNICA SEVESO III O KONTROLE  
NEBEZPEČENSTIEV ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ S  
PRÍTOMNOSŤOU NEBEZPEČNÝCH LÁTOK**

**SEVESO III ON THE CONTROL OF MAJOR-ACCIDENT  
HAZARDS INVOLVING DANGEROUS SUBSTANCES**

Boris TOMAN, Jana KRAJČOVIČOVÁ

**Abstract**

In July this year, the Directive 2012/18/EC of the European Parliament and of the Council on the control of major-accident hazards involving dangerous substances, amending and subsequently repealing Council Directive 96/82/EC was published. This Directive stipulates stronger measures concerning public access to information on establishment safety and public participation in decision-making, improved way for collecting, managing, accessibility and sharing of information as well as stricter rules for carrying out installation inspection. This article analyses the Directive contents and its influence on generally binding legal acts of the Slovak Republic.

**Keywords:** *SEVESO, smernice, legislatíva*

**1. ÚVOD**

Rozsah priemyselnej výroby v celosvetovom meradle sa nevyhne haváriám, z ktorých niektoré majú závažné negatívne dopady na životy a zdravie ľudí a na životné prostredie. Veľké havárie s tragickými následkami ovplyvnili vývin legislatívnych opatrení na predchádzanie takýchto havárií, ich zvládanie a zmiernenie ich následkov.

Medzi najzávažnejšie patria najmä havária v továrni na pesticídy a herbicídy neďaleko severotalianskeho mesta Seveso v júli 1976, ktorá spôsobila najvyššie známe vystavenie



obyvateľov rakovinotvornej látky tetrachlórodibenzoparadioxínu (TCDD, typ dioxínu), havária v továrni na pesticídy spoločnosti Union Carbide India Ltd. v indickom Bhopáli v decembri 1984 s únikom toxického mraku plynu obsahujúceho najmä metylizokyanát a kyanovodík s celkovým počtom vyše 3000 priamych obetí, únikom vody použitej na hasenie požiaru obsahujúcej toxické chemikálie (najmä organofosfáty, zlúčeniny ortuti, farbivá a močovinu) v dôsledku explózie a požiaru v agrochemickom sklade firmy Sandoz vo Schweizerhalle (predmestie Bazileja) vo Švajčiarsku v novembri 1986 s následným masívnym znečistením rieky Rýn a hromadným úhynom vyše pol milióna rýb a iných živočíchov v tejto rieke, požiar a explózia v továrni a sklade na zábavnú pyrotechniku SE Fireworks v holandskom Enschede v máji 2000 s 23 priamymi obeťami, únik kyanidových zlúčenín do riek Tisa a Dunaj po pretrhnutí hrádze banského odkaliska v rumunskom Baia Mare v roku 2000, výbuch v prevádzke na výrobu hnojív vo francúzskom Toulouse v septembri 2001 pri skladovaní dusičnanu amónneho a hnojív na báze dusičnanu amónneho, požiar v petrochemickom termináli Hertfordshire Oil Storage Terminal, známom ako Buncefield komplex, v južnom Anglicku v decembri 2005 spôsobený explóziou výbušnej zmesi ropných produktov a vzduchu so 43 zranenými osobami, a iné. Príčinami havárií bola predovšetkým nevhodná manipulácia s nebezpečnými látkami, zanedbanie technologických postupov alebo zlyhanie ľudského faktora.

V dôsledku týchto havárií bola v členských štátoch Európskej únie séria legislatívnych nástrojov – smerníc – známych pod názvom smernice SEVESO. Smernice SEVESO ukladajú členským štátom povinnosť zabezpečiť, aby prevádzkovatelia podnikov, v ktorých sa nachádzajú a spracúvajú nebezpečné chemické látky a prípravky v určitom stanovenom množstve, mali vypracovanú politiku na predchádzanie takýchto havárií. Táto politika zahŕňa spracovanie interných havarijných plánov a súvisiacich nápravných opatrení, zavedenie systému bezpečnostného manažmentu, spracúvanie bezpečnostných správ a informovanie verejnosti, v prípade možného ohrozenia.



## 2. ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU

### História smerníc SEVESO

**Smernica SEVESO I** (Smernica Rady 82/501/EHS z 24. júna 1982 o nebezpečenstvách veľkých havárií pri určitých priemyselných činnostiach [2]) reagovala na haváriu a ohrozenie obyvateľstva v talianskom meste Seveso. Členské štáty museli prijať opatrenia nevyhnutné na zosúladenie sa s touto smernicou najneskôr do 8. januára 1984.

Táto smernica bola dvakrát zmenená (Smernicou Rady 87/216/EHS dopĺňajúca smernicu 82/501/EHS o hlavných rizikách určitých priemyselných činností [3] a Smernicou Rady 88/610/EHS dopĺňajúca smernicu 82/501/EHS o hlavných rizikách určitých priemyselných činností [4]). Obe zmeny boli zamerané na rozšírenie pôsobnosti pôvodnej smernice, najmä na začlenenie skladovania nebezpečných látok a prípravkov do obsahu smernice a boli reakciou na havárie v indickom Bhopáli a švajčiarskom Schweizerhalle.

**Smernica SEVESO II** (Smernica Rady 96/82/ES z 9. decembra 1996 o kontrole nebezpečenstiev veľkých havárií s prítomnosťou nebezpečných látok [5]) nahradila pôvodnú smernicu SEVESO I. Táto smernica obsahovala rozšírenie pôsobnosti, zavedením nových požiadaviek týkajúcich sa systémov bezpečnostného manažmentu, spracúvania havarijných plánov, územného plánovania na prípady, keď sa nachádzajú prevádzky s nebezpečnými látkami a obytné stavby vo vzájomnej blízkosti, a zvýšenie obsahu kontrol vykonávaných členskými štátmi.

Táto smernica bola v dôsledku havárie v holandskom Enschede, rumunskom Baia Mare a francúzskom Toulouse a nových poznatkov o karcinogénnych látkach a nebezpečných látkach ohrozujúcich životné prostredia doplnená Smernicou Európskeho parlamentu a Rady 2003/105/ES zo 16. decembra 2003, ktorou sa mení a dopĺňa smernica Rady 96/82/ES o kontrole nebezpečenstiev veľkých havárií s prítomnosťou nebezpečných látok [6]. Hlavné zmeny sa týkali nebezpečenstiev vyplývajúcich zo skladovania nebezpečných látok a spracovateľských aktivít v ťažobnom priemysle, priemysle pyrotechnických a výbušných látok, a skladovania dusičnanu amónneho a hnojív obsahujúcich túto látku.



Ustanovenia Smernice 96/82/ES museli členské štáty transponovať do vnútroštátnych právnych poriadkov do 29. decembra 1998, a dňom 3. februára 1999 bola zrušená smernica SEVESO I (82/501/EHS) aj so svojimi zmenami.

V roku 2008 sa rozhodlo o potrebe rozsiahlejšieho preskúmania smernice SEVESO II, pretože jej základná štruktúra a hlavné požiadavky zostali od jej prijatia nezmenené. Hlavné zmeny súvisia so zmenou v systéme klasifikácie nebezpečných látok. Uvedený systém nahradilo nariadenie (ES) č. 1272/2008 o klasifikácii, označovaní a balení látok a zmesí (známe ako nariadenie „CLP“ [7]), ktoré nadobudne platnosť v celom rozsahu textu 1. júna 2015.

**Smernica SEVESO III** (Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2012/18/EÚ zo 4. júla 2012 o kontrole nebezpečenstiev závažných havárií s prítomnosťou nebezpečných látok, ktorou sa mení a dopĺňa a následne zrušuje smernica Rady 96/82/ES [1]) bola publikovaná v Úradnom vestníku Európskej únie 24. júla 2012. Táto smernica stanovuje členským štátom uviesť do účinnosti zákony, iné právne predpisy a správne opatrenia potrebné na dosiahnutie súladu s touto smernicou do 31. mája 2015, ktoré sa majú uplatňovať od 1. júna 2015 a zároveň zrušuje smernicu SEVESO II (96/82/ES) od 1. júna 2015. Dôležitými zmenami v tejto smernici oproti smernici SEVESO II sú posilnené opatrenia týkajúce sa prístupu verejnosti k informáciám o bezpečnosti a jej účasti na rozhodovacom procese, zdokonalený spôsob zberu, riadenia, dostupnosti a zdieľania informácií a prísnejšie normy pre vykonávanie inšpekcií zariadení

Smernice SEVESO sa v súčasnosti vzťahujú na cca 10 000 priemyselných podnikov v rámci EÚ, v ktorých sa spracúvajú alebo skladujú nebezpečné látky alebo prípravky v množstvách nad stanovenými limitmi, najmä v chemickom, petrochemickom a ťažobnom priemysle.

## **Smernica 2012/18/EÚ**

Smernica ustanovuje pravidlá prevencie veľkých havárií s prítomnosťou nebezpečných látok a obmedzovania ich následkov na ľudské zdravie a životné prostredie s cieľom zabezpečiť vysokú úroveň ochrany v celej Únii konzistentným a účinným spôsobom.



## Rozsah pôsobnosti

Smernica sa uplatňuje na podniky, v ktorých sú nebezpečné látky prítomné v jednom alebo viacerých zariadeniach, vrátane spoločných alebo súvisiacich infraštruktúr alebo činností. Podniky sú klasifikované ako podniky nižšej úrovne alebo podniky vyššej úrovne; táto klasifikácia vychádza z množstiev nebezpečných látok nachádzajúcich sa v podniku

Smernica sa neuplatňuje na:

- vojenské podniky, zariadenia ani skladovacie zariadenia;
- nebezpečnosť v dôsledku ionizujúceho žiarenia;
- prepravu nebezpečných látok a prechodné dočasné skladovanie cestnou, železničnou dopravou, vnútrozemskými vodnými cestami, námornou alebo leteckou dopravou vrátane nakládky a vykládky a dopravy do iných prostriedkov prepravy a z nich v dokoch, prístavných hrádzach alebo zoraďovacích nádražiach mimo podnikov v rámci pôsobnosti tejto smernice;
- prepravu nebezpečných látok v potrubiach vrátane čerpacích staníc mimo podnikov v rámci pôsobnosti tejto smernice;
- využitie (prieskum, ťažba a spracovanie) minerálov v baniach, lomoch alebo prostredníctvom vrtov
- prieskum a ťažbu minerálov vrátane uhl'ovodíkov;
- skladovanie plynu v pobrežných podzemných miestach
- skládky odpadu vrátane podzemných odpadových skládok

s výnimkou podzemných zásobníkov plynu v prírodných vrstvách a bývalých baniach a prevádzkových zariadení na zneškodňovanie hlušiny, vrátane odkalovacích nádrží, ktoré obsahujú nebezpečné látky, na ktoré sa táto smernica vzťahuje.

## Spresnenie definícií pojmov

Smernica upresňuje definíciu pojmov, použitých v predchádzajúcich smerniciach; najmä:



- sa dopĺňajú definície rôznych druhov „podnikov“ v rozsahu pôsobnosti smernice,
- pojem „zariadenie“ sa spresňuje na nadzemné a aj podzemné technické jednotky v ktorej sa nebezpečné látky vyrábajú, používajú, spracúvajú alebo uskladňujú,
- pojem „prevádzkovateľ“ sa zosúladiť s vymedzením tohto pojmu v smernici 2010/75/EÚ o priemyselných emisiách [8] (integrovaná prevencia a kontrola znečisťovania životného prostredia)
- pojmy „verejnosť“ a „dotknutá verejnosť“ sa zosúladiť s právnymi predpismi EÚ (rozhodnutie Rady 2005/370/ES [9]), ktorými sa vykonáva Aarhuský dohovor o prístupe k informáciám, účasti verejnosti na rozhodovacích procesoch a prístupe k spravodlivosti v záležitostiach životného prostredia [10],
- pojem „nebezpečná látka“ zahŕňa nebezpečné látky nachádzajúce sa v podniku vo forme suroviny, výrobku, vedľajšieho produktu, rezídua alebo medziproduktu.

## Povinnosti prevádzkovateľa

Smernica prostredníctvom členských štátov ukladá prevádzkovateľom povinnosť prijať všetky opatrenia potrebné na prevenciu závažných havárií a obmedzovanie ich následkov na ľudské zdravie a životné prostredie a preukázať príslušnému orgánu všetkých nevyhnutných opatrení stanovených v tejto smernici. Okrem tejto povinnosti prevádzkovateľ musí poskytnúť príslušnému orgánu, ktorý je určený členským štátom, nasledovné informácie

- meno/názov a/alebo obchodný názov prevádzkovateľa a úplnú adresu prevádzkovateľa a príslušného podniku;
- meno a funkciu osoby, ktorá je poverená riadením podniku;
- informácie dostatočné na identifikáciu nebezpečných látok a kategórie zahrnutých látok alebo látok, ktoré by mohli byť prítomné;
- množstvo a fyzikálne skupenstvo nebezpečnej látky alebo dotknutých látok;
- činnosť alebo navrhovanú činnosť zariadenia alebo skladovacieho zariadenia;
- bezprostredné okolie podniku a faktory, ktoré môžu spôsobiť závažnú haváriu alebo zhoršiť jej následky, vrátane dostupných údajov o susedných podnikoch, oblastiach



a vývoji, ktoré by mohli byť príčinou alebo zvýšiť riziko či zhoršiť následky závažnej havárie a domino efektu.

Prevádzkovateľ ďalej musí vopred informovať príslušný orgán o nasledovných udalostiach:

- o každom významnom zvýšení alebo znížení množstva alebo významnej zmene povahy alebo fyzikálnej formy prítomnej nebezpečnej látky, alebo o významnej zmene procesov, v ktorých sa daná látka používa;
- o zmene podniku alebo zariadenia, ktorá by mohla mať významné dôsledky v zmysle nebezpečnosti vedúcej k závažnej havárii;
- o trvalom uzatvorení podniku alebo jeho vyradení z prevádzky.

## **Program prevencie závažných havárií**

Prevádzkovateľ je povinný vypracovať písomný dokument, v ktorom stanoví program prevencie závažných havárií (ďalej len „PPZH“), a zabezpečil jeho riadne vykonávanie. PPZH sa vymedzuje tak, aby sa zaručila vysoká úroveň ochrany ľudského zdravia a životného prostredia. Musí byť primeraný nebezpečnosti vedúcej k závažnej havárii. Obsahuje celkové ciele a zásady konania prevádzkovateľa, úlohu a zodpovednosť vedenia ako aj záväzok nepretržitého zlepšovania kontroly rizika vedúceho k závažnej havárii a zabezpečenia vysokej úrovne ochrany. PPZH musí byť pravidelne preskúmaný a najmenej raz za päť rokov aktualizovaný. Prevádzkovateľ musí PPZH predložiť príslušnému orgánu v stanovených lehotách.

## **Domino efekt**

Príslušný orgán je povinný určiť skupiny podnikov, v ktorých prípade by sa riziko závažnej havárie alebo jej následky mohli zhoršiť z dôvodu zemepisnej polohy a blízkosti takýchto podnikov a ich zásob nebezpečných látok.

Prevádzkovatelia určených podnikov sú povinní vymieňať si primerané informácie, aby sa týmto podnikom podľa okolností umožnilo zohľadniť povahu a rozsah celkovej nebezpečnosti vedúcej k závažnej havárii v rámci ich PPZH, bezpečnostných riadiacich systémov, bezpečnostných správ a vnútorných havarijných



plánov; ako aj spolupracovať na informovaní verejnosti a susedných podnikov s cieľom vypracovania vonkajších havarijných plánov.

Komisia môže vypracovať usmernenia o bezpečnostnej vzdialenosti a domino efekte.

## **Bezpečnostná správa**

Prevádzkovateľ podniku vyššej úrovne je povinný vypracovať bezpečnostnú správu zameranú na

- preukázanie, že PPZH a bezpečnostný riadiaci systém na jeho vykonávanie sa zaviedli v súlade s informáciami stanovenými v prílohe smernice;
- preukázanie, že sa určila nebezpečnosť vedúca k závažnej havárii a možné scenáre závažných havárií a boli prijaté opatrenia potrebné na prevenciu takýchto havárií a na obmedzovanie ich následkov na ľudské zdravie a životné prostredie;
- preukázanie, že sa v návrhu, výstavbe, prevádzke a údržbe každého zariadenia, skladovacieho zariadenia, vybavenia a infraštruktúry spojenej s ich prevádzkou, ktoré súvisia s nebezpečnosťou vedúcou k závažnej havárii vnútri podniku, zohľadnila potreba primeranej bezpečnosti a spoľahlivosti;
- preukázanie, že sa vypracovali vnútorné havarijné plány, a poskytovať informácie umožňujúce vypracovanie vonkajšieho havarijného plánu;
- poskytovanie príslušnému orgánu dostatku informácií na to, aby mohol prijímať rozhodnutia týkajúce sa umiestnenia nových činností alebo rozvojových aktivít v okolí existujúcich podnikov.

Bezpečnostnú správu je potrebné pravidelne preskúmať a najmenej raz za päť rokov aktualizovať. Bezpečnostná správa musí byť takisto aktualizovaná po závažnej havárii v podniku alebo v prípade potreby zapracovania nových skutočností alebo technických poznatkov v otázkach bezpečnosti vrátane poznatkov vyplývajúcich z analýzy havárií alebo prípadov bezprostrednej hrozby havárie a vývojom poznatkov týkajúcich sa posúdenia nebezpečnosti vedúcej k závažnej havárii.

Bezpečnostnú správu predkladá prevádzkovateľ príslušnému orgánu, ktorý v primeranom čase od prijatia správy oznámi prevádzkovateľovi závery svojho



preskúmania bezpečnostnej správy a prípadne zakáže podnik uviesť do prevádzky alebo zakáže pokračovanie prevádzky daného podniku.

## Havarijné plány

Všetky podniky vyššej úrovne musia mať vypracovaný vnútorný havarijný plán na vykonanie opatrení vnútri podniku a ich prevádzkovateľ musí poskytnúť príslušnému orgánu potrebné informácie, aby mu umožnil vypracovať vonkajšie havarijné plány, ktoré musí príslušný orgán vypracovať na vykonanie opatrení mimo podniku do dvoch rokov od prijatia potrebných informácií od prevádzkovateľa.

Havarijné plány musia byť vypracované s cieľom:

- obmedziť rozsah havárií a zvládať ich tak, aby sa minimalizovali ich účinky a obmedzilo sa poškodenie ľudského zdravia, životného prostredia a majetku;
- vykonávať opatrenia potrebné na ochranu ľudského zdravia a životného prostredia pred účinkami závažných havárií;
- oznamovať nevyhnutné informácie verejnosti a príslušným útvarom alebo orgánom v oblasti;
- zabezpečiť obnovu a vyčistenie životného prostredia po závažnej havárii.

Vnútorné havarijné plány majú byť vypracované v spolupráci so zamestnancami, ktorí pracujú vnútri podniku, vrátane príslušných dlhodobých zamestnancov subdodávateľov; vonkajšie havarijné plány v etape ich prípravy alebo výraznej zmeny musia byť včas poskytnuté dotknutej verejnosti na vyjadrenie. Vnútorné aj vonkajšie havarijné plány musia byť najmenej raz za tri roky preskúmané a v prípade potreby aktualizované. Pri preskúmaní sa zohľadňujú zmeny, ktoré sa uskutočnili v príslušných podnikoch alebo v rámci príslušných záchranných služieb, nové technické poznatky a poznatky týkajúce sa reakcie na závažné havárie.

## Oblasť územného plánovania

Princípy prevencie závažných havárií a obmedzovania následkov takýchto havárií na ľudské zdravie a životné prostredie sa musia zohľadniť aj v oblasti územného plánovania z hľadiska



- umiestnenia nových podnikov;
- zmien zariadenia, podniku, skladovacieho zariadenia alebo procesu alebo povahy či fyzikálnej formy alebo množstva nebezpečných látok, ktorá by mohla závažne ovplyvniť nebezpečnosť vedúcu k závažnej havárii v podnikoch spadajúcich do pôsobnosti smernice;
- nového rozvoja vrátane dopravných trás, verejných priestranstiev a obývaných oblastí v blízkosti podnikov, umiestnenie alebo rozvoj môžu byť zdrojom závažnej zvýšiť jej riziko, či zhoršiť jej následky.

Cieľom vyžadovaných opatrení je

- zachovať primerané bezpečnostné vzdialenosti medzi podnikmi, na ktoré sa vzťahuje táto smernica, a obývanými oblasťami a priestranstvami navštevovanými verejnosťou, rekreačnými oblasťami a pokiaľ možno významnými dopravnými trasami;
- chrániť oblasti obzvlášť citlivé z prírodného hľadiska alebo prírodné oblasti osobitného významu v blízkosti podnikov podľa okolností pomocou primeraných bezpečnostných vzdialeností alebo iných primeraných opatrení;
- v prípade existujúcich podnikov prijať dodatočné technické opatrenia, aby sa nezvýšili riziká pre ľudské zdravie a životné prostredie.

## **Informácie pre verejnosť**

Členské štáty musia zabezpečiť, aby mala verejnosť neustály prístup k aktuálnym informáciám týkajúcich sa identifikácie každého podniku spadajúceho do pôsobnosti smernice, činností vykonávaných v podniku, názvov alebo klasifikácie nebezpečnosti príslušných nebezpečných látok používaných v podniku, ktoré by mohli mať za následok vznik závažnej havárie, s jednoduchým uvedením ich základných nebezpečných vlastností, dátumu poslednej kontroly v podniku, spôsobu varovania dotknutej verejnosti v prípade potreby, vrátane zodpovedajúcich informácií o vhodnom správaní v prípade závažnej havárie a podrobností o tom, kde možno získať ďalšie relevantné informácie.

V prípade podnikov vyššej úrovne členské štáty takisto zabezpečia, aby:



- všetky osoby, ktoré môžu byť pravdepodobne dotknuté závažnou haváriou, pravidelne a najvhodnejšou formou dostávali jasné a zrozumiteľné informácie o hlavných typoch scenárov závažných havárií a kontrolných opatreniach na ich riešenie, bezpečnostných opatreniach a o tom, ako sa majú správať v prípade havárie, a to bez toho, aby si tieto informácie museli vyžiadať;
- na žiadosť verejnosti bola sprístupnená bezpečnostná správa. V prípade dôverných informácií sa sprístupní zmenená správa, ktorá obsahuje aspoň všeobecné informácie o nebezpečnosti vedúcej k závažnej havárii a o možných účinkoch na ľudské zdravie a životné prostredie;
- na žiadosť verejnosti bol sprístupnený zoznam nebezpečných látok vyskytujúcich sa v podniku.
- boli zverejnené príslušné informácie z vonkajšieho havarijného plánu, ktorý bol vypracovaný s cieľom zvládnuť akékoľvek účinky havárie mimo podniku. vrátane odporúčaní, ako dodržiavať pokyny alebo príkazy záchranných služieb v čase havárie;
- v prípade, ak sa podnik nachádza v blízkosti územia iného členského štátu a existuje možnosť vzniku závažnej havárie s cezhraničnými účinkami boli príslušné informácie poskytnuté potenciálne postihnutým štátom.

Dotknutá verejnosť musí mať možnosť včas vyjadriť ku konkrétnym individuálnym projektom, pokiaľ ide o:

- plánovanie nových podnikov;
- výrazné zmeny podnikov;
- nové rozvojové aktivity v okolí podnikov, keď umiestnenie alebo rozvoj môže zvýšiť riziko závažnej havárie alebo jej následky

Príslušný orgán po prijatí príslušných rozhodnutí musí sprístupniť verejnosti

- obsah a dôvody rozhodnutia vrátane všetkých neskorších aktualizácií;
- výsledky konzultácií uskutočnených pred prijatím rozhodnutia a vysvetlenie, akým spôsobom sa tieto výsledky v danom rozhodnutí zohľadnili.



## Povinnosti po závažnej havárii

**Prevádzkovateľ** musí čo najskôr po závažnej havárii najvhodnejšími prostriedkami

- informovať príslušné orgány;
- poskytnúť príslušnému orgánu poskytnúť informácie týkajúce sa
  - okolností havárie;
  - prítomných nebezpečných látok;
  - dostupných údajov na posúdenie účinkov havárie na ľudské zdravie, životné prostredie a majetok;
  - prijatých havarijných opatreniach;
- informovať príslušný orgán o plánovaných krokoch na zmiernenie strednodobých a dlhodobých účinkov havárie a na zabránenie opakovaniu takejto havárie;
- aktualizovať poskytnuté informácie, pri zistení dodatočných skutočností, ktoré zmenia dané informácie alebo vyvodené závery.

## Príslušný orgán po závažnej havárii musí

- zabezpečiť vykonanie všetkých naliehavých, strednodobých a dlhodobých opatrení,
- zhromaždiť informácie potrebné pre celú analýzu technického, organizačného a riadiaceho aspektu závažnej havárie;
- vykonať vhodné kroky s cieľom zabezpečiť aby prevádzkovateľ prijal všetky nevyhnutné nápravné opatrenia;
- vydať odporúčania v súvislosti s budúcimi preventívnymi opatreniami a
- informovať osoby, ktorých by sa závažná havária mohla týkať, o vzniknutej havárii, a opatreniach prijatých na zmiernenie jej následkov.

**Členský štát** po vzniku závažnej havárie musí informovať Komisiu EÚ o závažnej havárii, ku ktorej došlo na jeho území s uvedením

- členského štátu, názvu a adresy orgánu zodpovedného za vypracovanie správy;



- dátumu, času a miesta závažnej havárie vrátane celého názvu prevádzkovateľa a adresy dotknutého podniku;
- stručného opisu okolností havárie, vrátane prítomných nebezpečných látok, a bezprostredných účinkov na ľudské zdravie a životné prostredie;
- prijatých núdzových opatrení a preventívnych opatrení na zamedzenie opakovania havárie;
- výsledkov analýz a odporúčaní.

## **Zákaz prevádzky**

Členský štát musí zakázať prevádzku každého podniku, zariadenia alebo skladovacieho zariadenia alebo akejkoľvek ich časti alebo jeho/jej uvedenie do prevádzky, ak opatrenia prijaté prevádzkovateľom na účely prevencie závažných havárií a zmiernenie ich následkov majú vážne nedostatky.

Členský štát môže zakázať prevádzku každého podniku, zariadenia alebo skladovacieho zariadenia alebo jeho/jej uvedenie do prevádzky, ak prevádzkovateľ v stanovenej lehote nepredložil oznámenie, správy alebo iné informácie požadované podľa tejto smernice.

## **Kontroly**

Členské štáty zabezpečia, aby príslušné orgány zaviedli systém kontrol. Kontroly musia byť primerané typu dotknutého podniku a musia sa vykonávať na základe plánu kontrol na vnútroštátnej, regionálnej alebo miestnej úrovni, ktorý sa musí pravidelne preverovať a aktualizovať v prípade potreby.

Plán kontrol obsahuje:

- všeobecné posúdenie príslušných otázok bezpečnosti;
- zemepisnú oblasť, na ktorú sa vzťahuje plán kontrol a inšpekcií;
- zoznam podnikov, na ktoré sa vzťahuje plán;
- zoznam skupín podnikov s možným domino efektom;



- zoznam podnikov, v ktorých by osobitné vonkajšie zdroje rizík alebo nebezpečnosti mohli zvýšiť riziko závažnej havárie alebo zhoršiť jej následky;
- postupy na bežné kontroly vrátane programov takýchto kontrol
- postupy na mimoriadne kontroly;
- ustanovenia týkajúce sa spolupráce medzi rôznymi kontrolnými orgánmi.

Interval medzi dvomi po sebe nasledujúcimi kontrolami v podniku nesmie prekročiť obdobie jedného roka v prípade podnikov vyššej úrovne a troch rokov v prípade podnikov nižšej úrovne, pokiaľ príslušný orgán nevypracoval iný program kontrol. Ak sa pri kontrole zistí, že došlo k závažnému nedodržaniu ustanovení tejto smernice, do šiestich mesiacov sa vykoná ďalšia kontrola. Mimoriadne kontroly sa vykonávajú s cieľom čo možno najskôr vyšetriť závažné sťažnosti, závažné havárie, prípady bezprostrednej hrozby závažnej havárie a prípady nedodržania požiadaviek.

### **Informačný systém a výmena informácií**

Členské štáty a Komisia si vymieňajú informácie o skúsenostiach získaných v súvislosti s prevenciou závažných havárií a obmedzovaním ich následkov. Tieto informácie sa týkajú najmä fungovania opatrení stanovených v tejto smernici.

Komisia zriadi a aktualizuje databázu s obsahom informácií dodaných členskými štátmi. Členským štátom sprístupní údaje o závažných haváriách, ku ktorým došlo na území členských štátov, ktoré obsahujú analýzu príčin havárií, poznatky získané z havárií a preventívne opatrenia potrebné na to, aby sa zabránilo opätovnému výskytu závažnej havárie.

### **Transpozícia**

Členské štáty uvedú do účinnosti zákony, iné právne predpisy a správne opatrenia potrebné na dosiahnutie súladu s touto smernicou do 31. mája 2015. Tieto opatrenia sa uplatňujú od 1. júna 2015, kedy sa zároveň zrušuje smernica 96/82/ES.

### **Prílohy**

Smernica obsahuje 7 príloh



- Príloha I: Zoznam nebezpečných látok a ich množstvá, na základe ktorých sa podniky klasifikujú na podniky nižšej úrovne a podniky vyššej úrovne.
- Príloha II: Minimálne údaje a informácie, ktoré treba zohľadniť v bezpečnostnej správe
- Príloha III: Informácie o bezpečnostnom riadiacom systéme a organizácii podniku s ohľadom na prevenciu závažných havárií
- Príloha IV: Údaje a informácie, ktoré musia obsahovať vnútorné a vonkajšie havarijné plány
- Príloha V: Informácie ktoré musia byť poskytnuté verejnosti
- Príloha VI: Kritériá hlásenia závažnej havárie Komisii EÚ
- Príloha VII: Tabuľka zhody ustanovení tejto smernice so smernicou 96/82/ES.

## **Dopad na legislatívu SR**

Problematika prevencie závažných priemyselných havárií je obsiahnutá na národnej úrovni Slovenskej republiky v troch aktuálnych všeobecne záväzných právnych predpisoch:

- v zákone NR SR č. 261/2002 Z.z. o prevencii závažných priemyselných havárií a o zmene a doplnení niektorých zákonov [11], v znení zákona č. 525/2003 Z. z., zákona č. 587/2004 Z. z., zákona č. 277/2005 Z.z. a zákona č. 515/2008 Z.z.

Zákon 261/2002 Z.z. transponuje do národnej legislatívy smernicu SEVESO II (96/82/ES) a ustanovuje podmienky a postup pri prevencii závažných priemyselných havárií v podnikoch s prítomnosťou vybraných nebezpečných látok a na pripravenosť na ich zdoľávanie a na obmedzovanie ich následkov na život a zdravie ľudí, životné prostredie a majetok v prípade ich vzniku.

- vo vyhláske Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 489/2002 Z. z., ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenia zákona o prevencii závažných priemyselných havárií a o zmene a doplnení niektorých zákonov [12] v znení vyhlášky č. 451/2005 Z. z.



- vo vyhláske Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 490/2002 Z. z. o bezpečnostnej správe a o havarijnom pláne [13] v znení vyhlásky č. 452/2005 Z. z.

Do termínu stanoveného smernicou 2012/18/ES (31. máj 2015) bude potrebné aktualizovať nielen tieto všeobecne záväzné právne predpisy, ale aj ďalšie predpisy, ktoré určitým spôsobom súvisia so závažnými priemyselnými haváriami a ochranou obyvateľstva, napr. zákon č. 42/1994 Z. z. o civilnej ochrane obyvateľstva v znení neskorších predpisov, zákon č. 67/2010 Z. z. o podmienkach uvedenia chemických látok a chemických zmesí na trh a o zmene a doplnení niektorých zákonov (chemický zákon), zákon č. 7/2010 Z. z. o ochrane pred povodňami a iné.

### 3. ZÁVER

Smernica 2012/18/EÚ o kontrole nebezpečenstiev závažných havárií s prítomnosťou nebezpečných látok sleduje zvýšenie existujúcej úrovne bezpečnosti a ochrany životného prostredia a ľudského zdravia pred nebezpečenstvami závažných havárií a zvýšenej účasti verejnosti na rozhodovacom procese v záležitostiach životného prostredia, najmä informovaním osôb, ktoré by mohli byť dotknuté závažnou haváriou, ktoré by mali mať k dispozícii dostatok informácií o tom, ako pri závažnej priemyselnej havárii správne postupovať.

Dodržiavaním ustanovení smernice sa v členských štátoch EU zvýši ochrana životného prostredia z hľadiska trvale udržateľného rozvoja celej spoločnosti a aj bezpečnosť každého jednotlivca.

### ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2012/18/EÚ zo 4. júla 2012 o kontrole nebezpečenstiev závažných havárií s prítomnosťou nebezpečných látok, ktorou sa mení a dopĺňa a následne zrušuje smernica Rady 96/82/ES. Úradný vestník Európskej únie L 197, 24.7.2012, s.1.
- [2] Council Directive 82/501/EEC of 24 June 1982 on the major-accident hazards of certain industrial activities [Smernica Rady 82/501/EHS z 24. júna 1982 o



- nebezpečenstvách veľkých havárií pri určitých priemyselných činnostiach]. Úradný vestník Európskej únie L 230, 5.8.1982, s. 1-18.
- [3] Council Directive 87/216/EEC of 19 March 1987 amending Directive 82/501/EEC on the major-accident hazards of certain industrial activities [Smernica Rady 87/216/EHS z 19. marca 1987 dopĺňujúca smernicu 82/501/EHS o hlavných rizikách určitých priemyselných činností]. Úradný vestník Európskych spoločenstiev L 85, 28.3.1987, s. 36-39.
- [4] Council Directive 88/610/EEC of 24 November 1988 amending Directive 82/501/EEC on the major-accident hazards of certain industrial activities [Smernica Rady 88/610/EHS z 24. novembra 1988 dopĺňujúca smernicu 82/501/EHS o hlavných rizikách určitých priemyselných činností]. Úradný vestník Európskych spoločenstiev L 336, 7.12.1988, s. 14-18.
- [5] Smernica Rady 96/82/ES z 9. decembra 1996 o kontrole nebezpečenstiev veľkých havárií s prítomnosťou nebezpečných látok. Úradný vestník Európskych spoločenstiev L 10, 14.1.1997, s. 13-33. Mimoriadne vydanie v slovenskom jazyku: Kapitola 05, Zväzok 02, s. 410-430
- [6] Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2003/105/ES zo 16. decembra 2003, ktorou sa mení a dopĺňa smernica Rady 96/82/ES o kontrole nebezpečenstiev veľkých havárií s prítomnosťou nebezpečných látok. Úradný vestník Európskej únie L 345, 31.12.2003, s. 97-105. Mimoriadne vydanie v slovenskom jazyku: Kapitola 05, Zväzok 04, s. 398-406
- [7] Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008 z 16. decembra 2008 o klasifikácii, označovaní a balení látok a zmesí, o zmene, doplnení a zrušení smerníc 67/548/EHS a 1999/45/ES a o zmene a doplnení nariadenia (ES) č. 1907/2006. Úradný vestník Európskej únie L 353, 31.12.2008, s. 1-1355.
- [8] Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2010/75/EÚ z 24. novembra 2010 o priemyselných emisiách (integrovaná prevencia a kontrola znečisťovania životného prostredia). Úradný vestník Európskej únie L 334, 17.12.2010, s. 17–119
- [9] Rozhodnutie Rady 2005/370/ES zo 17. februára 2005 o uzavretí v mene Európskeho spoločenstva Dohovoru o prístupe k informáciám, účasti verejnosti na rozhodovacom procese a prístupe k spravodlivosti v záležitostiach životného prostredia. Úradný vestník Európskej únie L 124, 17.5.2005, s. 1–3.
- [10] Dohovor EHK OSN o prístupe k informáciám, účasti verejnosti na rozhodovacom procese a prístupe k spravodlivosti v záležitostiach životného prostredia. (Aarhuský dohovor.) Európska hospodárska komisia OSN. Aarhus, 25.6.1998. Online. Dostupné na <<http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/pp/documents/cep43slovak.pdf>>.
- [11] Zákon č. 261/2002 Z. z. z 20. marca 2002 o prevencii závažných priemyselných havárií a o zmene a doplnení niektorých zákonov. Zbierka zákonov č. 112/2002, s. 2498-2522. Online aktuálne znenie na <<http://jaspi.justice.gov.sk>>.



- [12] Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 489/2002 Z. z., ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenia zákona o prevencii závažných priemyselných havárií a o zmene a doplnení niektorých zákonov. Zbierka zákonov č. 187/2002, s. 4862-4917. Online aktuálne znenie na <<http://jaspi.justice.gov.sk>>.
- [13] Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 490/2002 Z. z. o bezpečnostnej správe a o havarijnom pláne. Zbierka zákonov č. 187/2002, s. 4918-4929. Online aktuálne znenie na <<http://jaspi.justice.gov.sk>>.

### Adresa autorov

RNDr. Boris Toman

Požiarotechnický a expertízny ústav MV SR v Bratislave,

Rožňavská 11, 831 04 Bratislava,

e-mail: [boris.toman@hazz.minv.sk](mailto:boris.toman@hazz.minv.sk)

Ing. Jana Krajčovičová, Ph.D.

Požiarotechnický a expertízny ústav MV SR v Bratislave,

Rožňavská 11, 831 04 Bratislava,

e-mail: [jana.krajcovicova@hazz.minv.sk](mailto:jana.krajcovicova@hazz.minv.sk)



## VYBRANÉ RIZIKOVÉ FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE HASIČA POČAS ZÁSAHOVEJ ČINNOSTI

### SELECTED RISK FACTORS INFLUENCING FIREMAN DURING INTERVENTION ACTIVITY

Marianna TOMAŠKOVÁ, Michaela BALÁŽIKOVÁ, Jiří POKORNÝ

#### Abstract

Firemen's labour activities are demanding and high-risk. There are posed requirements concerning firemen with regard to their physical and psychical abilities and skills. During the almost every fire fighter intervention is endangered his health and also life. That is why it is necessary to analyse all possible risk situations that can occur during firemen activities in order to protect their health and life.

**Keywords:** *fireman, risk, risk factors*

#### 1. ÚVOD

Prostredie v ktorom hasič pracuje, pôsobí prevažne agresívne. Voči agresivite je potrebné hasiča chrániť a zabezpečiť dôležité funkcie jeho organizmu. Telesná práca hasiča, produkciu tepla zmnohonásobuje, 90 % sa podieľajú svaly a koža, o zvyšok sa delí s ostatnými orgánmi 9% a mozog 1 %. Na výdaji tepla sa podieľa povrch kože. Výdaj je posilnený, ak je súčasne z povrchu kože odstraňovaná ohriata vrstva vzduchu napr. prúdením vzduchu, vetrom. Tepelnú bilanciu tela musia zabezpečovať osobné ochranné prostriedky, ktorými sú obleky, rukavice a obuv. Navyše tieto prostriedky musia chrániť hasiča čiastočne voči agresivitám prostredia ( tepelnému toku, chemickým látkam, ostrým hranám, baktériám a pod.).



Ďalšie vážne faktory, ktoré hasiča negatívne ovplyvňujú sú stres a psychická záťaž pri práci. Je potrebné zdôrazniť, že stránka psychickej náročnosti je v popredí. Akokoľvek sú hasiči pri náročných akciách vystavení ťažkej fyzickej práci, zďaleka sa nedá porovnať fyzické vyčerpanie s psychickým tlakom, ktorý pretrváva v rôznych hladinách vedomia, vytvára akúsi „ pretlakovú psychickú nádobu „ a po rokoch môže vzniknúť neovládateľný problém.“

## 2. ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU

**Psychologická starostlivosť a psychologická činnosť a v Hasičskom a záchrannom zbore** predstavuje realizáciu využívania psychologických poznatkov v hasičskej a záchrannárskej praxi. Vychádza sa z aktuálnej požiadavky komplexného psychologického zabezpečenia hasičov, ktoré je odrazom vysokej úrovne kvalitatívnych a kvantitatívnych nárokov na ľudského činiteľa v záťažových situáciách ich profesijnej činnosti.

Podľa Nariadenia vlády č.359/2006 Z. z. je psychickou pracovnou záťažou faktor, ktorý predstavuje súhrn všetkých hodnotiteľných vplyvov zdrojov práce, pracovných podmienok, pracovného prostredia, pôsobiacich na kognitívne, senzorické a emocionálne procesy človeka, ktoré ho ovplyvňujú a vyvolávajú procesy zvýšeného napätia a zaťaženia psychologických funkcií.

### **Výber niektorých pojmov z Nariadenia vlády č. 359/2006 Z. z. :**

- **Psychická záťaž:** je faktor pôsobiaci zaťažujúco na organizmus a vyžadujúci psychickú aktivitu, psychické spracúvanie a vyrovnávanie sa s požiadavkami a vplyvmi životného prostredia. Je možné rozlíšiť 3 formy psychickej záťaže: senzorickú, mentálnu a emocionálnu.
- **Psychická únava:** dočasné zhoršenie psychickej a fyzickej funkčnej výkonnosti, závislé od intenzity, trvania a časového priebehu predchádzajúceho psychického napätia.



- **Práca pod časovým tlakom:** práca vo vysokom pracovnom tempe s obmedzenými možnosťami prestávok a odpočinku, práca pod časovým tlakom.
- **Fyzický diskomfort:** pocit fyzickej nepohody záťaže pri práci, ktorý sťažuje pracovný výkon. Fyzický diskomfort môže byť spôsobený fyzickou námahou, hypokinézou, nevhodnou pracovnou polohou, **NEPRIAZNIVÝMI MIKROKLIMATICKÝMI PODMENKAMI**, alebo osobnými ochrannými pracovnými prostriedkami, ktoré obmedzujú pohyb, dýchanie, termoreguláciu, viditeľnosť, alebo sluch.

**REAKCIA KAŽDÉHO ČLOVEKA NA TRAUMATIZUJÚCU SITUÁCIU JE INDIVIDUÁLNA.**

**ABNORMÁLNE REAKCIE V TÝCHTO SITUÁCIÁCH SÚ NORMÁLNE.**

**Tab. 1 Traumatizujúce udalosti, pri ktorých sa poskytuje posttraumatická intervenčná starostlivosť [3]**

**Tab. 1 Traumatic occurrences requiring a post-traumatic intervention caring [3]**

HASIČ ZAŽIJE:	HASIČ UTRPÍ:	HASIČ SPÔSOBÍ:
Úmrtie, alebo ťažké poranenie iných osôb, ako priamy svedok udalosti ( predovšetkým u detí alebo kolegov )	Ťažké ohrozenie života alebo telesnej nedotknuteľnosti	Smrť, alebo ťažké zranenie niekoho iného
Obzvlášť tragické udalosti, Nehody s množstvom obetí, Katastrofy, Svedok sebevraždy	Vážna dopravná nehoda, Zavalenie, zasypanie Ožiarenie , intoxikácia	Chybné rozhodnutie, Zlyhanie záchranej misie Dopravná nehoda



## AKO POMÔŤ POSTIHNUTÉMU KOLEGOVI ALEBO OBETI NEŠŤASTIA?

### Uplatňuje sa 6 P:

1. **Porozprávaj:** ( nájsi odvahu postihnutého osloviť, na prejavenie ľudskosti nemusí byť odborník),
2. **Podopri:** ) postihnutý sa odvedie z exponovaného miesta, posadí sa, oprie o stenu..)
3. **Pripomeň realitu:** ( pýta sa na meno, skludňuje sa dýchanie, pripomína sa nádych, výdych)
4. **Podpor:** ( ukludnenie postihnutého, že jeho prejavy sú v takejto situácii normálne)
5. **Pomôž:** ( pýta sa čo potrebuje, ponúkne sa prikrývka, voda, citlivo sa poskytnete telesný kontakt)
6. **Posuň:** ( nikto nezvláda úplne všetko, ak nieje sila postihnutému pomôcť, treba ho posunúť kolegom, zdravotníkom, prípadne iným osobám).

## AKO SA MAJÚ CHOVAŤ NADRIADENÍ, POSTIHNUTÍ, KOLEGOVIA A ŽIVOTNÍ PARTNERI PRI STRESOVÝCH MIMORIADNYCH UDALOSTIACH? [3]

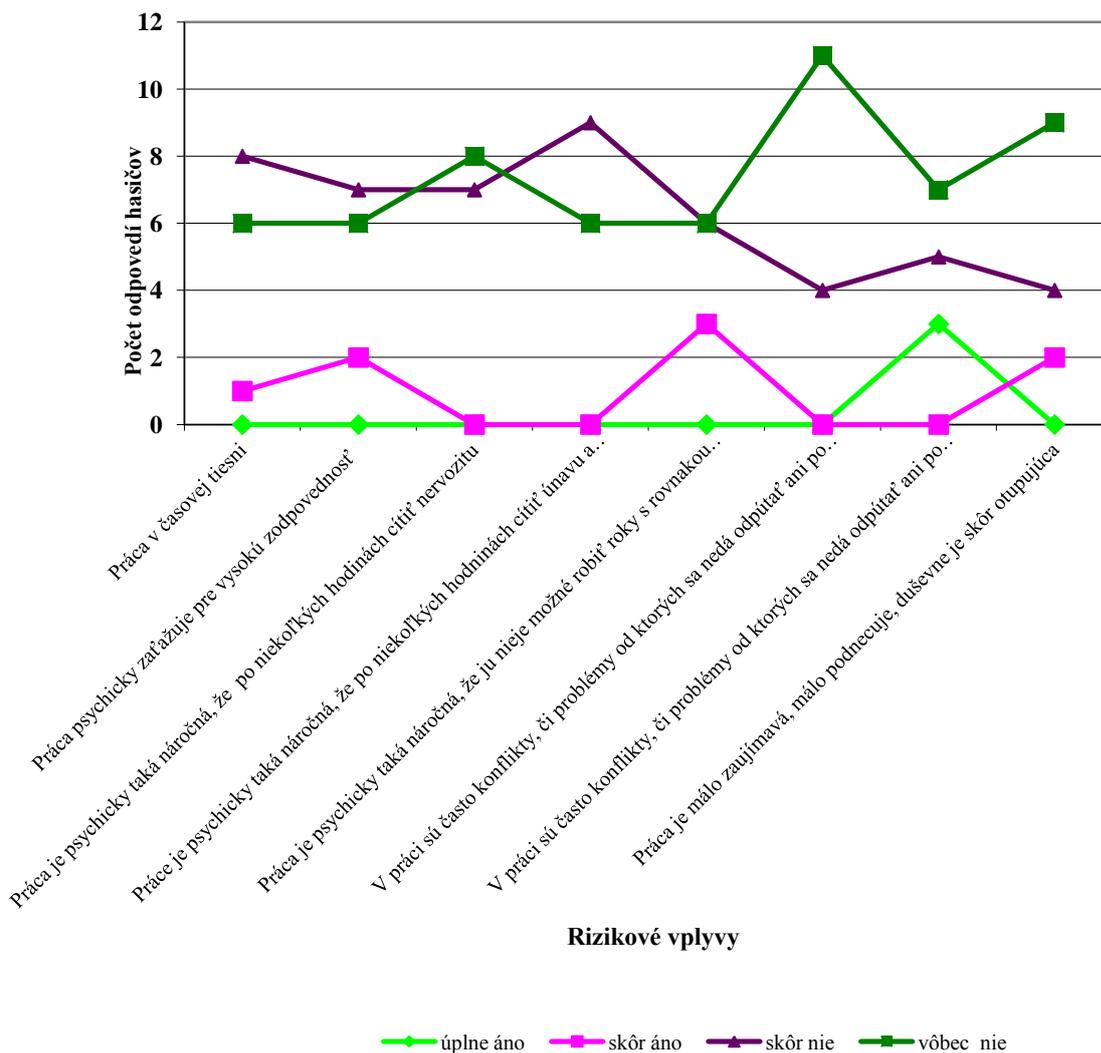
1. **Nadriadený hasič:** by mal postihnutému hasičovi najskôr poskytnúť určitú ochranu. Sem patrí šetrný prístup bezprostredne po udalosti. V dôvernom rozhovore si môže nadriadený utvoriť obrázok o jeho psychickom stave, informovať ho o nastávajúcich možnostiach pomoci a prekonzultovať s ním ďalší postup. K tomu je potrebná veľká dávka ľudskosti a schopnosti rozoznať v akom stave sa práve hasič nachádza.
2. **Postihnutý hasič:** psychická situácia zasiahnutého hasiča je poznamenaná predovšetkým hlbokou neistotou a narastajúcimi pochybnosťami, poprípade aj pocitom viny. Veľakrát musel hasič záchranár jednať časovej tiesni, vo vysoko nebezpečnej situácii. Premýšľa o tom, ako sa budú teraz k nemu príbuzní, nadriadení, kolegovia chovať a ako sa postavia k prípadným sporným udalostiam. Pomáha, ak sa vyrožpráva osobe, ktorá má preňho pochopenie.



3. **Kolegovia hasiča:** Zvýšená miera citlivosti po traumatizujúcej udalosti môže zapríčiniť, že neuvážené či letmé poznámky, ktorým by inak zasiahnutý hasič neprikladal význam môže vnímať teraz ako výčitky. Tu pomáha, ak sa k postihnutému hasičovi budú chovať kolegovia s porozumením, vcítia sa do jeho situácie.
4. **Životný partner hasiča:** tiež on, je otrasený a pociťuje neistotu. Životný partner by mal počúvať, ak nechce rozprávať, nemal by hasiča nútiť, naliehať, ani sa vypytovať. Po určitej dobe môže prísť potreba o všetkom hovoriť, potom je dôležité byť pozorným a vnímavým poslucháčom.

## 2.1 Grafické vyhodnotenie dotazníka podľa Nariadenia vlády č.359/2006 Z.z.

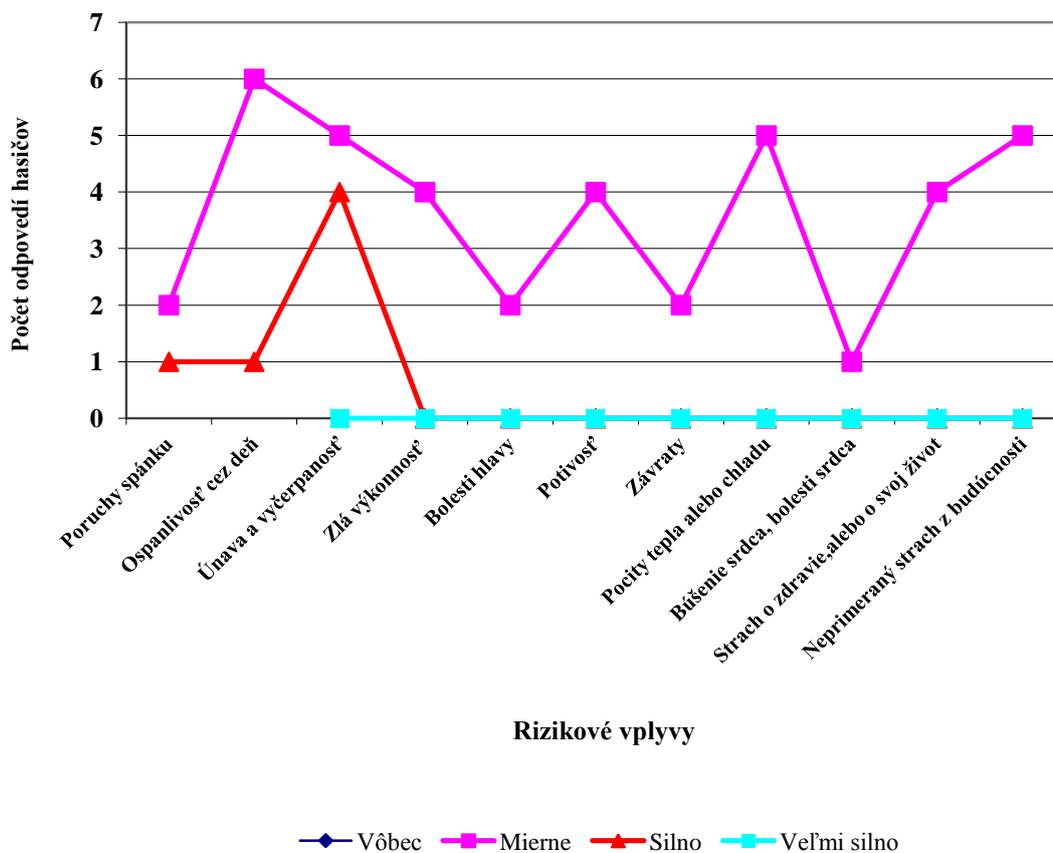
Z nariadenia vlády boli vyplnené časti: Časť B Hodnotenie psychickej pracovnej záťaže podľa charakteristík subjektívnej odozvy zamestnancov na záťaž. Metóda slúži na subjektívne hodnotenie vplyvov pracovnej činnosti na psychiku zamestnancov. [1] Je vhodná na orientačné skríningové hodnotenie rôznych pracovných činností, alebo profesií a B.2 Dotazník na hodnotenie neurotických tendencií N-5. Hodnotilo 15 hasičov HAZZ v Košiciach.



Obr. 1 Hodnotenie psychickej pracovnej záťaže podľa charakteristík subjektívnej odozvy zamestnancov na záťaž

Fig.1 Evaluation of psychical working load according to characteristics of fireman's subjective response to this loading

Grafické zobrazenie dotazníka na hodnotenie neurotických tendencií N-5. Hasiči vybrali tie položky, ktoré ich za posledné 3mesiace obťažovali a označili mieru intenzity. V každej položke zakrúžkovali jednu pre nich najvýstižnejšiu voľbu.



Obr.2 Dotazník na hodnotenie neurotických tendencií

Fig.2 Questionnaire for evaluation of neurotic tendencies

### 3. ZÁVER

Činnosť hasiča je špecifická najmä kvôli rôznym faktorom, ide najmä o netradičný rytmus pracovného dňa, kedy hasič vykonávajúci rutinnú údržbu, teoretickú či praktickú odbornú prípravu na základni, na stanici, musí v štádiu vyhlásenia poplachu rýchlo prejsť do stavu maximálneho nasadenia. Práve v tomto okamihu sa diametrálne mení spôsob jednania, dochádza k spontánnym biochemickým a psychosomatickým odozvám organizmu.

Činnosť pri represívnom zásahu, ktorá je charakterizovaná kombináciou vysokého, mnohokrát hraničného fyzického a psychického zaťaženia, nutne kladie požiadavky na adekvátnu kompletnú spôsobilosť. Každý hasič musí byť natoľko adaptovaný, aby sa v extrémnych podmienkach zásahu dokázal vyrovnáť s konkrétnou



fyzickou a psychickou záťažou bez rizika poškodenia vlastného zdravia. V priamej súvislosti s efektivitou a úspešnosťou akcie, na ktorej mnohokrát závisí zdravie a životy osôb, možné zlyhanie jedinca znamená nabúranie rovnováhy celej zasahujúcej skupiny, čo sa premietne nielen do miery úspešnosti likvidácie mimoriadnej udalosti, ale môže vyústiť aj do priameho ohrozenia života ostatných záchranárov. [2]

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

[1] Nariadenie vlády Slovenskej republiky 359/2006 Z.z. o podrobnostiach o ochrane zdravia pred nepriaznivými účinkami nadmernej fyzickej, psychickej a senzorickej záťaže pri práci.

[2] Vysocký, V.: problematika diferencovaného spôsobu vedenia kolektívu v oblastiach organizačného a operačného riadenia v rámci HAZZ, Diplomová práca, Ostravská univerzita, Filozofická fakulta, Katedra psychológie a sociálnej práce, 2007.

[3] Akútne a posttraumatické záťažové reakcie po extrémnych udalostiach pri výkone služby, Oddelenie psychológie a sociológie, Praha, ISBN 80-86640-25-6.

### Adresa autorov

Doc. Ing. Marianna Tomašková, PhD.

Technická univerzita v Košiciach,

Strojnícka fakulta,

Katedra bezpečnosti a kvality produkcie,

Letná 9, 042 00 Košice,

e-mail: [marianna.tomaskova@tuke.sk](mailto:marianna.tomaskova@tuke.sk)

Ing. Michaela Balážiková, PhD.

Technická univerzita v Košiciach,

Strojnícka fakulta,

Katedra bezpečnosti a kvality produkcie,



Letná 9, 042 00 Košice,

e-mail: [michaela.balazikova@tuke.sk](mailto:michaela.balazikova@tuke.sk)

Ing. Jiří Pokorný, PhD.

Hasičský záchranný zbor Moravskoslezského kraja,

Ostrava-Zábřeh, Česká republika



## STÁLE AKTUÁLNE NEBEZPEČENSTVO VÝBUCHU PRIEMYSELNÝCH PRACHOV

### STILL PRESENT DANGER OF INDUSTRIAL DUST EXPLOSION

Miroslava VANDLÍČKOVÁ

#### Abstract

Many current industrial technologies is accompanied by the presence of hazardous combustible dust. Every year an estimated 2000 such an explosions occur in factories and refineries in Europe. [1]. Every dust explosion is preventable but it is necessary to know how it can occur. The article deals with the current combustible dust explosion hazard, which is very often underestimated even in this day after many industrial unfortunate events caused by just such an explosion. The paper presents the theoretical principles of combustible dust explosion, their general fire - technical characteristics, physico - chemical properties and basic protective measures. By their implementation it is possible to prevent of the combustible dust explosion or at least reduce their impact on the security level.

**Keywords:** *Kľúčové slová v anglickom jazyku. Uved'te 3 až 5 slov alebo slovných spojení*

#### 1. ÚVOD

S výbuchmi priemyselného prachu sa môžeme v historických zdrojoch stretnúť už z obdobia pred viac ako 200 rokov. Explózia mlynskeho prachu v sklade v Turíne, 14. novembra 1785, bola prvou zaznamenanou explóziou prachu [2]. Neskorší rozvoj

jednotlivých priemyselných odvetví mal za následok i častejšie a mohutnejšie explózie prachu, pri ktorých prišli o život a zdravie tisícky ľudí, a finančné škody sa vyšplhali na milióny eur. Tieto skutočnosti viedli spoločnosť a kompetentné orgány k postupnému prijímaniu ochranných opatrení a právnych noriem, napriek tomu však problematika výbuchov horľavých priemyselných prachov v jednotlivých výrobných prevádzkach, spracovateľských a skladovacích zariadeniach nepatrí ani zďaleka k vyriešeným problémom súčasnosti.



**Figure 11 “Imperial Sugar Company” in the USA after an explosion of combustible sugar dust in 2008, causing 14 deaths and injuring 38 others [3]**

**Obrázok 3 Spoločnosť „Imperial Sugar Company“ v USA po explózii horľavého prachu cukru v roku 2008, 14 mŕtvych, 38 zranených [3]**

## **2. HORĽAVÝ PRACH**

Národná asociácia ochrany pred požiarmi (NFPA) definuje horľavý prach ako „rozdobenú tuhú látku, ktorá predstavuje nebezpečenstvo požiaru alebo prudkého vznietenia pri rozvírení do vzduchu alebo iného okysličujúceho média nad určitú hranicu koncentrácie bez ohľadu na veľkosť a tvar častíc“ [4]. Všeobecne sa však za prach považujú častice s veľkosťou pod 0,5 mm [5].



Medzi prírodné a syntetické organické materiály, ktoré môžu vytvárať horľavý prach, patria [4]

- Potravinárske suroviny (napr. obilie, sušené mlieko, cukor, múka, kakao, škrob, maltodextrín)
- Farmaceutické výrobky (napr. vitamíny)
- Drevo
- Textilné suroviny (napr. bavlna, nylon)
- Plasty (napr. polypropylén, fenoly)
- Živice (napr. fenol – formaldehydové)
- Bio – pevné látky (napr. sušený odpad z čističiek odpadových vôd)
- Uhlie

Horľavé prachy môžu vytvárať aj anorganické materiály a kovy:

- Hliník
- Železo
- Magnéziový prášok
- Mangán
- Síra

Z uvedeného vyplýva, že nebezpečenstvo výbuchu horľavého prachu existuje v mnohých odvetviach priemyslu (napr. v potravinárskom, farmaceutickom, chemickom, papierenskom, textilnom, gumárskom, drevospracujúcom, pri výrobe plastov, v poľnohospodárstve pri preprave a skladovaní obilia, pri spracovaní tabaku, atď.)

## 2.1 Vlastnosti prachov

Hlavným rozdielom medzi vlastnosťami prachu a vlastnosťami kompaktnej látky je fakt, že častice prachu majú oveľa väčší memný povrch a z toho vyplýva aj ich väčšia reaktivita. Jemnejšie prachy reagujú prudšie ako prachy hrubé, pričom sa veľkosti zrna výraznejšie prejavujú na zmene prudkosti výbuchu ako na výbuchovom tlaku [6]. Tiež tepelná vodivosť prachu v usadenom stave sa dosť výrazne odlišuje od tepelnej



vodivosti kompaktnej látky. Tepelná vodivosť prachov je nízka a blíži sa tepelnej vodivosti izolačných materiálov. To je spôsobené prítomnosťou vzduchu medzi jednotlivými čiastočkami prachu [7].

Z pohľadu protipožiarnej a protivýbuchovej prevencie môžeme medzi požiaro-technické charakteristiky prachov zaradiť napr. tieto parametre, ktoré sa zisťujú experimentálnymi skúškami:

- Dolná medza výbušnosti
- Maximálny výbuchový tlak
- Maximálna rýchlosť nárastu tlaku
- Výbuchová konštanta  $K_{St}$
- Minimálna iniciačná energia
- Teplota vzplanutia usadeného prachu
- Teplota vznietenia usadeného prachu
- Teplota horenia usadeného prachu
- Teplota vznietenia rozvíreného prachu
- Limitný obsah kyslíka

Pre mnohé horľavé prachy sú zistené požiaro-technické charakteristiky uvedené v odbornej literatúre, avšak je potrebné mať na zreteli, že hodnoty sú uvádzané ako intervaly väčšieho rozsahu a majú viac-menej informatívnu úlohu. Charakter horľavých prachov a ich bezpečnostné parametre závisia vždy na konkrétnej technológii a manipulácii s danou látkou (obrábanie kovov, energetika, spracovanie dreva, spracovanie odpadov, atď.) [8].

## 2.1.1 Dolná medza výbušnosti

Táto veličina predstavuje najnižšiu koncentráciu zmesi horľavého prachu so vzduchom, pri ktorej sa stáva takáto zmes výbušnou.

## 2.1.2 Maximálny výbuchový tlak a maximálna rýchlosť nárastu tlaku

Maximálny výbuchový tlak je najvyšší tlak, ktorý je dosiahnutý pri výbuchu danej látky. Maximálna rýchlosť nárastu tlaku  $(dp/dt)_{\max}$  predstavuje najvyššiu hodnotu nárastu tlaku v závislosti od času pri explózii.

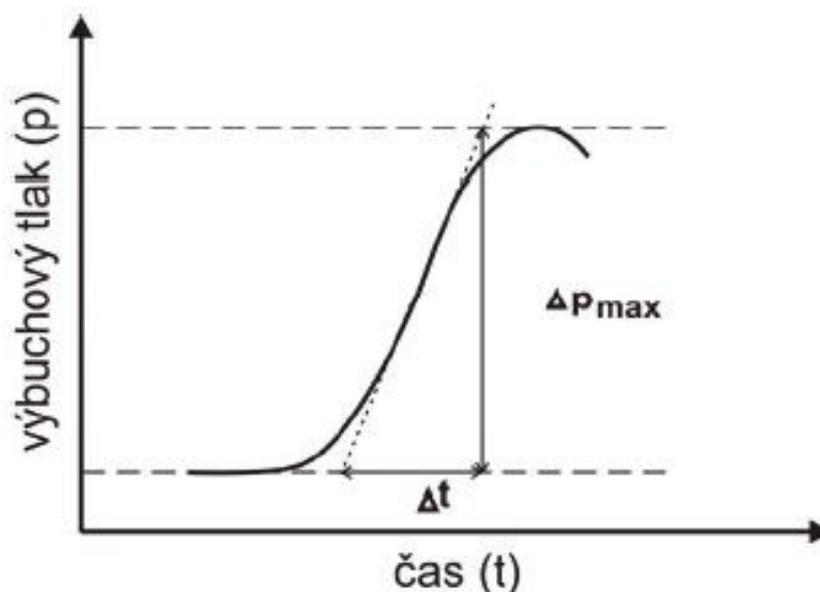


Figure 2 Schematic diagram of blast curve showing pressure dependence of time [8]

Obrázok 2 Výbuchová krivka závislosti tlaku od času [8]

## 2.1.3 Výbuchová konštanta

Veličina, na základe ktorej sa rozdeľujú prachy do tried explózie. Vypočíta sa  $K_{st} = (dp/dt)_{\max} \cdot V^{1/3}$ , kde V predstavuje objem, v ktorom dochádza k explózii

## 2.1.4 Minimálna iniciačná energia

Je najmenšia energia kapacitnej iskry, ktorá zapáli horľavý prach v zmesi s oxidačným prostriedkom pri atmosférickom tlaku a teplote



## 2.1.5 Teplota vzplanutia prachu

Je najnižšia teplota prostredia, pri ktorej dochádza pôsobením vonkajšieho zápalného zdroja k zapáleniu zmesi plyných produktov rozkladu.

## 2.1.6 Teplota vznietenia prachu

Je najnižšia teplota prostredia, pri ktorej dôjde bez prítomnosti vonkajšieho zápalného zdroja k samovoľnému zapáleniu zmesi plyných produktov rozkladu.

## 2.1.7 Teplota horenia prachu

Je najnižšia teplota prostredia, pri ktorej dochádza k trvalému horeniu usadeného prachu.

## 2.1.8 Limitný obsah kyslíka

Je najvyššia koncentrácia kyslíka v zmesi horľavá látka/kyslík/inertná látka, pri ktorej ešte nedochádza k explózií ani k horeniu.

## 2.2 Podmienky výbuchu horľavého prachu

Na výbuch horľavého prachu je potrebná prítomnosť nasledujúcich piatich elementov, ktoré sú znázornené na obr. č.2: horľavý prach, iniciačný zdroj zapálenia, kyslík (vzduch), rozptýlenie horľavých prachových častíc a ich výskyt v uzavretom priestore (napr. v nádobe, miestnosti, vo výrobnom alebo spracovateľskom zariadení).

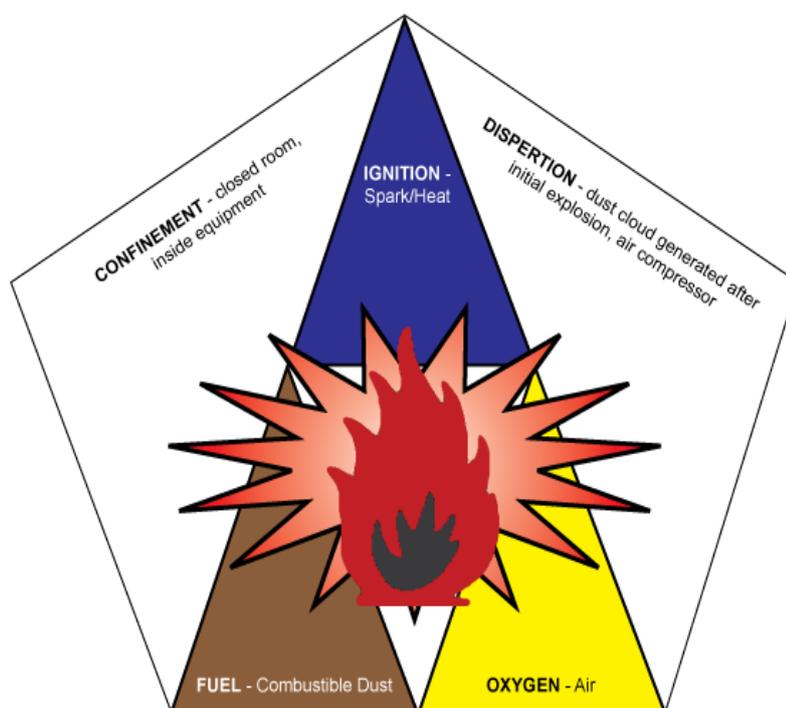


Figure 3 Dust Explosion Pentagon – the five elements necessary for a dust explosion [9]

Obrázok 3 Elementy nutne prítomné na výbuch horľavého prachu – horľavý prach (FUEL), iniciačný zdroj zapálenia (IGNITION), kyslík (OXYGEN), rozptýlenie horľavých prachových častíc (DISPERTION) a ich výskyt v uzavretom priestore (CONFINEMENT) [9]

## 2.3 Klasifikácia priestorov s výskytom horľavých prachov

Priestory, v ktorých sa vyskytujú horľavé prachy a v ktorých sa môže vytvárať výbušná atmosféra, sa klasifikujú do zón. Podľa STN EN 60079-10-2 sú tieto zóny definované pri výskyte horľavých prachov ako:

- Zóna 20 – priestor, v ktorom je výbušná atmosféra vytvorená zmesou prachu a vzduchu, ktorá je prítomná trvalo alebo dlhú dobu alebo často
- Zóna 21 - priestor, v ktorom je výbušná atmosféra vytvorená zmesou prachu a vzduchu, ktorá vzniká pri bežnej prevádzke príležitostne
- Zóna 22 - priestor, v ktorom je nepravdepodobný vznik výbušnej atmosféry vytvorenej prachovzdušnou zmesou pri bežnej prevádzke, alebo pri vytvorení takejto atmosféry je to len na veľmi krátku dobu



### 3. OCHRANNÉ OPATRENIA

V rámci protiexploznej ochrany v priestoroch s prítomnosťou horľavého prachu sa prevencia rozdeľuje na aktívnu a pasívnu. Aktívnou prevenciou sa rozumejú opatrenia, ktoré zabraňujú samotnému výbuchu explozívnej zmesi. Pasívna ochrana zahŕňa konštrukčné opatrenia, ktoré výbuchu prachu nezabraňujú, ale obmedzujú jeho účinky na bezpečnostnú úroveň.

Aktívna ochrana sa môže vykonávať ako:

- Primárna ochrana - opatrenia, ktoré zabraňujú tvorbe explozívnej zmesi alebo obmedzujú jej tvorbu na minimum, spočíva vo vylúčení minimálne jedného z vyššie spomenutých faktorov nutne prítomných na výbuch horľavého prachu (obr. č. 2)
- Sekundárna ochrana – opatrenia, ktoré zabraňujú vznieteniu explozívnej zmesi

Na elimináciu explozívnej zmesi prachu s kyslíkom možno použiť napr. priemyslové vysávače, aby sa zabránilo usádzaniu prachu. Ďalším možným spôsobom primárnej ochrany je čistenie filtračných zariadení od sedimentov, pridávanie inertných látok (napr. dusík, oxid uhličitý, vodná para, vápenec, popol, atď.) do priestorov s explozívnou atmosférou za účelom udržania kyslíka pod limitnou hranicou (napr. v mlynoch, sušiarňach, atď.). Ak sa podarí udržať v priestore s nebezpečenstvom výbuchu podtlak pod určitou hodnotou, je vznik výbuchu vylúčený. Všeobecne možno povedať, že pri absolútnom tlaku 10 kPa nemožno očakávať pri výbušných zmesiach prachov so vzduchom explóziu. [5].

Pod sekundárnou ochranou sa rozumie eliminácia iniciačných zdrojov, ktorými môžu byť napr. horúce povrchy, plameň, horúce plyny, mechanické iskry, zváranie a pálenie, elektrické prevádzkové zariadenia. Príslušný iniciačný zdroj sa eliminuje úplným vylúčením z explozívnej atmosféry (napr. otvorený plameň je vo výbušnom prostredí zakázaný), nahradením bezpečnejšou alternatívou a výberom vhodného materiálu (napr. nie sú vhodné kombinácie materiálov ako skorodovaná oceľ a ľahké kovy, titán – zirkón) alebo dodržiavaním prísnych bezpečnostných opatrení pri prevádzke vo výbušnej atmosfére (napr. pri brúsení eliminovať vznik iskier intenzívnym chladením vodou v mieste brúsenia).



V prípade nemožnosti použitia aktívnej ochrany musia byť zariadenia konštruované tak, aby sa obmedzili účinky výbuchu na bezpečnostnú úroveň. Medzi takéto opatrenia patrí konštrukcia zariadenia, ktorá je odolná voči výbuchu, odľahčenie výbuchu, potlačenie výbuchu alebo zabránenie prenosu plameňa a výbuchu na ďalšie časti zariadenia a do okolia. Takto výbuchom ohrozené časti zariadenia sa musia konštruovať s určitou tlakovou odolnosťou, ktorá zodpovedá očakávanému výbušnému tlaku v príslušnej časti zariadenia.

## 4. ZÁVER

Horľavé prachy predstavujú v reálnych prevádzkach významný faktor vo vzťahu k pracovnému prostrediu ale aj z hľadiska požiaro – technických vlastností [10]. Protivýbuchová prevencia a bezpečnosť v technologických procesoch s výskytom horľavého prachu si vyžaduje dodržiavanie zásad, medzi ktoré patrí dôkladná analýza danej technológie zahŕňajúca nielen chod za bežných podmienok, ale zvlášť podmienky odstavovania technologického procesu a možnosť vzniku havarijných situácií, dôkladné uplatnenie všetkých právnych predpisov týkajúcich sa danej technológie a vyhodnotenie technických a bezpečnostných opatrení z ekonomického hľadiska pre prevádzkové a investičné náklady [3].

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] Industrial Fire Prevention: HazardEx – Dust to Dust [online], 28. februára 2011, [cit. 12-09-17]. Dostupné na <http://www.hazardexonthenet.net/article.aspx?ArticleID=40288>
- [2] DAMEC, J. a kol.: *Protivýbuchová prevencia v potravinárstve a zeméľstve*. Edice SPBI SPEKTRUM, 1999, s.2, ISBN: 80-86111-41-5
- [3] Imperial Sugar Company Dust Explosion and Fire [online], 7. februára 2012, [cit. 2012-09-18]. Dostupné na <http://www.csb.gov/investigations/detail.aspx?SID=6>
- [4] Industry Guide: A Guide to Combustible Dusts [online], NCDOL N.C. Department of Labor, Berry Cherie - Commissioner of Labor [cit. 2012-09-18]. Dostupné na <http://www.csb.gov/investigations/detail.aspx?SID=6>



- [5] ŠTROCH, P.: *Riziko výbuchu prašných směsí a možnosti prevence*. ISBN: 978-80-7362-515-3
- [6] MRAČKOVÁ, E.: Charakteristika dreveného prachu z hľadiska vzniku výbuchu, In: *50 rokov vysokoškolského drevárskeho štúdia 1999*. Zvolen: TUZ, 1999, s. 89-94
- [7] DAMEC, J.: Nebezpečí výbuchu průmyslových prachů (2. Část), In: *150 Hoří*, 1993, č.6, s. 7
- [8] KOŘÍNEK, K.: Požárně technické charakteristiky prachů a jejich význam v technické praxi. Výzkumný ústav bezpečnosti práce. Knihovna BOZP, čítárna [online], 22. decembra 2006, [cit. 2012-09-24]. Dostupné na [http://www.bozpinfo.cz/win/knihovna-bozp/citarna/clanky/pozarni\\_ochrana/prach\\_vybuchy\\_pozary.html](http://www.bozpinfo.cz/win/knihovna-bozp/citarna/clanky/pozarni_ochrana/prach_vybuchy_pozary.html)
- [9] Industrial Vacuum News. Dust Explosion Pentagon [online], 7. Septembra 2010, [cit. 2012-10-1]. Dostupné na <http://industrialvacuumnews.com/2010/09/07/combustible-dust-what-is-it-and-why-should-i-care/explosionpentagon/>
- [10] TUREKOVÁ, I.: Posúdenie požiarneho nebezpečenstva usadeného a rozvíreného prachu. In: *Manažérstvo životného prostredia 2007*. Žilina: Strix et VeV. ISBN: 978-80-89281-18-3

## Adresa autora

Ing. Miroslava Vandlíčková, PhD.

ŽU v Žiline, Fakulta špeciálneho inžinierstva

Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina

e-mail: [Miroslava.Vandlickova@fsi.uniza.sk](mailto:Miroslava.Vandlickova@fsi.uniza.sk)



## NELINEÁRNE FORMY ŠÍRENIE POŽIARU, SIMULÁTOR BACDRAFTU

### NONLINEAR FORMS OF FIRE SPREAD, FIRE SIMULATOR OF BACDRAFT

Ľubica VRÁBLOVÁ, Jana MÜLLEROVÁ, Jaroslav FLACHBART

#### Abstract

The conference paper deals nonlinear forms of fire spread, their individual formamy and their characteristics. It refers to the possibility of a backdraft simulation using the mini-simulator, which is made up of wooden box.

**Keywords:** *Backdraft, flashover, mini-simulator backdraft*

#### 1. ÚVOD

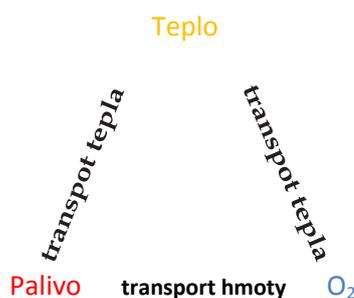
V súčasnej dobe rozvoj vedy a techniky ide neustále dopredu. Stavajú sa rôzne supermarkety, haly, byty a samozrejme sa zateplujú a vybavujú sa komfortným nábytkom. Z dôvodu úspory energie sa vykonáva zateplovanie fasád, montujú sa plastové okná apod. Objekty a teda aj ich vnútorné priestory sú tepelne izolované a obsahujú dostatok horľavých materiálov. Všetky spomínané úkony, ktoré sú zamerané na úsporu energie a skrášlenie obydla sú zároveň vhodným zdrojom pre vznik nelineárnych foriem šírenia požiaru. Výcvik v podmienkach požiaru v uzatvorenom priestore je v súčasnosti veľmi rozšíreným odbornej prípravy, kde hasiči získajú potrebné znalosti ako aj osvoja si svoje praktické skúsenosti k bezpečnému zdolaniu takýchto požiarov. Nebezpečenstvo, ktoré hrozí v prípade jedného z foriem nelineárneho šírenia požiaru, a to backdraftu, je možné poukázať vytvorením si mini-

simulátora backdraftu. Tu je možné vidieť ako sa požiar krásne vyvíja a rastie, tvorbu horľavých a plynových vrstiev až po samotné vznik „ohnivej guli“ fireballu.

## 2. ZÁKLADY HORENIA

Horenie predstavuje fyzikálno – chemický proces, počas ktorého sa uvoľňuje svetelná a tepelná energia. K tomu aby začalo horieť, je potrebné palivo (horľavá látka), oxidačný prostriedok (vzdušný kyslík) a dostatočný energetický zdroj, ktorý je potrebný na to, aby začala a následne prebehla chemická reakcia horenia [3].

Horenie prebieha v želanom čase, priestore a horia materiály, ktoré sú na to určené [6].



Figures 1 Triangle of fire [6]

Obrázok 1 Trojuholník horenia [6]

Množstvo, ktoré je potrebné pre iniciáciu horľavého súboru závisí na fyzikálnom stave a chemickom zložení paliva, rozloženie priestoru, stav okolia atmosféry a množstvo prístupu kyslíka k palivu. Všetky tieto faktory ovplyvňujú energetický zdroj ako aj samotný proces horenia, ktorý je taktiež závislý aj od množstva zastúpenia kyslíka a pyrolýzných produktov v danom horľavom súbore [6].

V prípade ak je horľavá látka zohriata na kritickú teplotu tepelného rozkladu a rýchlosť uvoľnených par a plyných produktov je dostačujúca na vytvorenie horľavého súboru s kyslíkom, potom následne po iniciácii nastáva horenie [5].



Z toho vyplýva, že ak chceme zmeniť horenie, potom musíme akýmkoľvek spôsobom „rozbiť“ požiarny trojuholník, čo znamená, odobrať aspoň jednu zo spomínaných zložiek.

## 2.1 Rozvoj požiaru v uzatvorenom priestore

Požiar v uzatvorenom priestore je potrebné rozumieť ako požiar, ktorý vznikol v priestore ohraničenom stavebnými konštrukciami (napr. bytová jednotka). Veľmi podstatný vplyv na požiar má rozloženie a množstvo horľavého materiálu ako aj prísun kyslíka do miesta horenia. Požiar je už neželané horenie, v neželanom čase ako i v priestore [6].

Každý požiar možno charakterizovať na základe časovo teplotnej krivky (Obr. 2), ktorý sa rozdeľuje do štyroch nasledujúcich etáp:

- I. Vznik požiaru (iniciácia)
- II. Rozvoj požiaru (celkové vzplanutie, flashover)
- III. Plne rozvinutý požiar
- IV. Dohorívanie.

Pri vzniku požiaru (naštartovanie) zohráva najdôležitejšiu úlohu zapálenie jednotlivých materiálov a ich reakcia na zdroje zapálenia. Tu je dôležitá, po naštartovaní procesu horenia, rýchlosť šírenia plameňa po povrchu, výhrevnosť materiálu ako aj jeho príspevok k ďalšiemu horeniu [6].

Rozvoj požiaru nastane vtedy, ak sa v priestore nachádza dostatočné množstvo oxidačného prostriedku a dochádza k postupnému zohrievaniu horľavých látok, čo spôsobuje pyrolýzu. Uvoľňujú sa horľavé plyny a pary, ktoré následne umožňujú šírenie plameňa v priestore. Vplyvom šírenia plameňa po priestore, vyhorívaním horľavých látok a zdieľaním tepla je možné, že sa následne zapália aj ostatné horľavé látky, ktoré sa nachádzajú v danom priestore. Plne rozvinutý požiar je charakterizovaný okamžikom, kedy sa požiar rozšíri na väčšinu priestoru v miestnosti, kde všetky prítomné horľavé látky horia. Pri tejto fáze zhorí približne 80 % horľavých látok, ktoré sa nachádzajú v danom priestore. Dohorívanie nadväzuje na III. fázu požiaru a je sprevádzaná poklesom teploty, a to z dôvodu poklesu intenzity horenia [5].

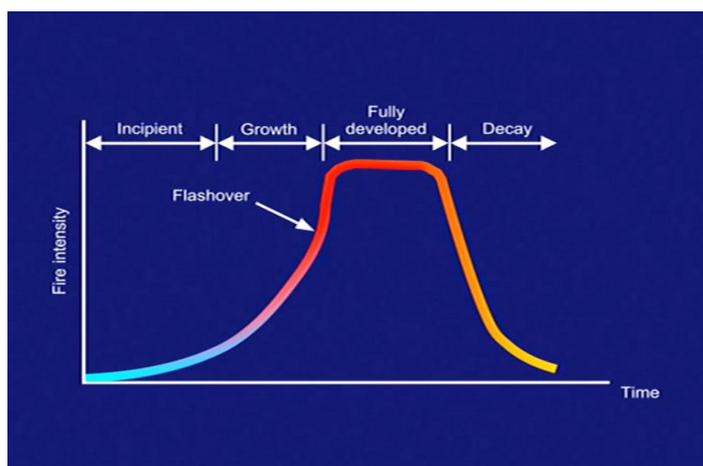


Figure 2 Time-temperature curve [6]

Obrázok 2: Časovo teplotná krivka [6]

Reakciu materiálov a ich vplyv na rýchlosť prvej etapy požiaru rozdelil Buchanan do štyroch kategórií, a to podľa veľkosti uvoľneného tepla za časovú jednotku (Obr. 3) na ultra rýchlu, rýchlu, strednú a pomalú [6].

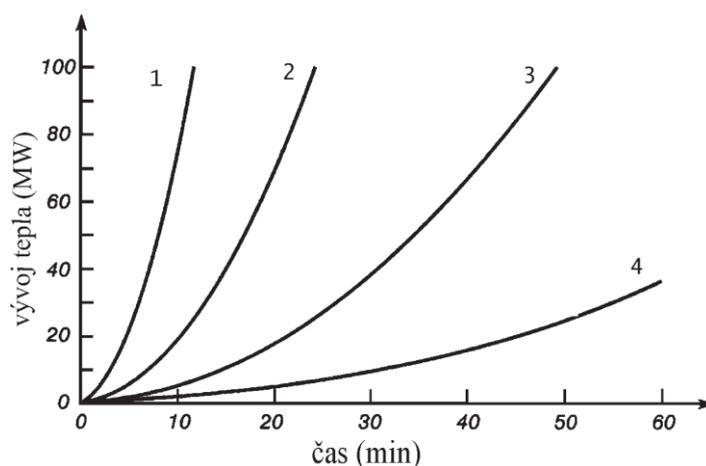


Figure 3 Effect of material properties on the rate of the first stage of fire [6]

Obrázok 3 Vplyv vlastností materiálov na rýchlosť prvej etapy požiaru [6]

Každý požiar je rozdielny, či už sa jedná o požiare v otvorenom alebo uzatvorenom priestranstve. Pre uzatvorený priestor je možné popísať tieto nasledujúce typizované scenáre požiaru, ktoré popisujú krivky rozvoja požiaru [4][1].:

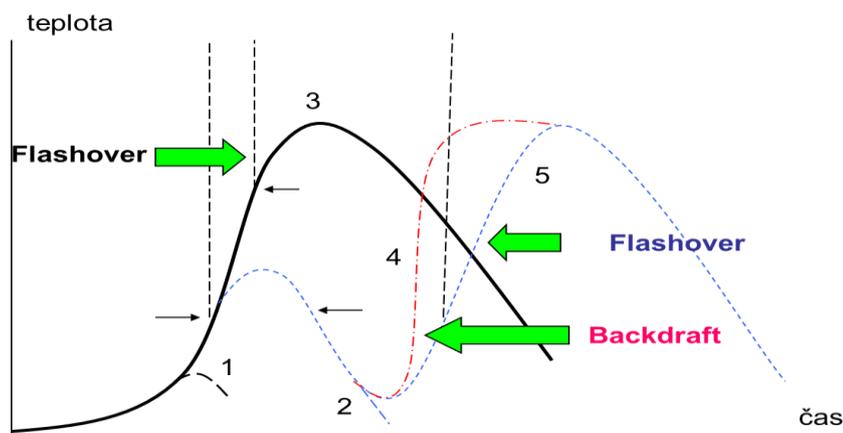


Figure 4 Fire development curve [1]

Obrázok 4 Krivka rozvoja požiaru [1]

1. Požiar sa nerozšíri na ďalšie horľavé materiály a vyhorí len palivo.
2. Podobný prípad môže nastať ak máme nedostatok oxidačného prostriedku.
3. Voľný rozvoj požiaru v uzatvorenom priestore, kde požiar má dostatočnú ventiláciu ako aj množstvo paliva. V tomto prípade nasleduje rozšírenie požiaru na všetky horľavé materiály vo fáze flashoveru.
4. Plamenné horenie môže byť veľmi pomalé prípadne tlenie, ktoré vytvára horľavé plyny obsahujúci značný podiel nespálených horľavých plynov. Pri privedení oxidačného prostriedku dochádza k Backdraftu.
5. Plamenné horenie môže byť veľmi pomalé prípadne tlenie, kde pri privedení oxidačného prostriedku dochádza k novému rozhoreniu paliva s následným Flashoverom. Požiar v tomto prípade má dostatočnú ventiláciu ako aj množstvo paliva. Nasleduje rozšírenie na ostatný horľavý materiál v danom priestore.
6. Dýchanie požiaru je jav, ktorý je charakteristický pre požiar riadený ventiláciou. Tento jav vzniká v dôsledku poklesu rýchlosti uvoľňovania tepla vplyvom obmedzeného množstva kyslíka.

Všetky spomínané fázy (Obr. 4) sa postupne vyvíjajú, majú určitý svoj priebeh ako aj dobu trvania. Jav flashover môže nastať medzi druhou a treťou fázou. Backdraft v priebehu štvrtej fázy.



## 3. MOŽNOSTI MODELOVANIA JAVU BACKDRAFTU ZA POMOCI

### MINI-SIMULÁTORA

Flashover a backdraft sú jasne odlišné udalosti, ku ktorým dochádza rôznymi spôsobmi. Mnoho rozsiahlych vedeckých výskumov bolo zameraných najmä na flashover, zatiaľ čo skúmanie backdraftu bolo len zriedkavé. Existuje niekoľko verzií simulátorov flashoveru, z ktorých avšak väčšina vychádza z pôvodného švédskeho štýlu oceľových prepravných kontajnerov, ktoré sú navzájom prepojené a vytvárajú horiace a pozorovacie moduly. Prostredníctvom flashover kontajneru je možné pozorovať štádia rastu a rozvoja požiaru, tvorbu horľavých a plynových vrstiev až po zapálenie samotných plynov.

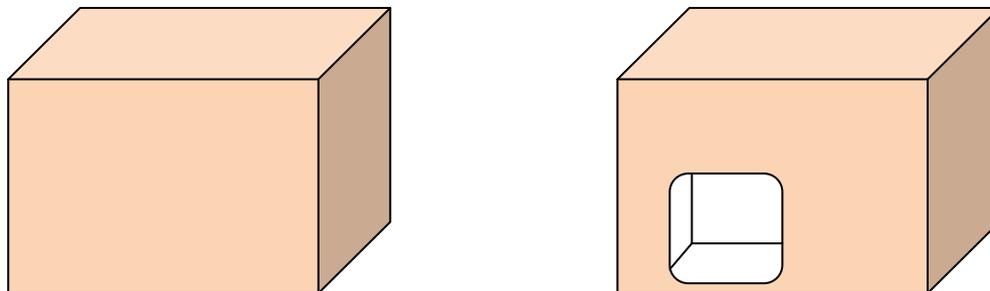
#### 3.1 Backdraft, jeho charakteristika a sprievodné znaky

Backdraft možno charakterizovať ako výbušné alebo náhle zhorenie zohriatych plynov, ku ktorému dochádza, keď sa do budovy dostane kyslík, ktorá nebola predtým náležite vyvetraná a zároveň mala vyčerpanú zásobu kyslíka, a to v dôsledku požiaru.

„Pokiaľ je priestor uzatvorený, nahromadí sa prebytok pyrolýznych produktov, ktoré sú stále schopné horenia, a náhle dôjde k otvoreniu otvoru (napr. rozbitím okna, otvorením dverí), potom vnesie prúd čerstvý vzduch do priestoru. Tento vzduch sa miesi s nadbytkom pyrolýznych plynov až do vytvorenia horľavého súboru, ktorý môže byť ďalej zapálený celou radou spôsobov.“[2].

Medzi sprievodné znaky javu backdraft pri zásahu sú napr. ak okná a dvere sú zatvorené a dym uniká netesnosťami, a to vplyvom tlaku a následne dochádza k nasávaniu vzduchu do stavby, nie sú viditeľné žiadne plamene v miestnosti, sú horúce či už dvere ako aj okná, je možné počuť pískanie okolo dverí a okien a sklenené otvory sú zafarbené (začervenané) a v dôsledku tepla môžu prasknúť.

Nebezpečenstvo backdraftu je možné ukázať aj za pomoci vytvoreného provizórneho mini – simulátora backdraftu. Mini-simulátor backdraftu je možné vytvoriť z drevených dosiek s ľubovoľnými rozmermi. Hlavnou súčasťou simulátora musí byť hlavný otvor a dymový otvor na stropnej časti, za pomoci ktorých je možné regulovať možný prísun kyslíka do vnútorných priestorov boxu.



**Figure 5 Mini-simulator backdraft front and back side**

**Obrázok 5 Mini-simulátor backdraftu predná a zadná strana**

Podmienkou pre vznik backdraftu v mini-simulatore je ventiláciou riadený požiar, čo znamená, že horenie nemôže prebiehať bez adekvátneho množstva kyslíka, ktorý je obsiahnutý v atmosférickom vzduchu. Pokiaľ by nemal uzatvorený priestor dostatočnú ventiláciu, prešiel by požiar do IV. fázy. Ďalšou podmienkou je dosiahnutie tvorby nespálených pyrolýznych produktov, ktoré dosiahneme práve nedokonalým spaľovaním pevného paliva (dreva), ktoré sa následne v prostredí hromadia. Na to, aby sme dosiahli simuláciu backdraftu je nepochybne potrebný uzatvorený priestor (úsek), ktorý bude zasiahnutý požiarom. V našom prípade ide o provizórny drevený box a otvor s možnosťou uzatvorenia.

Na obrázku 6 možno vidieť, že už po predchádzajúcom zapálení paliva (dreva) vo vnútorných priestoroch boxu, inštruktor ponecháva malý dymový otvor na strope boxu a zároveň uzatvára hlavný otvor (Obr. 6 vľavo). Dym prechádza z dymového otvoru, a preto nie sú viditeľné žiadne známky na hlavnom otvore. Vo vnútri v boxe je tlak väčší ako vonkajší tlak. Výstup na vrchu boxu, preto umožní vypúšťanie dymu, ale nie prívod vzduchu. Akonáhle sa zavrie dymový otvor (ventil) je možné pozorovať pretlak na hlavnom otvore (Obr. 6 vpravo).



**Figure 6 Handling mini - simulator backdraft**

**Obrázok 6 Manipulácia s mini – simulátorom backdraftu**

Otvorením hlavného otvoru umožníme čerstvému vzduchu vniknúť do priestoru, čím sa zapália nahromadené pyrolýzne produkty a čelo plameňa začne postupovať priestorom. Následne sa čelo plameňa začne šíriť von z uzatvoreného priestoru cez hlavný otvor (Obr. 7) a vzniká tzv. „ohnivá guľa“ (fireball) a tlaková vlna. Plamene sú viditeľné z hlavného otvoru, avšak nie vo vnútri v priestore. Tieto plamene ako už bolo spomínané nepochádzajú z ohňa, ale v dôsledku vznietenia dymu vychádzajúceho z otvoru.



**Figure 7 Backdraft in mini-simulator**

**Obrázok 7 Backdraft v mini-simulátore**

Pri experimentoch backdraftu v mini-simulátore je možné merať veličiny ako je napr. teplota, koncentrácia plynov, tlakové pomery, ktoré majú zásadný vplyv na pohyb



dymu a výšku neutrálnej roviny. Tlakové pomery medzi vnútorným a vonkajším priestorom v drevenom boxe sú rozdielne a za bežných podmienok bez požiaru. V podmienkach požiaru vznikajú už rozdiely tlaku, ktoré sú spôsobené teplotou rozťažnosti a vztlakom horúceho dymu o nízkej hustote.

## 4. ZÁVER

Základom pre úspech pri požiarnej činnosti, najmä pri požiaroch v uzatvorenom priestore, podľa môjho názoru je znalosť možných scenárov požiaru v uzatvorenom priestore. Našou úlohou bolo priblížiť jednu z možností simulácie javu backdraft, a to prostredníctvom jednoducho skonštruovaného mini-simulátora, ktorý nám umožní pohľad na to, ako požiar rastie a vyvíja sa, ako sa vytvárajú plynové vrstvy až po samotný vznik fireballu.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] BITALA, P. private communication. Přenos tepla kouře při požárech.
- [2] FLEISCHMANN, C., PAGNI, P., WILLIAMSON, B. : *Exploratory Backdraft Experiments*. International for fire safety science [online]. 1994 [cit. 2012-10-08]. Dostupné na :<http://fire.nist.gov/bfrlpubs/fire94/PDF/f94135.pdf>
- [3] GRIMWOOD, P., DESMET, K.: *Tactical Firefighting: A comprehensive guide to compartment firefighting and live fire training*. [online]. 2003 [cit. 2012-10-3]. Dostupný na :<http://www.firetactics.com/CEMAC-KD-PG-2003-2.pdf>
- [4] HAVLÍČEK, K.: *Zkouška vycvikového trenážeru na spalování tuhých paliv*: diplomová práce. VŠB-TU Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, 2008. 58 s.
- [5] KVARČÁK, M.: *Základy požární ochrany*. Ing. Ondrej Zeman 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005. 134 s., ISBN 80-86634-76-0.
- [6] OSVALD, A. : *Požiarotechnické vlastnosti dreva a materiálov na báze dreva*. Vedecké štúdie 8/97/A, Zvolen : Technická univerzita , 1997, 52 s, ISBN 80-228-0656-0.



## Adresa autorov

Ing. Ľubica VRÁBLOVÁ,  
Katedra požiarneho inžinierstva,  
Fakulta špeciálneho inžinierstva,  
Žilinská univerzita v Žiline,  
Ul. 1 Mája 32, 01026 Žilina  
0910 215 113,  
e-mail: [Lubica.Vrablova@fsi.uniza.sk](mailto:Lubica.Vrablova@fsi.uniza.sk),

doc. Ing. Jana MÜLLEROVÁ, PhD.  
Katedra požiarneho inžinierstva,  
Fakulta špeciálneho inžinierstva,  
Žilinská univerzita v Žiline,  
Ul. 1 Mája 32, 01026 Žilina  
e-mail: [jana.mullerova@fsi.uniza.sk](mailto:jana.mullerova@fsi.uniza.sk),

Ing. Jaroslav FLACHBART, PhD.  
Katedra požiarneho inžinierstva,  
Fakulta špeciálneho inžinierstva,  
Žilinská univerzita v Žiline,  
Ul. 1 Mája 32, 01026 Žilina  
e-mail: [jaroslav.flachbart@fsi.uniza.sk](mailto:jaroslav.flachbart@fsi.uniza.sk)



## HORĽAVOSŤ JEDNOTLIVÝCH ČASŤÍ SMREKA

### FLAMMABILITY OF PARTS SPRUCE TREES

Martin ZACHAR, Qiang XU

#### Abstract

Due to the increase in the number of forest fires, not only at home but also abroad, as shown by statistics of fires, it is necessary to address this issue. The growth of large fires in predominantly summer months when rainfall occurs minimum is necessary to address basic fire-fighting properties prevailing tree species in these areas, as in this case, the predominant representation of conifers, particularly spruce stand. One of the basic flammability characteristics of the ignition temperature. The article deals with determination of ignition temperature of selected parts of spruce. It describes the general characteristics, microscopic and macroscopic characteristics of spruce wood.

**Keywords:** *selected parts of spruce, ignition temperature, ISO 871*

#### 1. ÚVOD

Drevo je biopolymér s vysokým obsahom energie, ktorá sa v ňom nahromadila pri fotosyntéze a nadväzných endotermických reakciách. V prípade ak na drevo začne pôsobiť dostatočne účinný aktivačný tepelný zdroj, stavebné komponenty dreva sa štiepia za tvorby horľavých plynov. Tieto horľavé plyny z dreva reagujú v prítomnosti dostatočne vysokej teploty s kyslíkom. Exotermickými reakciami uvoľnená energia sa podieľa na ďalšom ohreve a pyrolýze dreva. Horľavé plyny vznikajúce termickým rozkladom polysacharidov a lignínu, sa v určitom okamihu dokážu zapáliť (vznítiť alebo vzplanúť), obvykle pri teplotách 250°C až 400°C. Od tohto momentu sa drevo môže dostať do fázy samovoľného horenia bez potreby vonkajšieho tepelného zdroja



(Reinprecht, 1997). Samotná problematika horľavosti dreva spočíva v určení faktorov a podmienok, ktoré na priebeh horenia vplyvajú (Osvald, 1997).

## 2. ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU

Medzi základné požiarnotechnické vlastnosti dreva patrí: teplota vzplanutia a teplota vznietenia, kyslíkové číslo, spalné teplo, optická hustota dymu a hmotnostná rýchlosť odhorievania. Požiarnotechnickými vlastnosťami dreva sa zaoberali Kačíková (2006), Osvald (2007), Mitterová (2008), Martinka (2011), Chrebet (2011), ale aj mnoho ďalších autorov, vo svojich prácach poukazujú na vplyv vlastností dreva na jeho horľavosť, ale aj na vplyv vonkajších podmienok, ovplyvňujúcich termickú degradáciu dreva. Horľavosťou koreňovej sústavy smrekového dreva sa zaoberala aj Osvaldová (2008). Na základe teploty vznietenia stanovenej podľa ISO 871: 2006, môže byť relatívne porovnaná odolnosť materiálov voči vznieteniu. Karlsson a Quintere (2000) uvádzajú, že pre vznik flashover, je potrebné dosiahnuť teplotu v požiarom úseku 500 až 600 °C, resp. radiačný tok na podlahu (15 až 20) kW.m<sup>-2</sup>.

Základnými požiarnotechnickými charakteristikami dreva, ako súčasti stavebného prvku hlavne pri drevostavbách sa vo svojej práci zaoberal aj Delichatsios a kol. (2003), ktorí uvádzajú, že pomocou upraveného kónického kalorimetra v závislosti na tepelnom toku v rozmedzí 15 až 50 kW.m<sup>-2</sup>, je možné odvodiť aj ďalšie požiarnotechnické vlastnosti ako vodivosť, tepelnú kapacitu, teplotu vznietenia, latentné teplo, spalné teplo, atď.. Dospel k záveru, že tepelný tok 18 kW.m<sup>-2</sup> sa stáva pre drevo v surovom stave kritický.

Fyzikálne, mechanické a požiarnotechnické vlastnosti dreva sú popísané v mnohých publikáciách, venoval sa im aj Rowell (2005), pre smrekové drevo sú uvedené aj v Katalógu požiaro-technických vlastností materiálov (Katalóg pož.-tech. vlastností materiálov 1984). Dôležité sú aj tvrdenia, ktoré vo svojej práci formuloval Martinka (2011), kde uvádza, že pri horení je dôležité poznať jednotlivé parametre spaľovaných materiálov, pretože oxidy dusíka predstavujú jednu z toxikologicky najvýznamnejších splodín horenia.



### 3. MATERIÁL A POUŽITÁ METODIKA

#### Smrek obyčajný (*Picea abies* L. Karst)

Smrek obyčajný je prirodzene rozšírený v severnej a strednej Európe. U nás bol rozšírený v horských oblastiach na chudobnejších pôdach vo výškach 800 – 900 m. Smrek obyčajný je vysoký 40 – 60 m s priebežným priamym koreňom, s kužeľovitou a špicatou korunou. Konáre sú pravidelne usporiadané v praslenoch, vodorovné, mierne sklonené alebo vystupujúce. Koreňová sústava smreka je plytká, bez zreteľného hlavného koreňa. Smrek má preto slabú stabilitu a často trpí vývratmi. Smrekové drevo má zo všetkých drevín najširšie uplatnenie (výborné technické vlastnosti, veľmi dobrá spracovateľnosť, veľké domáce zdroje). Je to najdôležitejšia naša drevina pre piliarske spracovanie. Používa sa najmä ako konštrukčný a pomocný materiál v stavebnej výrobe a údržbe, vo výrobe obalov, v banskom priemysle, ako konštrukčný materiál pri výrobe dopravných prostriedkov, v strojárstve, pri výrobe nábytku, preglejok, latoviek, vláknitých a trieskových dosiek. Vysoko cenená je rezonančná schopnosť smrekového dreva (Balabán 1955).

Drevo je bez jadra v čerstvom stave s dobre viditeľnou zónou zrelého dreva. Jeho farba je biela až žltobiela, na svetle časom žltne. Hranice ročných kruhov sú výrazné, úzke a letné drevo prechádza pozvoľne do širokého jarného dreva. Živicové kanáliky sú malé, roztrúsené, voľným okom pozorovateľné len na pozdĺžnych, dobre opracovaných rezoch, ako jemné, pozdĺžne, tmavšie, lesklé trhliny. Čerstvé drevo vonia živicom. Stržňové lúče sú voľným okom neviditeľné. Je mäkké, dobre štiepatelné a ľahké ( $\rho = 430 \text{ kg.m}^{-3}$ ) (Požgaj et al. 1997).

Hlavným stavebným elementom smrekového dreva sú tracheidy – cievice, ktoré zaberajú až 94,5 – 95,3 – 96,5 % celkového objemu dreva. Ich dĺžka 1,7 – 2,9 – 3,7 mm, s podobne dôležitou funkciou. Stržňové lúče sú väčšinou jednovrstvové, zložené z parenchymatických buniek a na obvode s priečnymi tracheidami, ktorých steny sú hladké alebo málo zvlnené s dvojbodkami. Podiel stržňových lúčov je 4,4 – 4,7 – 5,5%. Smrekové drevo sa vyznačuje prítomnosťou živicových kanálikov, ktoré sú dobre viditeľné na priečnom reze – vertikálne kanáliky a na tangenciálnom reze sú horizontálne kanáliky. Na  $1\text{cm}^2$  plochy priečného rezu smrekového dreva sa nachádza 30 až 100 vertikálnych živicových kanálikov. Vyskytujú sa prevažne v letnom dreve a

môžeme ich pozorovať aj voľným okom ako jemné brázdičky až výrazné čiarky na pozdĺžnych rezoch. Smrek má veľmi úzky živicový kanálik (0,09 mm) a ich podiel je 0,2 %. Živica má pre strom ochrannú funkciu (pri poranení) a impregnačnú funkciu – zvyšuje odolnosť dreva proti hubám (Požgaj et al. 1997).

## Stanovenie teploty vznietenia

Skúšobný postup je stanovený podľa STN ISO 871: 1999 [15]. Pre účely tejto normy sa používa definícia - teplota vznietenia – najnižšia teplota, pri ktorej za definovaných podmienok skúšky nastane vznietenie, bez prítomnosti akéhokoľvek prídavného zdroja plameňa.

Podstata skúšky spočíva v zahrievaní materiálu v zahrievacej komore v teplovzdušnej peci (obr. 1) pri rôznych teplotách.

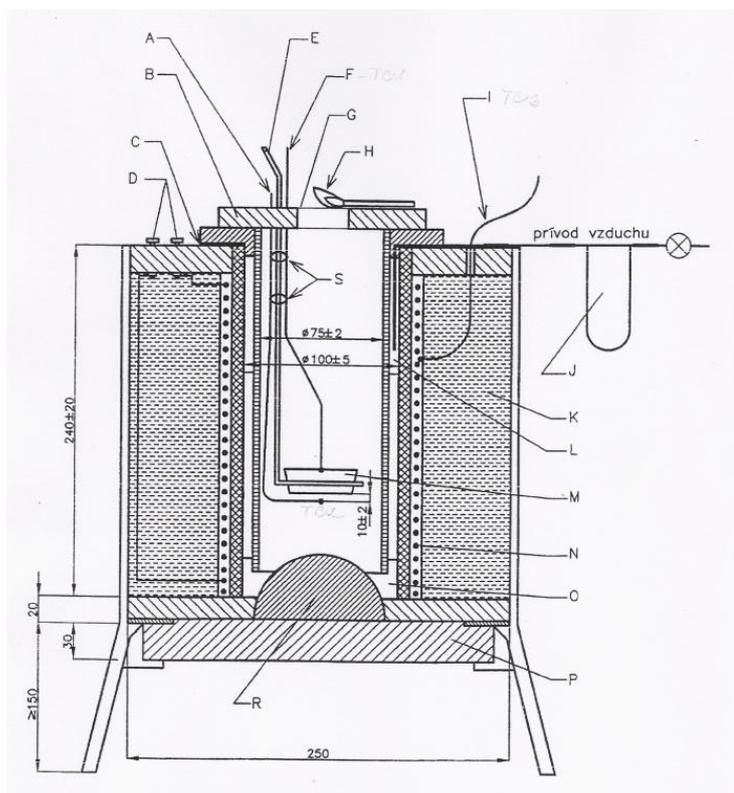


Figure 12 Cross-section of hot-air ignition furnace according to (ISO 871)

Obrázok 4 Prierez teplovzdušnej zapaľovacej pece podľa (STN ISO 871)

A – termočlánok TC<sub>2</sub>, B – ohňovzdorný kruhový kryt, C – tesniaci krúžok, D – koncovky vykurovacej špirály, E – nosná tyč, F – termočlánok TC<sub>1</sub>, G – otvor o priemere 25 mm, H – zapaľovací plameň, I – termočlánok TC<sub>3</sub>, J – prietokomer, K – vlna z minerálneho vlákna, L – tangenciálne prúdenie vzduchu



k valcu, M – miska na vzorku, N - 50 závitová špirála z chrómniklu v tepelne odolnom tmeli, O – dištančné podložky na umiestnenie vnútorného valca, P - tepelná izolácia, R – kontrolný uzáver, S – kovové upevňovacie svorky.

Priebeh teploty v peci sa meral pomocou termočlánkov (typ K) s priemerom 0,5 mm, na zaznamenanie teplôt bol použitý merací prístroj ALMEMO 2290-8.

Na meranie hmotnosti vzoriek boli použité zvrchu nakladacie elektronické váhy Sartorius Basicplus, merajúce s presnosťou na dve desatinné miesta.

## 4. VÝSLEDKY A DISKUSIA

Na stanovenie teploty vznietenia boli vzorky z rôznych častí smreka pripravené tak, aby bola dodržaná predpísaná hmotnosť skúšobných vzoriek  $3,0 \text{ g} \pm 0,2 \text{ g}$ , pričom pre porovnanie boli tieto vzorky pripravené z koreňa s priemerom do 5 mm, z koreňa s priemerom nad 10 mm, kmeňa, konára s priemerom do 5 mm, konára s priemerom nad 10 mm.

Výsledné hodnoty experimentálne stanovenej teploty vznietenia testovaných vzoriek, ako aj čas do ich vznietenia sú uvedené v tab. 1.

**Figure 13 Resulting values of the ignition temperature and time-to-ignition of the spruce wood specimens of moisture content 9 %.**

**Tabuľka 5 Výsledné hodnoty teploty a času vznietenia vzoriek smreka pri vlhkosti 9 %.**

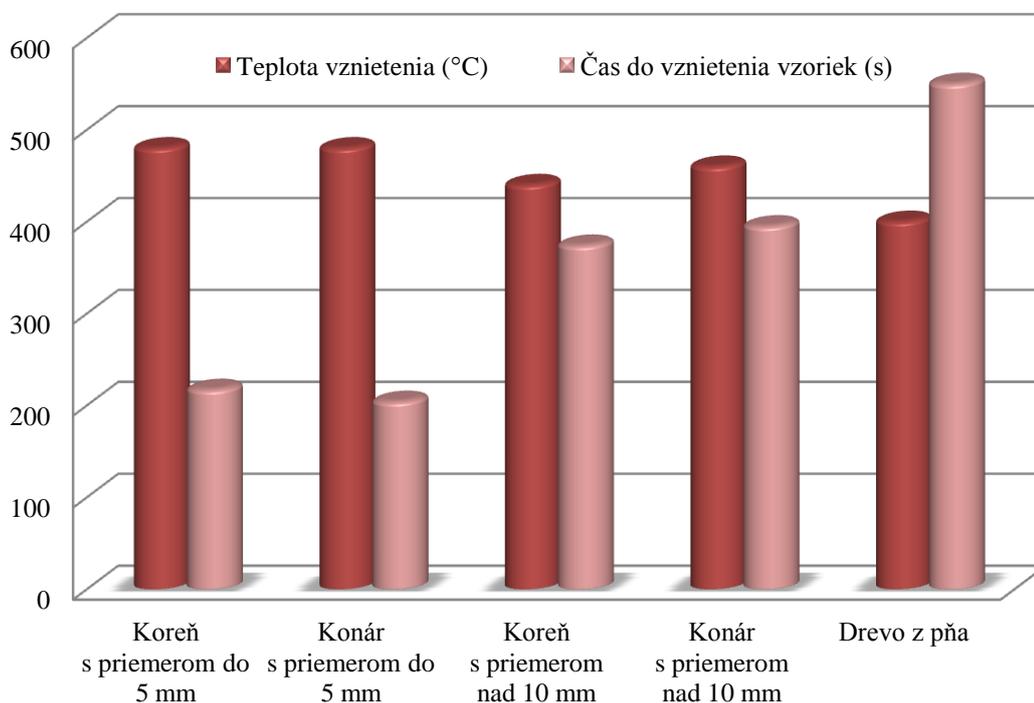
Časť stromu smreka	Teplota vznietenia (°C)	Čas do vznietenia vzoriek (s)
Koreň s priemerom do 5 mm	480	217
Koreň s priemerom nad 10 mm	440	374
Konár s priemerom do 5 mm	480	204
Konár s priemerom nad 10 mm	460	395
Drevo z pňa	400	550

V tabuľke 1 môžeme vidieť prehľad teplôt vznietenia jednotlivých častí smreka s príslušným časovým údajom, v ktorom nastalo vznietenie. Ak vzájomne porovnáme teplotu vznietenia kmeňa, koreňa s priemerom do 5 mm a nad 10 mm a konára s priemerom do 5 mm a nad 10 mm, môžeme v tabuľke 1 vidieť pomerne vysokú diferencovanosť teploty vznietenia smreka v závislosti od jednotlivých častí stromu.

Tieto hodnoty mohli ovplyvniť rozdielne hodnoty hustoty a percentuálny podiel živice v závislosti od časti stromu.

Najnižšia hodnota teploty vznietenia (400 °C) bola zaznamenaná pri vzorkách dreva z pňa smreka, vyššia teplota (440 °C) bola nameraná pri vzorkách koreňa s priemerom nad 10 mm a vzorkách konára s priemerom nad 10 mm (460 °C). Konár s priemerom do 5 mm a vzorky pripravené z koreňa s priemerom do 5 mm dosiahli teplotu vznietenia na úrovni (480 °C), čo predstavuje najvyššie hodnoty teploty vznietenia pri tejto drevine.

Popri stanovení teploty vznietenia sa zároveň sleduje aj čas do vznietenia jednotlivých vzoriek dreva. Výsledné hodnoty časov vznietenia sú uvedené v tab. 1. Grafické znázornenie jednotlivých nameraných údajov teploty vznietenia a času do vznietenia môžeme vidieť na obr. 2.



**Figure 14 Cross-comparison of ignition temperatures and time-to-ignition values for specimens taken from different parts of the spruce tree**

**Obrázok 6** Vzájomné porovnanie teploty vznietenia a času do vznietenia pre vzorky z rôznych častí smreka.



Z protipožiarneho hľadiska zohráva významnú úlohu aj to, za aký čas dosiahne testovaný materiál danú hodnotu teploty vznietenia. V tabuľke 1 vidieť v tomto ohľade väčšiu variabilitu výsledkov, nakoľko hodnoty časov sa pohybujú v rozmedzí od 217 sekúnd pre koreň s priemerom do 5 mm až po 550 s pre vzorky z pripravené z kmeňa. Pri vzorkách koreňa a konára s priemerom do 5 mm boli dosiahnuté najnižšie časové hodnoty do dosiahnutia teploty vznietenia (217 a 204 sekúnd), pričom teploty boli najvyššie (480 °C). Pri meraní so zníženou hodnotou teploty vznietenia na 470 °C nenastalo vznietenie ani po podstatne dlhšom čase zaťažovania ako predpisuje skúšobný postup v STN ISO 871, vzorky vykazovali len zvýšenú dymivosť.

Pri testovaní dreva austrálskej borovice, Delichatsios a kol. (2003) dospel k teplote vznietenia cca 478 °C, čo je teplota porovnateľná s teplotou vznietenia vzoriek koreňa a konára smreka s priemerom do hrúbky 5 mm (viď. obr. 2). Taktiež Hagen a kol. (2009) uvažuje o teplote vznietenia pri vzorkách severského smreka, neupravených retardantom okolo 487,9 °C, čo je taktiež teplota porovnateľná s nami nameranou teplotou vznietenia.

Meranie je porovnateľné aj s výsledkami, ktoré vo svojej práci uvádza Martinka a kol. (2011), kde sa venoval indukčnej perióde vznietenia dubových vzoriek dreva, stanovil teplotu vznietenia dubového dreva na 450 °C, pri indukčnej perióde 270 sekúnd, kde boli namerané jednotlivé indukčné periódy pre teploty v rozmedzí 450 až 550 °C.

## 5. ZÁVER

Na vznik lesných požiarov vplýva množstvo faktorov, ako napr. poveternostné podmienky, prostredie, prístupnosť terénu, množstvo a druh horľavej látky, iniciátor, atď.. Preto je veľmi dôležité protipožiarnej ochrane lesov venovať veľkú pozornosť. Pre stanovenie vhodných protipožiarnych opatrení v lesnom prostredí je veľmi dôležité poznať požiarotechnické vlastnosti dreva a rastlín nachádzajúcich sa v tomto prostredí. Jednou z možností je aj modelovanie požiarov v prírodnom prostredí, pri ktorom je nutné poznať základné údaje a jednotlivé parametre lesného prostredia. Aj tento príspevok pojednáva o tom, že významnú úlohu nezohráva len hodnota teploty vznietenia, ale veľmi dôležitým parametrom je aj čas do vznietenia. Ako poukazujú naše výsledky na veľkú diferencovanosť teploty vznietenia v závislosti od toho o akú



časť stromu sa jedná, je veľmi dôležité zamerať sa aj na skúmanie požiarotechnických vlastností ostatných častí stromu, nie len na jeho hlavnú, ekonomicky najzaujímavejšiu časť (kmeň), ale aj na ostatné časti stromu.

Príspevok vznikol vďaka finančnej podpore grantovej agentúry MŠ SR VEGA 1/0345/12.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] Balabán, K.: Anatomie dřeva. Praha, SZN, 1955. 216 s.
- [2] Delichatsios, M., Paroz, B., Bhargava, A.: Flammability properties for charring materials. *FireSafetyJournal*, Volume 38, Issue 3, April 2003, Pages 219-228. ISSN: 0379-7112.
- [3] Hagen, M., Hereid, J., Delichatsios, M.A., Zhang, J., Bakirtzis, D.: Flammability assessment of fire-retarded Nordic Spruce wood using thermogravimetric analyses and cone calorimetry. *Fire Safety Journal*, Volume 44, Issue 8, November 2009, Pages 1053-1066. ISSN: 0379-7112.
- [4] Chrebet, T., Arvajová, Z., Martinka, J., Balog, K.: Sledovanie teploty vzplanutia a úbytku hmotnosti v teplovzdušnej elektricky vyhrievanej peci. In *POŽÁRNÍ OCHRANA 2011, Sborník prednášiek XX. Ročníku konference*. Ostrava. VŠB – TU Ostrava. 2011. S. 89 – 91. ISBN: 978-80-7385-102-6.
- [5] Kačíková, D. – Netopilová, M. – Osvald, A.: Drevo a jeho termická degradácia. In *Edice SPBI Spektrum 45*. Ostrava : VŠB – TU Ostrava, 2006, s. 79, ISBN 80-86634-78-7.
- [6] Karlsson, B., Quintiere, J. G., 2000. *Enclosure fire dynamics*. Boca Raton: CRC Press LLC, 2000, p. 336, ISBN 0-8493-1300-7.



- [7] Korytárová, O., Osvald, A.: Zmeny v štruktúre vybraných ihličnatých drevín spôsobené vysokými teplotami. In Vedecké štúdie 2/2000/B. Zvolen : ES TU, 2000, s. 77, ISBN 80-228-0970-5.
- [8] Martinka, J., Balog, K., Tureková, I.: Nitrogen oxides production under fire conditions and their impact on the evacuation of people. In: Emergency Evacuation of People from Buildings : International Scientific and Technical Conference. Warsaw, 31.03.-01.04.2011. Warsaw : The Main School of Fire Service, 2011, p. 243-249, ISBN 978-83-61208-83-9.
- [9] Martinka, J., Balog, K., Tureková, I.: Vplyv teploty na indukčnú periódu vznietenia dubového dreva. In: Bezpečnosť kvalita spoľahlivosť: 5. Medzinárodná vedecká konferencia. Košice, 2011, s.160-165, ISBN 978-80-553-06112-4.
- [10] Mitterová, I.: Hodnotenie účinnosti rôznych druhov retardérov metódou úbytku na hmotnosti. In: Wood and Fire Safety. Zborník prednášok zo 6. medzinárodnej konferencie – Štrbské pleso. Zvolen: ES TU vo Zvolene, 2008, s.192-202, ISBN 978-80-228-1870-4.
- [11] Osvald, A.: Požiarnotechnické vlastnosti dreva a materiálov na báze dreva. Zvolen: ES TU vo Zvolene, 1997, 52 s., ISBN 80-228-0656-0.
- [12] Osvald, A., Komárek, P., Hubáčková, Ľ.: Hodnotenie vybraných drevín z pohľadu protipožiarnej ochrany. 1. vyd. Zvolen: ES TU vo Zvolene, 2007, s. 74, ISBN 978-80-228-1711-0.
- [13] Osvaldová, L.: Horenie koreňového systému u ihličnatých drevín. In: Wood and Fire Safety. Zborník prednášok zo 6. medzinárodnej konferencie – Štrbské pleso. Zvolen: ES TU vo Zvolene, 2008, s.281-296, ISBN 978-80-228-1870-4.
- [14] Požgaj, A., Chovanec, D., Kurjatko, S., Babiak, M.: Štruktúra a vlastnosti dreva. Bratislava : Príroda, 1997, s.486, ISBN 80-07-00960-4.
- [15] Reinprecht, L.: Ochrana dreva a kompozitov. Zvolen: ES TU vo Zvolene, 1997, 240 s., ISBN 80-228-0690-0



[15] Rowell, R.: Hand book of wood chemistry and wood composites. Publisher: CRC, First edition, New York, 2005, p. 489, ISBN–10: 0849315883.

[16] Vengrínová, Z.: Stanovenie požiaro-technických vlastností Smreka. 2011, TU Zvolen, Diplomová práca. s. 91.

[17] Katalóg požiaro-technických vlastností materiálov. Drevo ihličnaté X. Hlavná správa požiarnej ochrany, Ministerstvo vnútra SSR, 1984.

[18] STN ISO 871:2010 : Plasty. Stanovenie zápalnosti v teplovzdušnej peci. Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo SR 1999.

## Adresa autorov

Ing. Martin Zachar, PhD.

Technická univerzita vo Zvolene

Drevárska fakulta, Katedra Protipožiarnej ochrany

T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

tel.: 045 5206480

e-mail: [zachar@vsld.tuzvo.sk](mailto:zachar@vsld.tuzvo.sk)

Prof. Dr. Qiang Xu

Department of Aeronautics and Astronautics School of Mechanical Engineering,

Nanjing University of Science and Technology

Xiao Ling Wei, Nanjing 210014, P. R. China

e-mail: [kentqxu@hotmail.com](mailto:kentqxu@hotmail.com)



Key note

## REŤAZCE UDALOSTÍ, MODELŮ A ICH TVORBA

### CHAIN OF EVENTS, MODELS AND THEIR DEVELOPMENT

Ján ZELENÝ

#### Abstract

Any negative impact that whether human, environmental, or property is actually only the tragic culmination of a wide range of events making up the two primary groups. This is the group of events that occurred before the accident, but should not to be occurred or not to occur as they have actually occurred, and a group of events that did not occur, but they rather should occur. The paper deals with the principles and ways of knowing the chain of events, their typology and their production processes respectively, modelling in inductive or deductive manner.

**Keywords:** *chains of events, risks, risk analysis, probability, security*

#### ÚVOD

V problematike súvisiacej s otázkami vzniku, priebehu a následkov nehôd, ako neželaných, neplánovaných, negatívnych udalostí sa v minulosti veľmi často objavoval a bohužiaľ sa ešte stále objavuje zvláštny paradox. Na strane posudzovania toho, čo je bezpečné a čo nie je bezpečné, resp. do akej miery je to bezpečné alebo nebezpečné sa pomerne často akceptovala a neraz aj akceptuje vysoká miera subjektivity. No na strane tvorby a implementácie reálnych spôsobov a postupov, ako týmto udalostiam predchádzať a keď sa už stanú, ako sa v nich správať, ako minimalizovať ich dopady,



ako ich analyzovať a ako si z toho zobrať ponaučenie pre budúcnosť sa už priam vyžadovala a aj vyžaduje vysoká miera objektivity. Je teda namieste otázka: Nemala by byť vyžadovaná rovnako vysoká miera objektivity na oboch stranách mince? Odpoveď môže byť skrytá v starom manažérskom pravidle, ktoré trochu nadnesene hovorí:

## **ČO VIEŠ ZMERAŤ, VIEŠ AJ RIADIŤ.**

A je to pravda, pretože ak riziko „zle zmeriame“, teda ak ho nedostatočne a neobjektívne identifikujeme, posúdime a zhodnotíme, je jasné, že ho len ťažko budeme môcť spoľahlivým spôsobom riadiť. Ak riziko nedokážeme spoľahlivým spôsobom riadiť, môže sa nám vymknúť spod kontroly. A ak sa riziko vymkne spod kontroly, môže spôsobiť až nečakane veľké problémy a nikým nechcené negatívne dopady. A naopak. Ak sa chceme problémom a negatívnym dopadom vyhnúť, musíme mať riziko pod kontrolou. Ak chceme mať riziko pod kontrolou, musíme ho vedieť riadiť. A ak ho chceme riadiť, musíme ho adekvátnym spôsobom poznať.

Hlavnou úlohou tohto príspevku je nielen predstaviť systém modelovania reťazcov udalostí ako jeden z veľmi užitočných nástrojov „merania rizika“, t.j. jeho poznávania, posudzovania a zhodnotenia, ale hlavne ako nástroj získavania korektných podkladov pre kreovanie a implementáciu systému zaobchádzania s rizikom. Čo teda „požaduje a očakáva“ systém zaobchádzania s rizikom od systému posudzovania a hodnotenia závažnosti rizík?

## **1. ZAOBCHÁDZANIE S RIZIKOM**

Takmer všetky činnosti, ktoré na pôde akéhokoľvek typu a veľkosti organizácie vykonávajú jej členovia alebo zainteresované strany generujú, alebo môžu generovať určité riziko. A ak sa organizácie chcú vyhnúť znášaniu negatívnych dopadov, ako výsledkov prejavu uvedených rizík, musia mať implementovaný komplexný systém riadenia rizík postavený na troch základných predpokladoch:

- riziko musí byť spoľahlivo identifikované, kvalifikované a kvantifikované,
- kľúčovým princípom riadenia rizika musí byť princíp proaktivity, nie reaktivity,



- systém riadenia rizika musí tvoriť neoddeliteľnú súčasť systému riadenia celej organizácie,

Aby tento systém fungoval efektívne, organizácia by mala mať definované kritériá, ktoré bude aplikovať tak pri hodnotení závažnosti rizík, ako aj pri definovaní princípov a postupov zaobchádzania s nimi. Tieto kritériá musia odrážať tak politiku, hodnoty a ciele organizácie, ako aj jej zdroje. Niektoré kritériá majú „legislatívny charakter“ – sú vyvolané požiadavkami zákonov a predpisov alebo odvodené z nich a niektoré majú „morálny základ“ – teda predstavujú kritériá, ktoré organizácia môže ale nemusí aplikovať. Pri ich definovaní by sa mali brať do úvahy nasledovné faktory:

- podstata a druhy príčin a následkov, ktoré môžu nastať a spôsoby ich merania;
- spôsoby definovania pravdepodobnosti;
- časový rámec pravdepodobnosti alebo následku;
- spôsoby určovania úrovne rizika;
- názory zainteresovaných účastníkov;
- úroveň, na ktorej bude riziko prijateľné alebo tolerovateľné;
- úvahu, či treba zohľadňovať kombinácie viacnásobných rizík a ak áno, ako a ktoré kombinácie treba zvažovať.

Zaobchádzanie s rizikom v zmysle **STN ISO 31000: 2011 Manažérstvo rizika. Zásady a návody.**; predstavuje výber jednej alebo viacerých možností modifikácie rizika, ich zavedenie a riadenie; teda predstavuje opakujúci sa proces:

- rozhodovania, či zvyšková úroveň rizika je prípustná;
- vytvárania nového zaobchádzania s rizikom, ak jestvujúci proces nie je prípustný;
- posudzovania efektívnosti realizovaného zaobchádzania.

Spôsoby zaobchádzania môžu zahŕňať tieto možnosti:

- vyvarovanie sa riziku na základe rozhodnutia nezačínať činnosť alebo nepokračovať v činnosti, ktorá vytvára riziko;
- akceptovanie alebo zvýšenie rizika s cieľom využiť príležitosť;
- odstránenie zdroja rizika;
- zmenu pravdepodobnosti rizika;
- zmenu následkov rizika;
- podieľanie sa na riziku s ďalšou stranou (na základe zmlúv a financovania rizika);



- zachovanie rizika na základe kvalifikovaného rozhodnutia.

Výber najvhodnejšej možnosti zaobchádzania s rizikom zahŕňa porovnanie nákladov a úsilia na zavedenie opatrení a dosiahnutého úžitku s ohľadom na požiadavky zákonov, predpisov a na ďalšie požiadavky, ako je sociálna zodpovednosť a ochrana životného prostredia. Rozhodnutia musia takisto brať do úvahy riziká, ktorým môže zabrániť zaobchádzanie neospravedliteľné z ekonomických dôvodov, napr. závažné riziká (so závažnými zápornými následkami), zriedkavé riziká (s nízkou pravdepodobnosťou výskytu) a pod.

Pri výbere možností zaobchádzania s rizikom organizácia musí zvážiť význam a chápanie zainteresovaných účastníkov a najvhodnejšie spôsoby, ako s nimi komunikovať. Ak možnosti zaobchádzania s rizikom môžu ovplyvniť riziko na inom mieste v organizácii alebo u zainteresovaných účastníkov, musí sa to zohľadniť v rozhodnutí. Aj keď niektoré zaobchádzanie s rizikom môže byť rovnako efektívne, pre niektorých zainteresovaných účastníkov môže byť prijateľnejšie ako pre iných účastníkov.

Plán zaobchádzania s rizikom musí jasne identifikovať poradie priorít, v akom sa jednotlivé spôsoby zaobchádzania budú zavádzať.

Samotné zaobchádzanie s rizikom môže vyvolať ďalšie riziká. Významným rizikom môže byť zlyhanie alebo neefektívnosť opatrení pri zaobchádzaní s rizikom. Preto integrálnou súčasťou plánu zaobchádzania s rizikom musí byť monitorovanie, ktoré poskytuje garanciu, že opatrenia boli efektívne.

Zaobchádzanie s rizikom môže vyvolať aj sekundárne riziko, ktoré treba posúdiť, venovať mu pozornosť, monitorovať a preskúmať. Toto sekundárne riziko sa musí zahrnúť do rovnakého plánu zaobchádzania s rizikom ako je originálny plán a nezaoberať sa ním ako s novým rizikom. Väzba medzi týmito dvoma druhmi rizík sa musí zistiť a udržiavať.

Plány zaobchádzania sa musia stať súčasťou manažérskych procesov organizácie a musia sa prediskutovať s príslušnými zainteresovanými účastníkmi. Zvyškové riziko sa musí zdokumentovať, monitorovať, preskúmať a ak treba, organizácia sa musí ním naďalej zaoberať.

Monitorovanie a preskúvanie musia tvoriť plánovanú súčasť procesu manažérstva rizika a musia obsahovať pravidelné kontroly alebo pravidelný dozor. Tie môžu byť periodické alebo náhodné. Výsledky monitorovania a preskúvania sa musia zaznamenať, podľa potreby interne a externe oznamovať a aj využívať ako vstupy do preskúmania štruktúry manažérstva rizika.

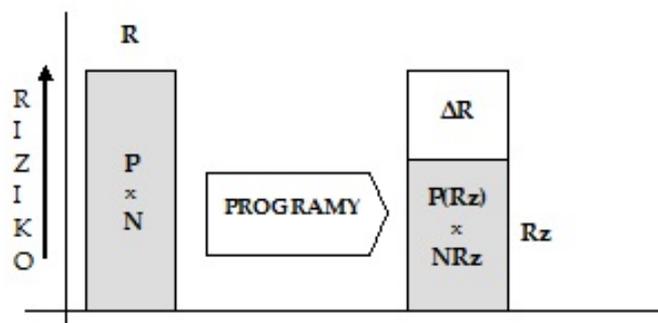
Ako tento proces vyzerá, resp. by mal vyzeráť v praxi?

Nech bol v posudzovanom systéme vykonaný súpis všetkých potenciálne nebezpečných činností, materiálov, zariadení, postupov a pod. a nech bolo pre každú položku tohto súpisu identifikované relevantné riziko. Následne nech bola celá sústava takto identifikovaných rizík rozdelená na dve skupiny:

- riziká akceptovateľné
- riziká neakceptovateľné.

Nech boli pre akceptovateľné riziká vypracované programy bezpečnej koexistencie s nimi a nech pre neakceptovateľné riziká boli vypracované programy ich úplného odstránenia, alebo určitého zníženia.

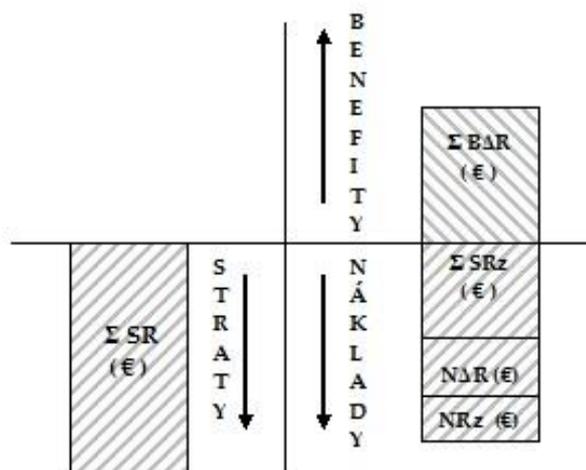
V ďalšom našu pozornosť sústredíme na určité neakceptovateľné riziko  $R$  vyjadrené kvantifikovanou pravdepodobnosťou  $P$  a jeho následkami  $N$ . Nech je realizáciou určitého programu možné dané riziko  $R$  znížiť o hodnotu  $\Delta R$ . Tento počín nám síce na jednej strane prinesie zníženie rizika  $R$  o hodnotu  $\Delta R$ , no na druhej strane spôsobí, že sa namiesto pôvodného rizika  $R$  objaví zostávajúce rezidentné riziko  $R_z$  reprezentované kvantifikovanou pravdepodobnosťou  $PR_z$  a následkami  $NR_z$  (obr. 1).



Obr. 1 Zaobchádzanie s rizikom - programy

Fig. 1 Treatment of risk - Programs

Pokúsme sa uvedený proces teraz vyjadriť monetárnym spôsobom prostredníctvom identifikácie a kvantifikácie troch základných skupín jednotlivých položiek tohto procesu (obr. 2).



Obr. 2 Zaobchádzanie s rizikom – monetárne vyjadrenie  
Fig. 2 Dealing with risk - monetary expression

## Náklady

V tejto skupine je potrebné kvantifikovať dve základné položky:

- celkové náklady  $N\Delta R$  potrebné na realizáciu zníženia rizika  $R$  o hodnotu  $\Delta R$ ;
- celkové náklady  $NR_z$ , ktoré bude potrebné vynaložiť a vynakladať na bezpečnú koexistenciu so zostávajúcim rezidentným rizikom  $R_z$ .

## Straty

V tejto skupine je potrebné kvantifikovať dve základné položky:

- riziko  $R$ , ako sumár potenciálnych strát  $\Sigma SR$ , ktoré by mohli vzniknúť v prípade jeho reálneho prejavu, ale aj sankcií a pokút za jeho neriešenie v zmysle požiadaviek legislatívy a noriem;
- riziko  $R_z$ , ako sumár potenciálnych strát  $\Sigma SR_z$ , ktoré by mohli vzniknúť v prípade jeho reálneho prejavu, ale aj sankcií a pokút za jeho neriešenie v zmysle požiadaviek legislatívy a noriem.



## Benefity

V tejto skupine je potrebné kvantifikovať riziko  $\Delta R$ , buď ako sumár benefitov  $\Sigma B\Delta R$ , ktoré môže zníženie rizika  $R$  o hodnotu  $\Delta R$  priniesť, alebo ako sumár strát  $\Sigma S\Delta R$ , o ktoré sa môžu znížiť potenciálne straty  $\Sigma SR$  v prípade zníženia rizika  $R$  o hodnotu  $\Delta R$ .

V praxi sa veľmi často stáva, že identifikované riziko je možné znižovať aplikovaním rôznych programov kreovaných na báze rôznych organizačných, technických, technologických, ekonomických, sociálnych a pod. opatrení. A je len logické, že rôzne programy znižovania toho istého rizika môžu vykazovať nielen rôzne hodnoty nákladov, strát a benefitov, ale aj rôzne úrovne garancie, že ich implementácia skutočne zabezpečí zníženie rizika o deklarovанú hodnotu  $\Delta R$ .

Existuje niekoľko spôsobov hodnotenia potenciálnych programov a výberu programu, ktorý bude v konečnom dôsledku realizovaný. V zásade môže ísť o spôsob hodnotenia prostredníctvom jedného parametra, alebo pomerový spôsob, v ktorom sa berie do úvahy súčasne niekoľko parametrov a ich vzájomné vzťahy. Samozrejme sa predpokladá, že každý z generovaných programov je za určitý čas komplexne realizovateľný.

Prvá časť hodnotenia sa sústreďuje na to, či a do akej miery boli rozhodujúce, resp. vážne ohrozenia pojaté do skupiny riešených rizík, reprezentovaných parametrom  $\Delta R$  a na to, či niektoré z vážnych ohrození nezostali v skupine zostávajúcich rizík  $R_z$ . Zároveň sa posudzuje, či navrhované opatrenia a riešenia sú ozajstnou garanciou zníženia rizika o deklarovанú hodnotu  $\Delta R$ . Veľmi dôležitým je aj posúdenie časovej stránky realizácie; t.j. toho, či časový harmonogram implementácie navrhovaných opatrení „kopíruje“ urgentnosť, resp. vážnosť riešených ohrození, resp. do akej miery je fakt urgentnosti časovým harmonogramom rešpektovaný. V tejto časti hodnotenia ani tak nejde o posúdenie vzájomného pomeru parametrov  $R = \Delta R + R_z$ , hoci aj to je zaujímavý ukazovateľ, ale hlavne ide o posúdenie obsahu skrývajúceho sa pod parametrami  $\Delta R$  a  $R_z$ .

V ďalšej časti hodnotenia sa pozornosť sústreďuje na hodnotenie efektívnosti a hospodárnosti navrhovaných riešení, teda na vzájomnú vyváženosť parametrov  $\Sigma SR \leftrightarrow$



$\Sigma \mathbf{B}\Delta\mathbf{R} \leftrightarrow \Sigma \mathbf{S}\mathbf{R}\mathbf{z} \leftrightarrow \mathbf{N}\Delta\mathbf{R} \leftrightarrow \mathbf{N}\mathbf{R}\mathbf{z}$ . Toto hodnotenie má niekoľko navzájom súvisiacich pohľadov.

Jeden z nich predstavuje posúdenie toho, či sú predpokladané náklady  $\mathbf{N}\Delta\mathbf{R}$  na realizáciu zníženia rizika a „veľkosť“ zníženia rizika  $\Delta\mathbf{R}$  reprezentovaná hodnotou  $\Sigma \mathbf{B}\Delta\mathbf{R}$  v určitej rovnováhe. Je to možné urobiť napríklad posúdením toho, či by nebolo možné hodnotu  $\Sigma \mathbf{B}\Delta\mathbf{R}$  dosiahnuť s nižšími nákladmi  $\mathbf{N}\Delta\mathbf{R}$ , resp. toho, či vynaloženie nákladov v hodnote  $\mathbf{N}\Delta\mathbf{R}$  nemôže iným spôsobom riešenia priniesť výraznejšie zníženie rizika  $\Delta\mathbf{R}$ , resp. zvýšenie hodnoty  $\Sigma \mathbf{B}\Delta\mathbf{R}$ .

Ďalší z nich predstavuje posúdenie vyváženosti medzi hodnotou možných strát zo zostávajúceho rizika  $\Sigma \mathbf{S}\mathbf{R}\mathbf{z}$  a súčtu predpokladaných nákladov  $\mathbf{N}\Delta\mathbf{R}$  na zníženie rizika a nákladov  $\mathbf{N}\mathbf{R}\mathbf{z}$  potrebných na bezpečnú koexistenciu so zostávajúcim reziduálnym rizikom. Pozornosť sa sústreďuje najmä na to, či by napríklad určitým zvýšením hodnoty  $\mathbf{N}\Delta\mathbf{R}$  a zmenou navrhnutých opatrení nebolo možné dosiahnuť výraznejšie zníženie hodnoty  $\Sigma \mathbf{S}\mathbf{R}\mathbf{z}$  a hodnoty  $\mathbf{N}\mathbf{R}\mathbf{z}$ . Môže ísť aj o opačný prípad, kedy sa pre požadovanú hodnotu zníženia strát  $\Sigma \mathbf{S}\mathbf{R}\mathbf{z}$  reprezentujúcu zostávajúce riziko hľadá optimálna kombinácia hodnôt  $\mathbf{N}\Delta\mathbf{R}$  a  $\mathbf{N}\mathbf{R}\mathbf{z}$  a spôsoby jej dosiahnutia.

Nemenej nezaujímavý je aj pohľad prostredníctvom hľadania určitého „bodu zlomu“, t.j. stavu, v ktorom ďalšie zvyšovanie hodnoty  $\mathbf{N}\Delta\mathbf{R}$  už nebude znamenať výraznejšie znižovanie hodnoty  $\Sigma \mathbf{S}\mathbf{R}\mathbf{z}$  a pod.

Uvedený, zámerne zjednodušene podaný exkurz do princípov a mechanizmov fungovania systému zaobchádzania s rizikom snád' dostatočne deklaruje aké poznatky, v akom rozsahu a v akej hĺbke tento „požaduje a očakáva“ od systému posudzovania a hodnotenia závažnosti rizík.

## 2. REŤAZCE UDALOSTÍ – VÝZNAM V KONTEXTE ZAOBCHÁDZANIA S RIZIKOM

Fakt, že človek prišiel o život vďaka tomu, že z akéhosi dôvodu „uchopil holou rukou“ elektrický kábel, ktorý bol vtom čase pod napätím práve v mieste, na ktorom bola poškodená jeho izolácia vo svojej podstate „skrýva“ dva významné aspekty.



Emocionálny, predstavujúci celý komplex emócií a reakcií, ktoré vyvolá každá, no najmä zbytočná strata ľudského života.

Racionálny, predstavujúci nazeranie na túto udalosť ako na tragické vyvrcholenie celej rady udalostí tvoriacich dve základné skupiny. Skupinu reprezentujúcu udalosti, ktoré sa pred týmto úrazom odohrali, ale väčšinou sa buď nemali odohrať, alebo sa nemali odohrať tak, ako sa v skutočnosti odohrali a skupinu reprezentujúcu udalosti, ktoré sa neodohrali, ale naopak, sa mali odohrať.

V hore uvedenom prípade prvú skupinu udalostí tvoria udalosti vychádzajúce z faktu, že izolácia elektrického kábla sa „nepoškodila sama od seba“. Jej poškodeniu nutne museli predchádzať udalosti, ktoré sa reálne udiali, napríklad používanie kábla spôsobom nezhodným s požiadavkami a príkazmi technologických a bezpečnostných predpisov, výrobná chyba, únava a opotrebovanie materiálu, spôsob skladovania pod.

Druhú skupinu udalostí tvoria udalosti vychádzajúce z faktu, že vzniknuté poškodenie izolácie zostalo buď nepovšimnuté a takto poškodený kábel sa aj naďalej používal, alebo sa kábel používal aj napriek tomu, že jeho používateľ vedel o poškodení izolácie. Druhú skupinu udalostí teda predstavujú udalosti, ktoré sa mali udiať, ale sa neudiali, napríklad dodržiavanie technologických a bezpečnostných predpisov, pravidelná kontrola, údržba a opravy, vyradovanie odpísaných, alebo poškodených zariadení a pod.

A nakoniec výraznú úlohu zohráva aj vplyv náhody, ktorý spôsobil, že človek uchopil elektrický kábel práve v mieste porušenia jeho izolácie, hoci predtým s týmto káblom už mnoho ráz manipuloval a „nikdy sa nič nestalo“.

Usmrteniu človeka teda predchádzal celý reťazec, možno niekoľko na seba nadväzujúcich, alebo súbežne prebiehajúcich reťazcov udalostí, ktoré v konečnom dôsledku vyvrcholili vrcholovou udalosťou – kontaktom nekrytej ruky s nekrytým vodičom pod napätím a tá bezprostredne generovala tragický následok.

Uvedený prípad, ktorý v pracovnom, ale aj domácom prostredí, či pri realizácii voľno časových aktivít vôbec nie je zriedkavý a spôsobil už množstvo úrazov so smrteľnými následkami priam ukázkovo demonštruje dve rokmi overené skutočnosti, ba až istoty.



Prvou z nich je sústava nasledovných výrokov:

**Každá nehoda je príhoda, pretože má svoj dej – začiatok, priebeh a koniec, no nie každá príhoda nutne musí byť nehodou!!!**

**Každý úraz je následkom nehody, no nie každá nehoda nutne musí skončiť úrazom!!!**

A je to pravda. Veď ani jeden úraz, alebo choroba z povolania ešte nikdy nevznikli len tak, sami od seba, ale vždy len ako následok určitej udalosti, resp. celého reťazca udalostí. A pravdou je aj to, že mnoho ráz hrozivo vyzerajúci pád človeka z pomerne veľkej výšky skončil len drobnými odreninami a umazaným, potrhávaným šatstvom, ale napríklad nevinný pád z bicykla skončil smrťou.

Druhou je v súčasnosti výrazné uprednostňovanie stochastického prístupu k posudzovaniu udalostí, ktorý nastanie takmer každej udalosti považuje za určitých podmienok za možné, aj keď málo pravdepodobné, než deterministické posudzovanie nastania udalosti spôsobom možná, alebo nemožná. Je známy prípad dopravného lietadla konštrukčne vybaveného tromi hydraulickými okruhmi (hlavným a dvomi záložnými), ktoré slúžili na ovládanie hlavných prvkov riadenia lietadla spôsobom zaručujúcim jeho ovládateľnosť aj v prípade poruchy jedného, až dvoch z uvedených dôležitých hydraulických okruhov. To však platilo len dovtedy, kým v dôsledku únavy materiálu nedošlo za letu k doslovnému roztrhnutiu kolesa kompresora jedného z troch motorov umiestnených v chvostovej časti lietadla, čo spôsobilo okamžité poškodenie a znefunkčnenie všetkých troch hydraulických okruhov naraz. To, čo sa na prvý pohľad zdalo byť nemožné sa predsa len za určitých podmienok stalo možným a spôsobilo smrť vyše stovky ľudí.

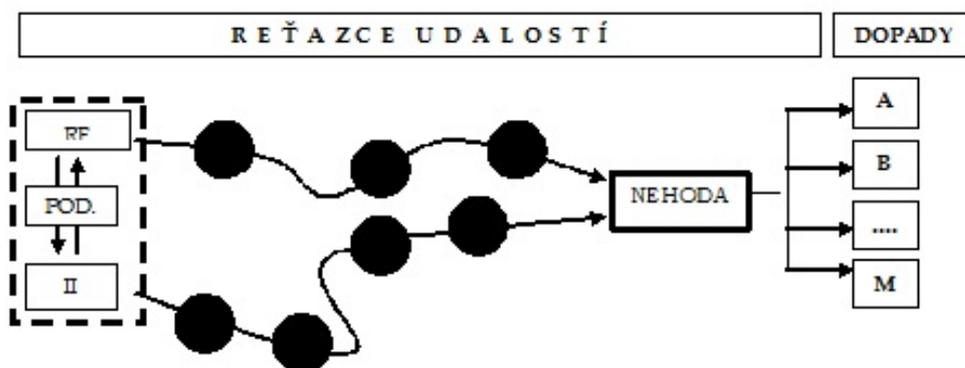
Ak teda budeme stáť pred úlohou zabezpečiť, aby sa napríklad úraz elektrickým prúdom so smrteľnými následkami už viacej neopakoval, zrejme nevystačíme len s upozorňovaním ľudí, aby sa nedotýkali „živých“ častí elektrických vodičov, ale v prvom rade budeme musieť dosiahnuť stav garantujúci, že sa v budúcnosti voľne dostupné živé časti elektrických vodičov „neobjavia“. Budeme sa teda musieť sústrediť na celý reťazec udalostí

**PRÍHODA → NEHODA → NÁSLEDOK**

a nielen na niektorý z jeho prvkov.

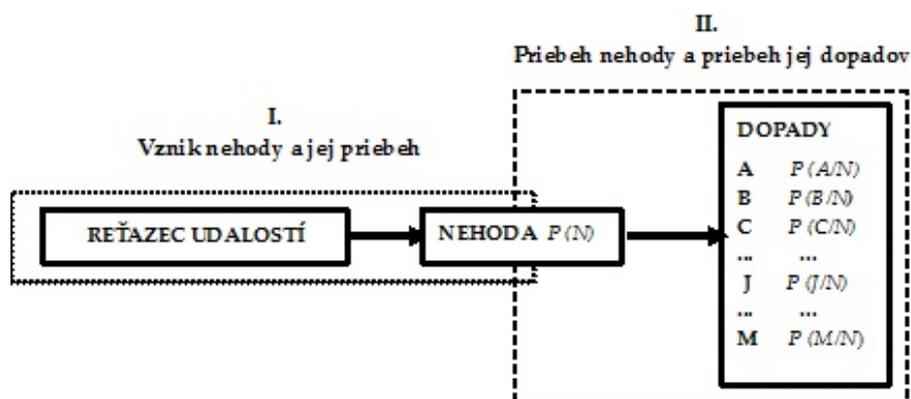
### 3. MODEL Y REŤAZCOV UDALOSTÍ

Spojenie rizikového faktora, resp. faktorov s iniciačným impulzom, resp. impulzmi môže za istých podmienok naštartovať odvíjanie reťazca, resp. reťazcov logicky po sebe nasledujúcich neplánovaných a neriadených udalostí.



Obr. 3 Bloková schéma vývoja udalostí.  
 RF – rizikové faktory, POD. – podmienky, II – iniciačné impulzy  
 Fig. 3 Block diagram of events.  
 RF - risk factors, ETC. - The conditions, II - initiating impulses

Nech je udalosť, ktorú je v tomto reťazci udalostí možné označiť za bezprostrednú príčinu vzniku neakceptovateľných neželaných dopadov označená pojmom **NEHODA**. Ide o veľmi dôležitý prvok celého reťazca udalostí, pretože práve v ňom sa stretávajú a prelínajú jeho dve hlavné časti (obr. 4).





Obr. 4 Hlavné časti reťazca udalostí  
Fig. 4 Main chain of events

Práve fakt, že:

- určitá nehoda môže byť výsledkom rôzneho počtu navzájom závislých alebo nezávislých udalostí alebo reťazcov udalostí;
  - jedna nehoda môže spôsobiť rôzne navzájom závislé alebo nezávislé následky;
- vedie k potrebe zvlášť sústrediť pozornosť na:
- mechanizmus vzniku nehody s pravdepodobnosťou  $P(N)$  tohto vzniku;
  - mechanizmus vzniku dopadov tejto nehody s pravdepodobnosťou vzniku jednotlivých dopadov  $P(A)$  až  $P(M)$ ;
  - súvislosti a väzby týchto dvoch navzájom previazaných javov.

## 3.1 NEHODA, AKO VÝSLEDOK REŤAZCA UDALOSTÍ

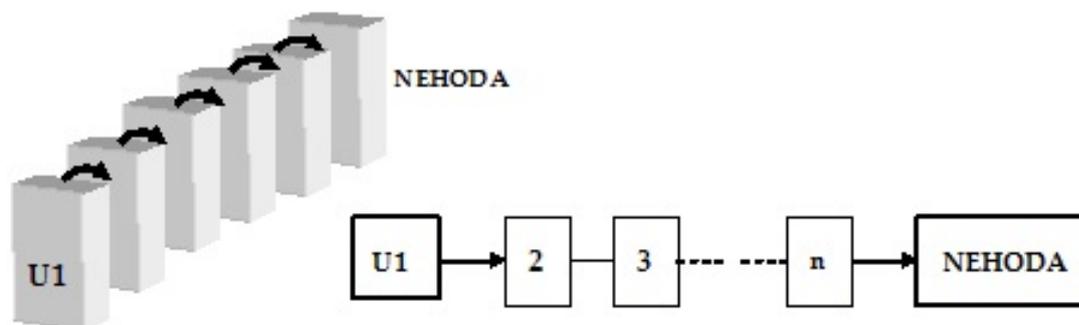
Nech boli na základe analýzy zostavené zoznamy reálne možných rizikových faktorov nachádzajúcich sa v posudzovanom systéme a zoznamy reálne možných iniciačných impulzov schopných „naštartovať“ ten ktorý rizikový faktor a nech boli súčasne stanovené aj podmienky, za ktorých interakcia rizikový faktor – iniciačný impulz môže reálne nastať a tým naštartovať reťazec neželaných neplánovaných a neriadených udalostí končiaci vznikom nehody. Nech bola následne stanovená pravdepodobnosť, s akou reálne môže k tejto interakcii počas stanoveného časového obdobia dôjsť. Túto interakciu budeme v reťazci udalostí označovať ako **udalosť 1**.

Komplexný reťazec udalostí vedúci ku vzniku nehody môže mať rôzny tvar a štruktúru. V zásade však môže nadobudnúť jeden zo štyroch základných tvarov.

### JEDNODUCHÁ REŤAZ UDALOSTÍ

Model jednoduchej reťaze udalostí predstavuje reťaz postavenú na klasickom Domino efekte, t.j. jedna udalosť vyvolá druhú, tá ďalšiu a tá zas ďalšiu, až po vznik nehody, ako vrcholovej udalosti. Hlavnou podmienkou existencie tvaru jedno vetvovej reťaze udalostí je, že vznik každej ďalšej udalosti je determinovaný pravdepodobnosťou

rovnej jednej. Znamená to, že ak vznikne udalosť **U1**, tá bude generovať len udalosť 2, tá udalosť 3, až po n-tú udalosť, ktorá s pravdepodobnosťou rovnej jednej skončí nehodou. Jednoducho povedané, každý vznik udalosti **U1**, nevyhnutne musí skončiť nehodou.



Obr. 5 Jednoduchá reťaz udalostí  
FigG. 5 Easy chain of events

V tomto prípade platí

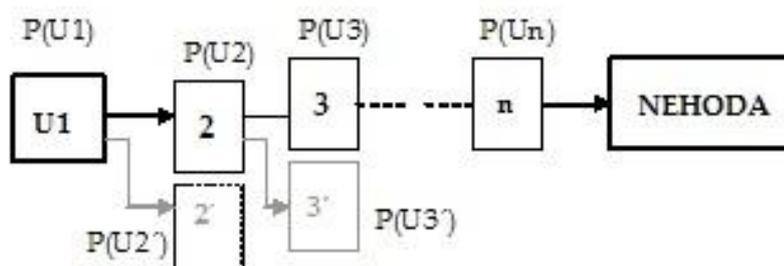
$$P(N) = P(U_1),$$

(1)

t.j. s akou pravdepodobnosťou vznikne **U1**, s takou pravdepodobnosťou aj dôjde k nehode.

## ROZVETVENÁ REŤAZ UDALOSTÍ

Tvar rozvetvenej reťaze vzniká vtedy, keď nie je splnená predchádzajúca podmienka, t.j. že každá udalosť v reťazi udalostí môže generovať len jednu jediná ďalšiu udalosť. Napríklad udalosť **U1** môže, ale aj nemusí generovať vznik udalosti 2, udalosť 2 môže okrem udalosti 3 generovať aj vznik ďalšej udalosti a pod., vid' obr. 6.



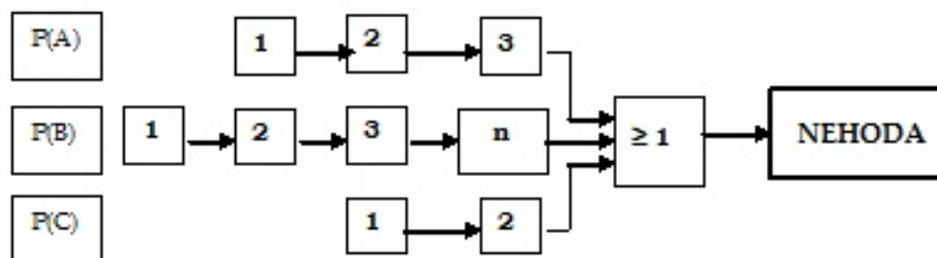
Obr. 6 Rozvetvená reťaz udalostí  
Fig. 6 Branched chain of events

V tomto prípade platí

$$P(N) = \prod_{i=1}^n P(U_i) \quad (2)$$

## ZLOŽENÁ REŤAZ UDALOSTÍ POSTAVENÁ NA PRINCÍPE LOGICKÉHO SÚČTU

V tomto type reťazcov môže nehodu generovať reťazec A, alebo B, alebo C, alebo ich kombinácie (obr. 7).

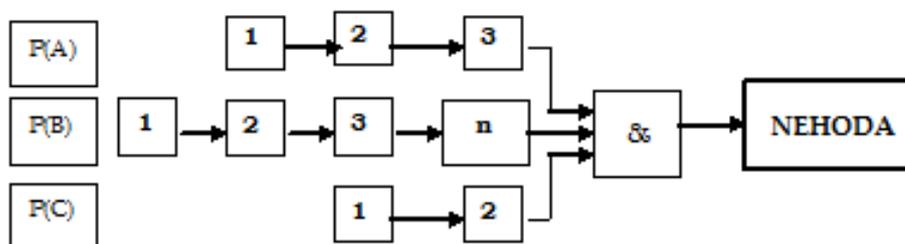


Obr. 7 Zložená reťaz udalostí – logický súčet  
Fig. 7 Composed a chain of events - disjunction

Ak sa na základe vzťahov (1) alebo (2) stanovujú pravdepodobnosti, s akými môže ten ktorý reťazec byť skutočnosťou, teda hodnoty  $P(A)$ ,  $P(B)$  a  $P(C)$ , pre stanovenie celkovej pravdepodobnosti vzniku vrcholovej udalosti je potom možné použiť vzťahy pre logický súčet.

## ZLOŽENÁ REŤAZ UDALOSTÍ POSTAVENÁ NA PRINCÍPE LOGICKÉHO SÚČINU

V tomto type reťazcov môže nehodu generovať len spolupôsobenie reťazcov A, B a C. Jednotlivé reťazce sami o sebe nehodu generovať nemôžu (obr. 8).



Obr. 8 Zložená reťaz udalostí – logický súčin  
 Fig. 8 Composed a chain of events - conjunction

Ak sa na základe vzťahov (1) alebo (2) stanoví pravdepodobnosť, s akými môže ten ktorý reťazec byť skutočnosťou, teda hodnoty  $P(A)$ ,  $P(B)$  a  $P(C)$ , pre stanovenie celkovej pravdepodobnosti vzniku vrcholovej udalosti je potom možné použiť vzťahy pre logický súčin.

V prípade, že pôjde o kombináciu typov reťazcov, je možné postupovať sekvenčným spôsobom podľa postupu uvedenom pre sériovo-paralelný model.

### 3.2 PRIEBEH NEHODY A VZNIK DOPADOV

Sústavu **NEHODA – DOPADY** je potrebné analyzovať z pohľadu oboch jej prvkov, pričom teoreticky ale aj prakticky môže vzniknúť päť modelových situácií a ich kombinácií.

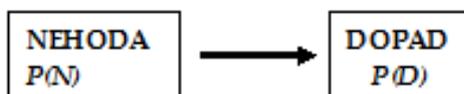
1. výsledkom nehody môže byť len jeden konkrétny dopad;
2. výsledkom nehody môže byť niekoľko paralelných dopadov;
3. výsledkom nehody môže byť paralelný vznik dopadu(ov) a ďalšieho reťazca(ov) udalostí;
4. konkrétny dopad môže vzniknúť následkom len jednej nehody;
5. konkrétny dopad môže vzniknúť následkom niekoľkých nehôd.

#### NEHODA – JEDEN KONKRÉTNY DOPAD

Sústava v tomto prípade môže nadobudnúť niekoľko tvarov.

## a) jednoduchý tvar

V tomto prípade môže byť jeden konkrétny dopad vyvolaný len jednou konkrétnou nehodou (obr. 9).



Obr. 9 Nehoda – dopad, jednoduchý tvar  
Fig. 9 Accident - impact, simple shape

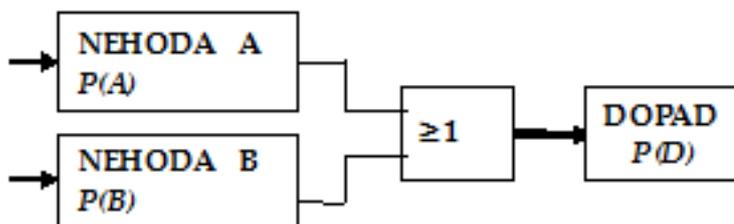
Nehoda priamo determinuje vznik konkrétneho dopadu, čo znamená, že ak dôjde k danej nehode, potom s pravdepodobnosťou rovnajúcou sa jednej nastane daný konkrétny dopad. V praxi ide o pomerne zriedkavý fenomén, pretože v drvivej väčšine prípadov jedna nehoda môže spôsobiť niekoľko možných dopadov.

Pravdepodobnosť vzniku tohto typu dopadu sa rovná pravdepodobnosti vzniku nehody.

$$P(D) = P(N) \quad (3)$$

## b) zložený tvar – logický súčet

V tomto prípade môže byť jeden konkrétny dopad vyvolaný niektorou z možných nehôd – A alebo B (obr. 10).



Obr.10 Nehoda – dopad, logický súčet  
Fig.10 Accident - impact disjunction

Ak javy A a B sú vo vzťahu vzájomnej nezlučiteľnosti, teda ich súčasný vznik je považovaný za nemožný jav, potom pre pravdepodobnosť vzniku dopadu tohto typu platí

$$P(D) = P(A) + P(B) \quad (4)$$

**Ak javy A a B sú vo vzťahu vzájomnej zlučiteľnosti**, t.j. ich súčasný vznik je považovaný za pravdepodobný jav, pričom k nehode A môže dôjsť nezávisle na nehode B a naopak, teda nehody A a B sú navzájom nezávislé, teda nepodmieňujú jedna druhú, potom pre pravdepodobnosť vzniku dopadu tohto typu platí

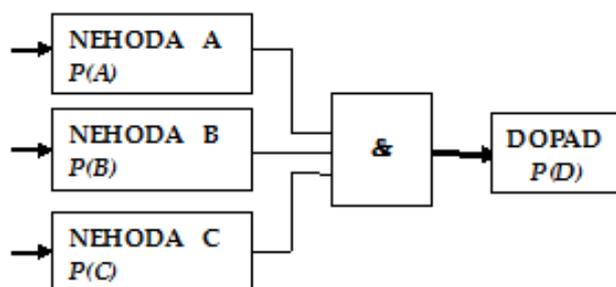
$$P(D) = P(A) + P(B) - P(A) \cdot P(B) \quad (5)$$

**Ak javy A a B sú vo vzťahu vzájomnej zlučiteľnosti**, t.j. ich súčasný vznik je považovaný za pravdepodobný jav, pričom napríklad vznik nehody A je podmienený vznikom nehody B, potom pre pravdepodobnosť vzniku dopadu tohto typu platí

$$P(D) = P(A) + P(B) - P(A) \cdot P(B/A) \quad (6)$$

### c) zložený tvar – logický súčin

V tomto prípade môže byť jeden konkrétny dopad vyvolaný len za podmienky vzájomného spolupôsobenia istých nehôd – A, B a C (obr. 11).



Obr. 11 Nehoda – dopad, logický súčin  
Fig. 11 Accident - impact conjunction

**Ak sú javy vo vzťahu vzájomnej nezávislosti**, teda nehody A, B a C môžu vzniknúť nezávisle na sebe, potom pre pravdepodobnosť vzniku tohto typu dopadu platí

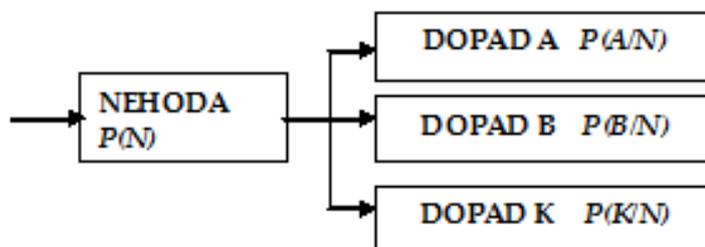
$$P(D) = P(A) \cdot P(B) \cdot P(C) \quad (7)$$

Ak bude napríklad vznik udalosti B podmienený vznikom udalosti A, potom pre pravdepodobnosť vzniku tohto typu dopadu platí

$$P(D) = P(A) \cdot P(B/A) \cdot P(C) \quad (8)$$

### NEHODA – NIEKOĽKO PARALELNÝCH DOPADOV

Ide o prípady, v ktorých jedna nehoda môže spôsobiť niekoľko paralelných dopadov, pričom vznik každého konkrétneho dopadu tejto sústavy je považovaný za pravdepodobný jav (obr. 12).



**Obr. 12** Nehoda – niekoľko paralelných dopadov  
**Fig. 12** Accident - several parallel effects

V praxi ide o pomerne rozšírený fenomén, pretože v drvivej väčšine prípadov jedna nehoda môže spôsobiť a aj spôsobuje niekoľko možných dopadov. Špecifickým druhom dopadu, ktorý sa môže vyskytnúť v uvedenej škále dopadov je prípad, v ktorom po prebehnutí nehody môže s istou pravdepodobnosťou vzniknúť dopad nulovej hodnoty. Ak je možné na jednej strane skonštatovať, že k nehode došlo, ale na druhej strane, že nehoda nespôsobila žiadnu škodu, je možné tento fenomén označiť pojmom NEBEZPEČNÁ UDALOSŤ. V minulosti bola, ale aj v súčasnosti je takáto udalosť označovaná pojmom SRORONEHODA. Tento model umožňuje podchytiť výskyt udalosti tohto typu, čo je veľmi dôležité ani nie tak pre ňu samotnú, ale z dôvodu indikácie, že reťazec udalostí dospel k svojmu naplneniu. Ak v tomto prípade skončil našťastie bez akéhokoľvek negatívneho dopadu, nabudúce sa môže prejaviť úplne iným, ďaleko vážnejším dopadom.

V tomto type sústavy je veľmi dôležitá identifikácia vzájomných vzťahov vzniknutých dopadov.

### a) nezlučiteľné dopady

Pre sústavu tohto typu platí

$$A \cup B \cup C \cup \dots \cup J = E \quad (9)$$



Znamená to, že vznik jedného z množiny možných dopadov A až J rezultujúcich z danej nehody je istý jav. Dopady A až J v tomto prípade predstavujú množinu navzájom nezlučiteľných javov, teda je vylúčené, že z danej nehody vznikne niekoľko dopadov naraz. Takto definované dopady tvoria úplný systém javov. Vzhľadom na tento fakt platí

$$P(A) + P(B) + P(C) + \dots + P(J) = 1 \quad (10)$$

Pre pravdepodobnosť vzniku jednotlivých dopadov platí:

$$P(A_v) = P(N) \cdot P(A/N), \quad (11)$$

$P(B_v) = P(N) \cdot P(B/N)$  a podobne.

Vzťah 10 definujúci množinu navzájom nezlučiteľných javov poskytuje ideálnu platformu pre identifikáciu humánných dopadov nehody. Na jeho základe je možné predpokladať, že nehoda musí „skončiť“ len jedným (otázkou je ktorým?) z možných dopadov. Ak ale bude sústava možných humánných dopadov nehody na človeka zostavená ako úplný systém javov, pravdepodobnosti vzniku ktorých budú spĺňať vzťah 10, podstatným spôsobom sa tým zjednoduší, sprehľadní a skvalitní identifikácia humánných dopadov nehody. V tejto sústave však musí byť akceptovaný významný fakt – nie každá nehoda musí skončiť úrazom. Tomuto faktoru je možné vyhovieť tým, že jeden z možných dopadov nehody musí byť kvalifikovaný ako narušenie pohody s nulovým dopadom na zdravie človeka (skoronehoda, resp. nebezpečná udalosť).

Na základe uvedených úvah je možné zostaviť nasledovnú sústavu humánných dopadov nehody na človeka v podobe úplného systému navzájom nezlučiteľných javov.

- a) **narušenie pohody;**
- b) **nutnosť ošetrenia bez následnej práceneschopnosti;**
- c) **nutnosť ošetrenia s následnou práceneschopnosťou, ale bez trvalých následkov na jeho zdraví;**
- d) **nutnosť ošetrenia s následnou práceneschopnosťou, s trvalými následkami na zdraví človeka, ale bez jeho vyradenia z ďalšej pracovnej činnosti;**
- e) **úraz, následkom ktorého dôjde k vyradeniu človeka z pracovnej činnosti;**
- f) **smrť.**



Ak sa teda človek stane priamym účastníkom nehody, potom táto mu môže spôsobiť len jeden – otázka je ktorý? z uvedených dopadov. Nie je možné, aby jedna nehoda spôsobila jednému človeku naraz dva a viac z týchto dopadov.

## b) zlučiteľné dopady

Pre sústavu tohto typu platí

$$A \cap B \cap C \cap \dots \cap J \neq \emptyset \quad (12)$$

Znamená to, že súčasný vznik niekoľkých dopadov z možnej množiny dopadov A až J nie je nemožný jav. Dopady A až J v tomto prípade predstavujú množinu navzájom zlučiteľných javov, teda nie je vylúčené, že z danej nehody paralelne vznikne aj niekoľko dopadov naraz, nie však jeden za druhým.

Pre stanovenie výslednej pravdepodobnosti súčasného vzniku navzájom zlučiteľných dopadov A a B je potrebné poznať vzťah ich vzájomnej závislosti.

**Ak navzájom zlučiteľné dopady A a B môžu vzniknúť nezávisle na sebe, potom platí**

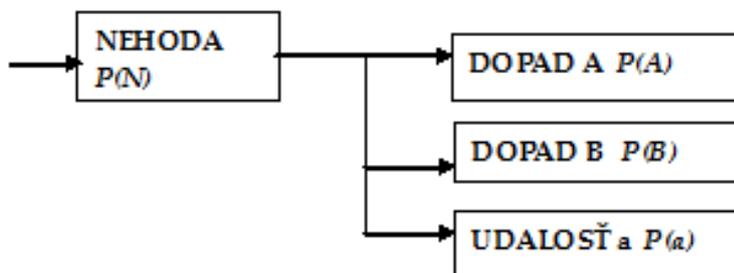
$$P(AB_v) = P(N) \cdot P(AB/N) = P(N) \cdot P(A/N) \cdot P(B/N) \quad (13)$$

**Ak je dopad A podmienený predchádzajúcim vznikom napríklad dopadu B, potom platí**

$$P(AB_v) = P(N) \cdot P(B) \cdot P(A/B) \quad (14)$$

## NEHODA – PARALELNÝ VZNIK DOPADU A REŤAZCA UDALOSTÍ

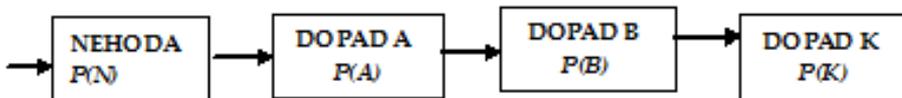
Ide o prípady, v ktorých nehoda môže paralelne spôsobiť nielen dopad, resp. dopady, ale zároveň môže vyvolať vznik ďalšej udalosti, resp. reťazca udalostí (obr. 13).



Obr. 13 Nehoda – dopad a udalosť  
 Fig. 13 The accident - and the impact of event

### SÉRIOVÝ MODEL

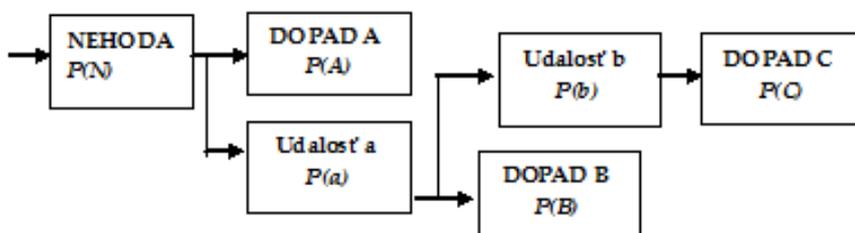
Predstaviteľom tohto modelu je model s postupne vznikajúcimi dopadmi na spôsob Domino efektu.



Obr. 14 Nehoda – sériové dopady  
 Fig. 14 Accident - serial impact

### SÉRIOVO-PARALELNÝ MODEL

Typickým prípadom tohto modelu je model s postupne vznikajúcimi dopadmi a v čase sa vyvíjajúcim reťazcom udalostí (obr. 15).



Obr. 15 Sériovo-paralelný model  
 Fig. 15 Series-parallel model



V prípadoch, v ktorých **Dopad A** a **Udalosť a**, resp. **Dopad B** a **Udalosť b** predstavujú úplnú sústavu javov platí:

$$\text{Dopad A} \cap \text{Udalosť a} = \emptyset,$$

$$\text{Dopad B} \cap \text{Udalosť b} = \emptyset,$$

$$P(A) + P(a) = 1,$$

$$P(B) + P(b) = 1$$

V prípadoch, v ktorých **Dopad A** a **Udalosť a**, resp. **Dopad B** a **Udalosť b** predstavujú javy zlučiteľné, je potrebné postupovať podľa patričných vzťahov.

## 4. POSÚDENIE PRAVDEPODOBNOTI

### 4.1 VZNIK NEHODY A PRAVDEPODOBNOTŤ JEJ VZNIKU

Spoločenská prax pozná množstvo prípadov, v ktorých nehody s veľkými, až katastrofálnymi následkami vznikli ako dôsledok zlyhania systému, pričom zlyhanie systému bolo neraz spôsobené vznikom poruchy prvku systému.

Vznik poruchy určitého prvku sústavy je vo všeobecnosti považovaný za náhodný jav a doba do vzniku poruchy  $T_P$  je považovaná za spojitú náhodnú veličinu. Spoľahlivosť  $R(t)$  je definovaná ako pravdepodobnosť, že daný prvok bude spoľahlivo fungovať do času  $t$ , kde

$$R(t) = P(T_P \geq t) = 1 - F(t) \quad (15)$$

$F(t)$  je distribučnou funkciou poruchovosti  $F(t)$

$$F(t) = P(T_P \leq t) \quad (16)$$

a vlastne určuje nespoľahlivosť prvku.

Spoľahlivosť, resp. bezporuchovosť  $R(t)$  je funkcia, pomocou ktorej je vyjadrená pravdepodobnosť, že v istom časovom intervale  $\langle 0; t \rangle$  nedôjde k poruche, t.j. pravdepodobnosť, že doba do vzniku poruchy bude dlhšia, ako  $t$ .

Ak má distribučná funkcia  $F(t)$  vo všetkých bodoch deriváciu, potom

$$F(t) = \int_{-\infty}^t f(t) dt, \quad (17)$$

odkiaľ vyplýva

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt}, \quad (18)$$

kde  $f(t)$  predstavuje hustotu pravdepodobnosti výskytu náhodnej veličiny  $T_P$ , t.j. hustotu pravdepodobnosti výskytu poruchy daného prvku systému.

Základnou charakteristikou technického zariadenia je intenzita porúch  $\lambda(t)$  definovaná vzťahom

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)}, \quad (19)$$

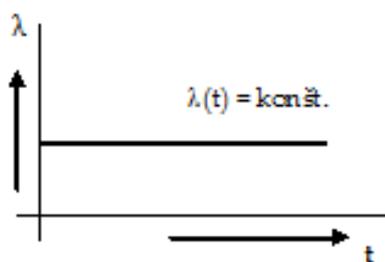
pomocou ktorej je vyjadrená pravdepodobnosť  $P_p$ , že prvá porucha nastane v časovom intervale  $\langle t, t+\Delta t \rangle$  za podmienky, že v čase  $\langle 0, t \rangle$  ešte nenastala

$$P_p = \lambda(t) \Delta t,$$

Teória spoľahlivosti pracuje s niekoľkými typmi rozdelení spojitej náhodnej veličiny. Podľa tvaru funkcie  $\lambda(t)$ , predstavujúcej intenzitu porúch sa v teórii spoľahlivosti najčastejšie používajú nasledovné modely spoľahlivosti.

## Exponenciálne rozdelenie

Funkcia intenzity porúch má tvar  $\lambda(t) = \text{konšt.}$  (20)

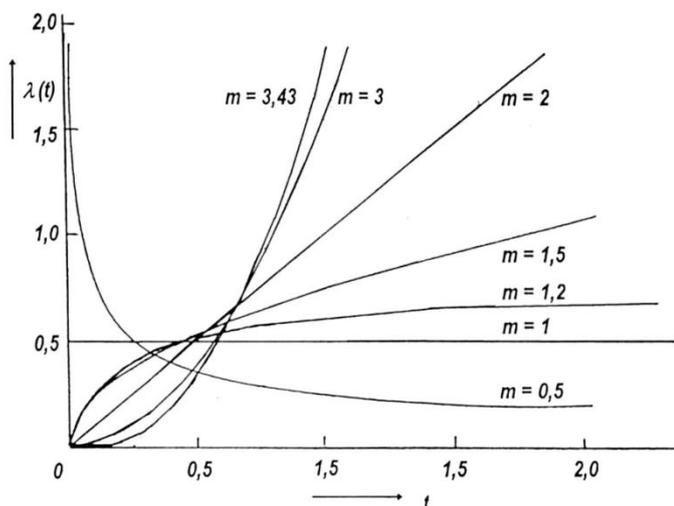


Obr. 16 Funkcia intenzity porúch Exponenciálneho rozdelenia  
Fig. 16 The failure rate exponential distribution

Znamená to, že intenzita vzniku porúch je konštantná, t.j. pravdepodobnosť ich vzniku v ľubovoľnom okamžiku je rovnaká a nezávisí na dobe, počas ktorej bol systém v bezporuchovej prevádzke.

## Weibullovo rozdelenie

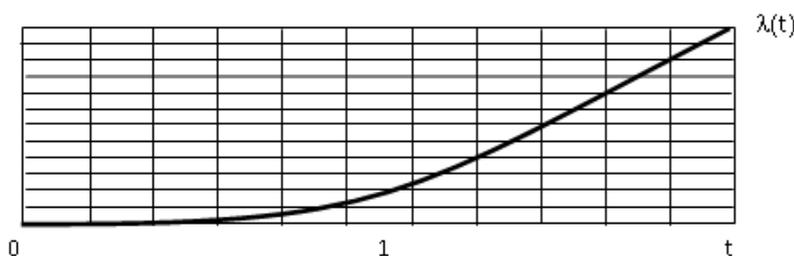
Optimálnym teoretickým modelom vyhovujúcim požiadavkám prevádzky najmä strojárskych výrobkov vo všetkých fázach ich využívania je Weibullov model. Používa sa hlavne v prípadoch, keď poruchovosť výrazne závisí od doby používania zariadenia. Pokrýva prakticky väčšinu možných priebehov náhodne premenných veličín, ktoré môžu pri posudzovaní spoľahlivosti mechanických sústav nastať. Z grafu funkcie  $\lambda(t)$  je zrejmé, aké tvary môžu mať krivky charakterizujúce intenzitu vzniku náhodného javu pre rôzne hodnoty „ $m$ “. V závislosti od hodnoty „ $m$ “ môže mať graf funkcie  $\lambda(t)$  rôzne tvary znázorňujúce buď nárast (pre  $m$  väčšie ako 1), alebo pokles (pre  $m$  menšie ako 1) intenzity vzniku porúch s časom (obr. 17). Pri hodnote  $m = 1$  Weibullovo rozdelenie nadobúda podobu exponenciálneho rozdelenia.



Obr. 17 Funkcia intenzity porúch Weibullovoho rozdelenia  
Fig. 17 The failure rate Weibull distribution

## Normálne rozdelenie $N(\mu, \sigma^2)$

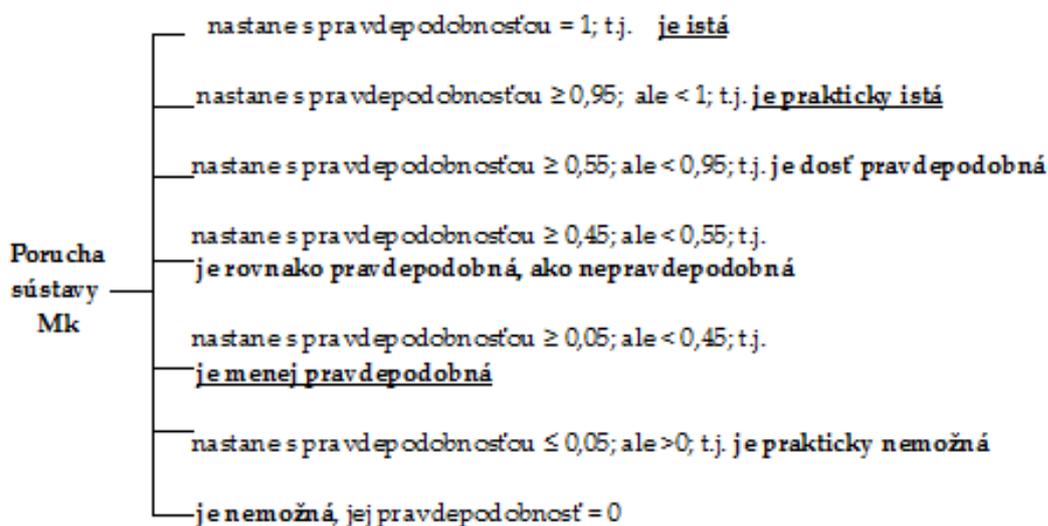
Niekedy nazývané aj Gauss-Laplaceovým rozdelením. Je používané tam, kde na kolísaní hodnôt náhodnej veličiny pôsobí veľký počet nepatrných a vzájomne nezávislých vplyvov. Z tohto dôvodu sa niekedy uvádza aj ako „zákon rozdelenia chýb“. Priebeh funkcie  $\lambda(t)$  je zrejмый z obr. 18.



**Obr. 18 Normálne rozdelenie**  
**Fig. 18 Normal Distribution**

Ak je na základe dostupných údajov možné definovať typ rozdelenia a distribučnú funkciu, potom je na jej základe možné odvodiť aj funkcie  $R(t)$ ,  $f(t)$  a  $\lambda(t)$ .

Druhý spôsob, predstavuje štatistickú koncepciu spoľahlivosti. V jej zmysle je spoľahlivosť sústavy  $M_k$  vyjadrená ako vlastnosť kvantifikovanej pravdepodobnosti, že v časovom intervale  $\langle 0; t \rangle$  nedôjde za daných podmienok pracovného režimu  $\{P(t)\}$  k poruche sústavy  $M_k$ . Spoľahlivosť je možné kvantifikovať v širokej škále, napríklad:



Z pohľadu výskytu poruchy, každý prvok sústavy môže byť v čase  $t$ :

- alebo v stave prevádzky, t.j. v stave bezporuchovom (1)

- alebo v stave poruchovom (0)

Je zřejmé, že stavy označené (1) a (0) tvoria dva navzájom sa vylučujúce stavy, teda prvok sústavy  $M_k$  sa v čase  $t$  môže nachádzať v jednom z dvoch stavov:

$X_{i1}(t)$  -  $i$ -tý prvok sústavy  $M_{k\phi}$  je v čase  $t, t > 0$  v správnej prevádzkyschopnej funkcii



$X_{i0}(t)$  - i-tý prvok sústavy  $M_{k\phi}$  je v čase  $t$ , kde  $t > 0$  v poruche.

Analogicky je možné aj pre celú sústavu  $M_k$  písať:

$M_{k\phi 1}(t)$  - sústava je v čase  $t$ , kde  $t > 0$  neporušená,  **$M_k$  je prevádzkyschopná**

$M_{k\phi 0}(t)$  - sústava je v čase  $t$ , kde  $t > 0$  porušená,  **$M_k$  je v poruche.**

Spoľahlivosť sústavy  $M_k$  so štruktúrou  $\phi$  je teda funkciou

$$R_{M_k\phi}(t) = P(T_p \geq t), \text{ kde} \quad (21)$$

$$0 < t < \infty \quad 0 \leq R_{M_k\phi}(t) \leq 1$$

### Sústava $M_{k\phi s}$ – sériová sústava

O sústave  $M_{k\phi s}$  platí, že vykonáva správnu funkciu vtedy a len vtedy, ak sú neporušené všetky jej prvky  $E_i$ . Z hľadiska teórie pravdepodobnosti ide o prienik stavov  $X_{i1}(t)$

$$X_{11}(t) \cap X_{21}(t) \cap \dots \cap X_{i1}(t) \cap \dots \cap X_{k1}(t)$$

kde  $k > 1$

$$R_{M_{k\phi s}}(t) = P\left\{\bigcap_{i=1}^k X_{i1}(t)\right\} = R_1(t) \cdot R_2(t) \cdot \dots \cdot R_k(t) = \prod_{i=1}^k R_i(t) \quad (22)$$

### Sústava $M_{k\phi p}$ - paralelná sústava

O sústave  $M_{k\phi p}$  platí, že je schopná vykonávať svoju funkciu, ak aspoň jeden z prvkov  $E_i$  je schopný správnej funkcie. Poruchový stav sústavy  $M_{k\phi p}$  bude teda daný logickým súčynom stavov  $X_{i0}(t)$ .

$$X_{10}(t) \cap X_{20}(t) \cap \dots \cap X_{i0}(t) \cap \dots \cap X_{k0}(t) = 0$$

Ak pre poruchovosť i-teho prvku platí  $F_i(t) = 1 - R_i(t)$ , potom pre nespoľahlivosť sústavy  $M_{k\phi p}$  bude platiť

$$F_{M_{k\phi p}}(t) = \prod_{i=1}^k (1 - R_i(t)) \quad (23)$$

Doplnok funkcie  $M_{M_{k\phi p}}(t)$  do jednej je hľadaná funkcia bezporuchovosti sústavy  $M_{k\phi p}$ .



$$R_{Mk\phi p}(t) = 1 - F_{Mk\phi p}(t) = 1 - \prod_{i=1}^k (1 - R_i(t)) \quad (24)$$

Pre sústavu zloženú z dvoch prvkov, ktoré majú funkcie spoľahlivosti  $R_1(t)$  a  $R_2(t)$  platí:

$$\begin{aligned} F_{M2kp}(t) &= F_1(t) \cdot F_2(t) = (1 - R_1(t)) \cdot (1 - R_2(t)) = 1 - R_1(t) - R_2(t) + R_1(t) \cdot R_2(t) \\ R_{M2\phi p}(t) &= 1 - F_{M2\phi p}(t) = R_1(t) + R_2(t) - R_1(t) \cdot R_2(t) \end{aligned} \quad (25)$$

Je potrebné si uvedomiť, že uvedený postup umožní získať informácie len o tom, s akou pravdepodobnosťou môže dôjsť k poruche, ale neumožní získať predstavu o tvare a prvkoch reťazcov udalostí vedúcich tak k tejto poruche, ako aj reťazcov udalostí, ktoré výskyt tejto poruchy môže „naštartovať“. Na tento účel je možné použiť napríklad metódy FMEA, FMECA, What if?, ETA a pod.

Je zaujímavý fakt, že väčšina metód analýzy a posudzovania rizík používa skôr verbálny, než matematický spôsob definovania, resp. stanovovania pravdepodobnosti. V praxi je možné sa stretnúť so štyrmi, najčastejšie používanými škálami kvantifikácie pravdepodobnosti vzniku určitého javu.

Prvý z nich predstavuje nasledovná škála pravdepodobností.

	Nastanie určitého javu je:	PRAVDEPODOBNOSŤ
1.	isté	$P(A)$ sa blíži k 1
2.	prakticky isté	$0,95 < P(A) < 1$
3.	pravdepodobné	$0,55 < P(A) < 0,94$
4.	možné	$0,45 < P(A) < 0,54$
5.	málo pravdepodobné	$0,05 < P(A) < 0,44$
6.	možné, ale nepravdepodobné	$0,00 < P(A) < 0,04$
7.	prakticky nemožné	$P(A)$ sa blíži k 0



Druhý predstavuje nasledovná škála pravdepodobností.

	Výskyt určitého javu je:	PRAVDEPODOBNOŠŤ
1.	často sa opakujúci, permanentne očakávaný	$P(A)$ sa blíži k 1
2.	pravdepodobný, očakávaný niekoľko ráz počas životnosti	$0,55 < P(A) < 0,95$
3.	pravdepodobný, môže sa občas objaviť počas životnosti	$0,46 < P(A) < 0,54$
4.	zriedkavý, môže sa objaviť počas životnosti	$0,05 < P(A) < 0,45$
5.	možný, ale nepravdepodobný	$P(A)$ sa blíži k 0

Tretí spôsob, veľmi často používaný pri analýze rizík v poisťovníctve vychádza z definície rizika, ako miery ohrozenia definovanej prienikom pravdepodobnosti  $P$ , s ktorou môže vzniknúť neželaná, neplánovaná udalosť a veľkosťou a „vážnosťou“ negatívnych dopadov  $D$ , ktoré môže spôsobiť.

$$R = P \times D \quad (26)$$

Tento spôsob však nie je zameraný len na stanovenie „absolútnej“ hodnoty rizika, ale aj na stanovenie „rankingu“, teda na zoradenie rizík podľa ich významnosti. Pre tento účel sa používa upravený vzťah v podobe

$$RR = F \times (MPL + P), \quad (27)$$

kde:

**RR – Risk Rating** predstavuje hodnotu umožňujúcu zaradiť, resp. umiestniť riziko v rebríčku rizík analyzovaných v posudzovanom systéme;

**F - frekvencia** predstavuje hodnotu očakávanej frekvencie, s akou sa uvažovaná neželaná udalosť môže vyskytovať, resp. vyskytnúť v posudzovanom systéme počas vopred stanoveného časového úseku, napríklad doba poistenia, doba životnosti systému, doba medzi dvomi opravami a pod. Napríklad ak je dobou hodnotenia systému 1 rok a predpoklad výskytu uvažovanej neželanej udalosti v súvislosti s režimom práce a prostredím, v ktorom systém bude pracovať nech je vyjadrený hodnotou jeden raz za 5 rokov, potom hodnota  $F = 0,2$ .



**MPL – Maximum Potential Loss**, niekedy aj **PML – Probably Maximum Loss** predstavuje bodovú hodnotu zo škály 1 – 50 bodov, pomocou ktorých je „ocenená“ predpokladaná najvyššia strata, resp. škoda, ktorá by v spojitosti s prevádzkou daného systému mohla v súvislosti s uvažovanou udalosťou vzniknúť;

**P - pravdepodobnosť** predstavuje bodovú hodnotu zo škály 1 – 50 bodov, pomocou ktorých je „ocenená“ predpokladaná pravdepodobnosť, s akou by uvažovaná najvyššia strata, resp. škoda mohla v kontexte s uvažovanou udalosťou vzniknúť.

Pre stanovenie bodovej hodnoty PML, (MPL) je často používaná nasledovná bodová škála.

Počet bodov	Typ dopadu na zdravie človeka
50	usmrtenie viacerých osôb
45	usmrtenie jednej osoby
40	úplná strata pracovnej schopnosti
35	strata oka
30	strata časti dolnej končatiny
25	strata časti hornej končatiny
20	poškodenie sluchu
15	zlomenina
10	hlboké rany
5	pomliaždeniny
1	odreniny

Podobne je možné vytvoriť aj bodovú škálu pre „bodové ocenenie“ vecných, resp. environmentálnych dopadov.

Pre stanovenie bodovej hodnoty P môže byť napríklad využitá nasledovná bodová škála.



Počet bodov resp. MPL	Očakávaná pravdepodobnosť výskytu uvažovaného PML,
50	takmer okamžite
45	v priebehu 1 hodiny
40	v priebehu 1 zmeny
35	v priebehu 1 týždňa
30	v priebehu 1 mesiaca
25	v priebehu 1 štvrt'roka
20	v priebehu 1 roka
15	v priebehu 4 rokov
10	v priebehu využívania systému <sup>+</sup>
5	v priebehu životnosti systému <sup>++</sup>
1	výskyt sa vôbec neočakáva

+ ak je väčšia ako 4 roky

++ ak je väčšia ako doba predpokladaného využívania systému

V oboch prípadoch ide o orientačné hodnoty, ktoré môžu byť interpolačne upravované.

Vzťah (27) je možné použiť vtedy, keď hodnotenie rizika a stanovenie hodnoty RR je vykonané cez prizmu maximálnych očakávaných negatívnych dopadov a strát. Ak platformou tohto procesu bude pravdepodobnosť, potom tento vzťah môže byť použitý v podobe

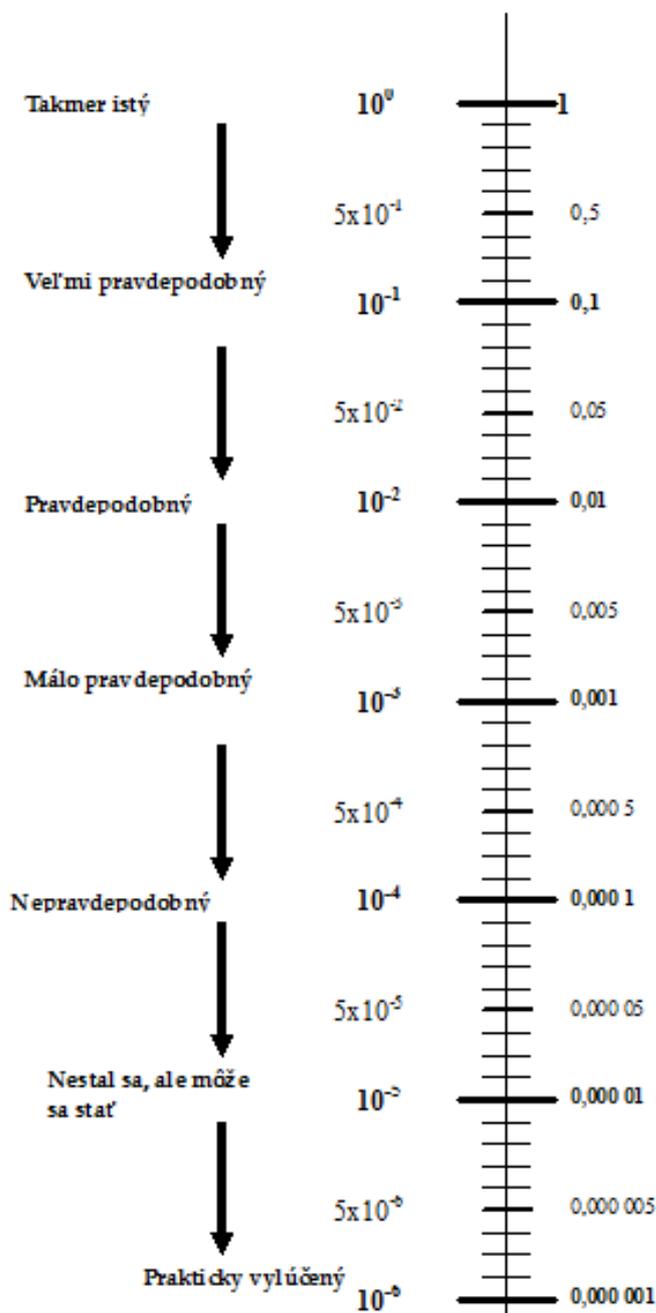
$$RR = F \times (L + P_{max}), \quad (28)$$

kde:

**L – loss/strata** predstavuje bodovú hodnotu zo škály 1 – 50 bodov, pomocou ktorých je „ocenená“ hodnota predpokladaného najpravdepodobnejšieho dopadu, resp. straty;

**P<sub>max</sub>** predstavuje bodovú hodnotu zo škály 1 – 50 bodov, pomocou ktorých je „ocenená“ predpokladaná pravdepodobnosť vzniku najočakávanejšieho dopadu, resp. straty, ako neželaného výstupu uvažovanej udalosti.

Štvrtý spôsob reprezentuje škála, vid' obrázok 19.



Obr. 19 Škála pravdepodobnosti  
Fig. 19 The range of probability



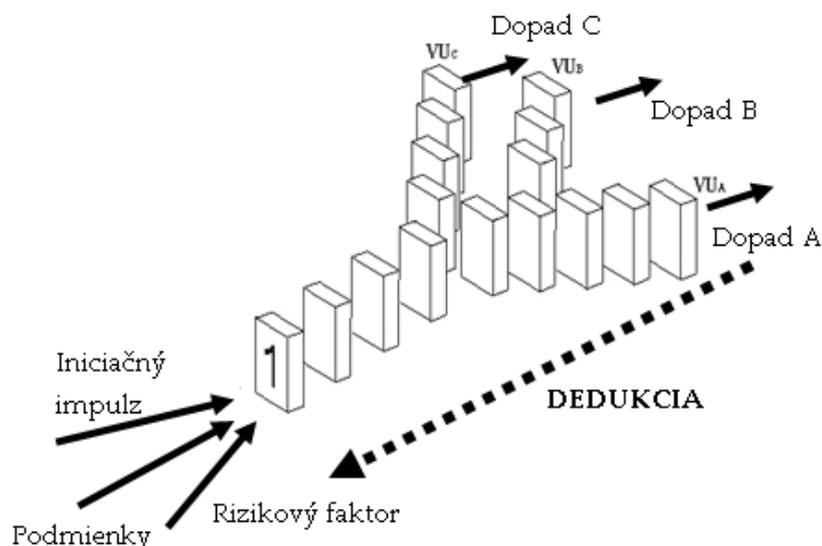
## 5. TVORBA REŤAZCOV UDALOSTÍ

Je zrejmé, že každý reťazec udalostí musí obsahovať tak udalosti, resp. elementy, ktoré jeho vznik priamo iniciovali a generovali, ako aj udalosti, ktoré stáli na jeho úplnom konci, teda udalosti, ktorými sa daný reťazec udalostí skončil. Tento fakt nám umožňuje skúmať a v podstate aj tvoriť a modelovať akýkoľvek reťazec udalostí pomocou dvoch základných princípov, princípu dedukcie a princípu indukcie.

### PRINCÍP DEDUKCIE

Slovník cudzích slov pod pojmom dedukcia uvádza: „**Typ úsudku a metóda skúmania, keď sa z prijatých výrokov dospieva k novému tvrdeniu, záveru, dôsledku; postup od všeobecného k jednotlivému – opak indukcie**“.

Princíp dedukcie snáď najlepšie vystihuje štýl detektívok – stal sa neželaný, negatívny čin a je potrebné odhaliť páchatel'a a motív jeho činu. Prenesené do teórie analýzy a hodnotenia rizík – existuje neželaná udalosť a je potrebné odhaliť čo ju zapríčinilo a prečo, resp. následkom čoho táto udalosť vznikla. Aplikácia tohto prístupu začína definovaním všetkých reálne možných negatívnych dopadov, ktoré sú vo väzbe na posudzovaný objekt, resp. proces a všetko, čo s nimi súvisí neakceptovateľné. Na základe určitých logických postupov je následne možné odhaliť všetky reálne možné udalosti, ich väzby a následnosť od negatívneho dopadu až po prvotné udalosti, ktoré to všetko iniciovali a spôsobili.



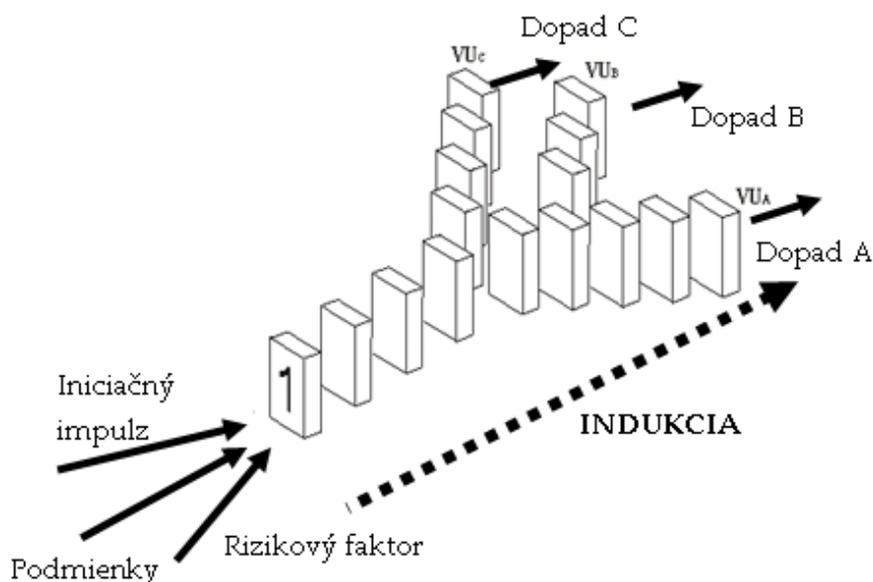
Obr. 20 Princíp dedukcie  
Fig. 20 The principle of deduction

Deduktívny prístup teda prioritne vychádza z konkrétnych negatívnych dopadov a až následne sa sústreďuje na identifikáciu príčin ich vzniku. Jeho pozitívom je fakt, že konkrétny úraz alebo haváriu neberie len ako možný „produkt“, resp. sekundárny výstup napr. poruchy prvku alebo neprimeraného konania človeka, ale naopak, prioritne ich stavia na úroveň neželaného východiskového stavu a následnou analýzou sa snaží určiť prečo, kedy, za akých podmienok a v dôsledku čoho mohlo, resp. môže k týmto stavom dôjsť. Druhým výrazným pozitívom deduktívneho prístupu je fakt, že môže byť použitý nielen ako „nástroj vyšetrovania a zisťovania“ príčin vzniku skutočnej konkrétnej udalosti alebo konkrétneho následku, teda javu, ktorý sa už stal, ale aj ako nástroj „zisťovania“ príčin vzniku „fiktívneho javu“, teda konkrétnej udalosti alebo konkrétneho následku, ktorý sa ešte nestal, ale ktorý ani nechceme, aby sa v súvislosti s posudzovaným objektom, resp. procesom objavil.

Hlavnou predstaviteľkou metód modelovania reťazcov udalostí deduktívnym spôsobom je metóda **FTA**.

## PRINCÍP INDUKCIE

Slovník cudzích slov pod pojmom **indukcia** uvádza: „**typ úsudku a metóda skúmania, keď sa z jedinečných výrokov usudzuje na všeobecný záver; postup od zvláštneho ku všeobecnému; od prvku ku globálu – opak dedukcie**“.



Obr. 21 Princíp indukcie  
Fig. 21 The principle of induction

Aplikácia tohto prístupu začína identifikáciou všetkých možných udalostí a elementov reálne sa vyskytujúcich v posudzovanom systéme, interakcia ktorých by za určitých podmienok mohla „naštartovať“ proces odvíjania sa reťazca, resp. reťazcov udalostí. Následnou aplikáciou logických postupov je možné dospieť k predstave, aké reťazce logicky po sebe nasledujúcich nekontrolovaných a neriadených udalostí môžu z tej ktorej interakcie vzniknúť, akou udalosťou a s akými reálne možnými negatívnymi dopadmi môže ten ktorý reťazec skončiť.

Induktívny prístup prioritne vychádza z tých udalostí a elementov posudzovaného objektu, resp. procesu, interakcia ktorých je za určitých podmienok schopná generovať vznik reťazcov logicky po sebe nasledujúcich nekontrolovaných a neriadených udalostí. Možné negatívne dopady rezultujúce z toho ktorého reťazca udalostí vlastne predstavujú len určitú „škálu výstupov“ tejto interakcie. Pozitívom induktívneho



prístupu je jeho výrazná orientácia na identifikáciu všetkých reálnych rizikových udalostí a elementov, interakcia ktorých by mohla v končnom dôsledku generovať úraz, resp. haváriu.

Hlavnými predstaviteľkami metód modelovania reťazcov udalostí indukčným spôsobom sú metódy **What if?**, **ETA** a **FMEA**, resp. **FMECA**.

Pri implementácii deduktívneho, alebo indukčného princípu identifikácie reťazcov udalostí sa vo všeobecnosti aplikujú dva základné prístupy – kvalitatívny a kvantitatívny.

## **KVALITATÍVNY PRÍSTUP**

Jeho hlavným poslaním je identifikácia reťazcov udalostí, na konci ktorých sa daný dopad objavil, resp. môže objaviť, teda identifikácia udalostí a ich reťazcov, ktoré daný dopad môžu generovať.

## **KVANTITATÍVNY PRÍSTUP**

Jeho hlavným poslaním je kvantifikácia rizika prostredníctvom kvantifikácie pravdepodobnosti, s akou môže ten ktorý negatívny dopad nastať a kvantifikácie rozsahu a vážnosti tohto dopadu.

Proces kombinácie deduktívneho, resp. indukčného princípu a kvantitatívneho a kvalitatívneho prístupu identifikácie reťazcov udalostí by mal smerovať k dosiahnutiu nasledovných výstupov.



## PRINCÍP DEDUKCIE - VÝSTUPY

### kvalitatívny výstup

výstupom kvalitatívneho prístupu musí byť identifikácia:

- tvaru reťazca(ov) udalostí, schopných „vygenerovať“ vopred stanovený, skúmaný negatívny dopad;
- jednotlivých článkov, resp. elementov, z ktorých sa ten ktorý reťazec udalostí skladá, resp. môže skladať;
- radenia, resp. následnosti jednotlivých článkov v reťazci udalostí;

### kvantitatívny výstup

výstupom kvantitatívneho prístupu musí byť identifikácia pravdepodobnosti, s akou ten ktorý reťazec udalostí môže aj reálne nastať.

## PRINCÍP INDUKCIE - VÝSTUPY

### kvalitatívny výstup

výstupom kvalitatívneho prístupu musí byť identifikácia:

- tvaru reťazca(ov) udalostí;
- jednotlivých článkov, resp. elementov, z ktorých sa ten ktorý reťazec udalostí skladá, resp. môže skladať;
- radenia, resp. následnosti jednotlivých článkov v reťazci udalostí;

### kvantitatívny výstup

výstupom kvantitatívneho prístupu musí byť identifikácia:

- pravdepodobnosti, s akou ten ktorý reťazec udalostí môže aj reálne nastať;
- negatívnych dopadov, ktoré sa na jeho konci môžu reálne objaviť.



## 6. DISKUSIA

Je zrejmé, že najmä problematika tvorby a modelovania reťazcov udalostí by si zasluhovala omnoho viac pozornosti. Sú dva hlavné dôvody, prečo v tomto príspevku to nie je v plnej miere realizované. Prvým dôvodom je rozsah príspevku. Druhým dôvodom je, že autorom článku už v praxi realizované analýzy a v nich vytvorené reťazce udalostí sú vlastne nepublikovateľné, pretože sú duševným vlastníctvom tej ktorej organizácie. Fragменты z nich, popisujúce a vysvetľujúce procesný postup tvorby reťazcov udalostí, preto budú v prísne anonymnej forme prezentované v pléne.

## 7. ZÁVER

Riziko sa v našich životoch v rôznych súvislostiach objavuje a aj sa bude objavovať, pretože neexistuje žiadny systém, o ktorom by sa dalo povedať, že je bezpečný na 100%. S rizikom je jednoducho treba rátať. Rátať s ním však neznamená ho len pasívne prijímať. Rátať s ním znamená hľadať spôsoby jeho eliminácie, alebo aspoň znižovania a následne hľadať spôsoby bezpečnej koexistencie so zostávajúcim rizikom. Možno skvalitneniu procesu „rátania s rizikom“ pomôže nezabudnúť na racionálne jadro niekoľkých z Murphyho zákonov:

**AK SA NARAZ MÔŽE POKAZIŤ NIEKOĽKO VECÍ, JE ISTÉ, ŽE SA POKAZÍ  
TÁ, KTORÁ SPÔSOBÍ NAJVIAC ŠKODY**

**AK CHCEŠ NIEČO RIADIŤ, JE VEĽKOU VÝHODOU, AK O TOM ČO RIADIŠ  
NIEČO AJ VIEŠ**

**PRAVDEPODOBNOŠŤ, ŽE CHLIEB SPADNE LEKVÁROVOU STRANOU NA  
KOBEREC JE PRIAMO ÚMERNÁ CENE KOBERCA**



**VŽDY, KEĎ UŽ POZNÁŠ ODPOVEDE NA VŠETKY OTÁZKY, VYMENIA  
OTÁZKY**

**KLADIVO PADAJÚCE Z LEŠENIA VŽDY PADÁ TAK, ABY NAROBILO ČO  
MOŽNO NAJVIAC ŠKODY**

## **Adresa autora**

Prof. Ing. Ján Zelený, CSc.

Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici,

Katedra životného prostredia,

Fakulta prírodných vied,

Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica,

e-mail: [jan.zeleny@umb.sk](mailto:jan.zeleny@umb.sk)



Sponzori konferencie



Innovationen für Ihre Sicherheit!



Program celoživotného vzdelávania

