



Univerzita Tomáše Bati  
Fakulta aplikované informatiky

**Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava**  
Fakulta bezpečnostního inženýrství

**Žilinská univerzita v Žilině**  
Fakulta bezpečnostného inžinierstva

**Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně**  
Fakulta aplikované informatiky

ve spolupráci se

**Sdružením požárního a bezpečnostního inženýrství, z.s.**



Sborník přednášek

# MLADÁ VĚDA 2016

XIII. ročníku mezinárodní konference mladých vědeckých pracovníků a doktorandů



21. - 22. září 2016

Ostrava



 Univerzita Tomáše Bati  
Fakulta aplikované informatiky

**Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava**  
Fakulta bezpečnostního inženýrství

**Žilinská univerzita v Žilíně**  
Fakulta bezpečnostného inžinierstva

**Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně**  
Fakulta aplikované informatiky

ve spolupráci se

**Sdružením požárního a bezpečnostního inženýrství, z.s.**



Sborník přednášek

# MLADÁ VĚDA 2016

XIII. ročníku mezinárodní konference mladých vědeckých pracovníků a doktorandů

21. – 22. září 2016

Ostrava

## **MLADÁ VĚDA 2016**

Sborník přednášek XIII. ročníku mezinárodní konference mladých vědeckých pracovníků a doktorandů

Editor: doc. Ing. David Řehák, Ph.D.

© Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, z.s.

17. listopadu 2172/15, 708 00 Ostrava – Poruba

Nebyla provedena jazyková korektura

Za věcnou správnost jednotlivých příspěvků odpovídají autoři

**ISBN 978-80-7385-177-4**

## **Konference se koná pod záštitou**

prof. Ing. Pavla Poledňáka, PhD.

děkana Fakulty bezpečnostního inženýrství VŠB – Technické univerzity Ostrava

### ODBORNÝ GARANT KONFERENCE:

David ŘEHÁK VŠB – Technická univerzita Ostrava

### VĚDECKÝ VÝBOR KONFERENCE:

Pavel POLEDŇÁK VŠB – Technická univerzita Ostrava

Karla BARČOVÁ VŠB – Technická univerzita Ostrava

Aleš BERNATÍK VŠB – Technická univerzita Ostrava

David ŘEHÁK VŠB – Technická univerzita Ostrava

Petr KUČERA VŠB – Technická univerzita Ostrava

Milan ADÁMEK Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Luděk LUKÁŠ Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Martin HROMADA Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Vladimír MÓZER Žilinská univerzita v Žiline

Eva SVENTEKOVÁ Žilinská univerzita v Žiline

Zdeněk DVOŘÁK Žilinská univerzita v Žiline

### ORGANIZAČNÍ VÝBOR KONFERENCE:

Lenka ČERNÁ Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, z.s.

Zuzana BYSTRĚČANOVÁ Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, z.s.

Petr NOVOTNÝ VŠB – Technická univerzita Ostrava, Česká republika

# Obsah

*Pozn. Konferencie Mladá veda 2016 byla vedena jako jedna z odborných sekcí konference Požární ochrana 2016. Z tohoto důvodu je v obsahu uvedeno nestandardní číslování stránek jednotlivých příspěvků.*

<b>Testy akutní a semichronické toxicity hasební vody</b> Dušan Bábíček	<b>1</b>
<b>Limitné parametre vyslobodzovacích prostriedkov pri dopravných nehodách</b> Michal Ballay	<b>5</b>
<b>Interakce IR záření s vodní mlhou</b> Dalibor Balner, Michal Dostál	<b>9</b>
<b>Návrh bezpečnostných riešení pre objekty spadajúce do kategórie mäkkých cieľov</b> Lucia Ďuricová, Martin Hromada	<b>59</b>
<b>Identifikácia stakeholderov v resilient city v podmienkach Slovenskej republiky</b> Ján Havko, Jana Kováčová, Michal Titko, Veronika Mitašová, Tomáš Pavlenko	<b>107</b>
<b>Vývoj globálnych rizík a ich vplyv na podnikateľské prostredie Slovenskej republiky</b> Denisa Janasová	<b>140</b>
<b>Simulácia degradácie polystyrénu v skladbe strešného plášt'a namáhaného podľa normovej teplotnej krivky</b> Radovan Kostelník, Juraj Olbřímek	<b>177</b>
<b>Nasadenie povodňovej techniky pri mimoriadnych udalostiach v Žilinskom kraji</b> Bohuslavva Kozičová, Milan Dermek	<b>181</b>
<b>Meranie reakčnej sily prúdnice</b> Maroš Krajčír, Jana Müllerová	<b>186</b>
<b>Návrh záložného zdroja napájania inteligentnej domácnosti a elektrického zabezpečovacieho systému na báze Stirlingovho motora</b> Milan Kutaj, Martin Ďurovec	<b>211</b>
<b>Zvýšení hasební účinnosti nízkotlaké a středotlaké vodní mlhy PHZ a SHZ pomocí elektrického pole generovaného stejnosměrným napětím</b> Petr Lukáš, Koller Jan, Otto Dvořák, Pavel Hrzina	<b>232</b>
<b>Systém manažérstva bezpečnosti organizácie</b> Ján Mišík, Jozef Kubás, Ľubomír Bela	<b>257</b>

<b>Výcvik a vzdelávanie príslušníkov Ozbrojených síl Slovenskej republiky do operácií medzinárodného krízového manažmentu</b>	<b>259</b>
Veronika Mitašová	
<b>Požární bezpečnost osobních kolejových vozidel: Analýza evakuace osob z dvoupodlažní jednotky CityElefant</b>	<b>294</b>
Hana Najmanová, Petr Hejtmánek, Marek Bukáček	
<b>Přístupy k hodnocení kritických prvků území v závislosti na základních lidských potřebách</b>	<b>311</b>
Veronika Nešporová, Michaela Dopaterová, Simona Slivková, Petr Novotný, David Řehák	
<b>Návrh přístupu k určování regionálních subjektů a prvků kritické infrastruktury</b>	<b>324</b>
Petr Novotný	
<b>Vliv legislativních požadavků v oblasti BOZP pro malé a střední podniky</b>	<b>361</b>
Vladimíra Osadská	
<b>Specifikace faktorů ovlivňujících cenu informačního systému v rámci poskytování pojištění proti kybernetickému riziku</b>	<b>365</b>
Lukáš Pavlík	
<b>Požární zkouška hašení směrovaným proudem plynu z rozvodu SHZ</b>	<b>368</b>
Pavla Pechová, Bohumír Garlík	
<b>Objektivizace rozhodovacích problémů v krizovém manažmentu pomocí nástrojů operační analýzy</b>	<b>386</b>
Radka Prívarová	
<b>Testy fytoxicity – aplikace na fóliích na bázi grafenu (grafen oxidu)</b>	<b>404</b>
Petra Roupcová, Karel Klouda, Petr Lepík	
<b>Zhodnocení detekčních metodologií IDS ve Vztahu k ICS</b>	<b>466</b>
Jan Vávra, Martin Hromada	

# Testy akutní a semichronické toxicity hasební vody

## Tests Acute and Semichronic Toxicity of Extinguishing Fire Water

Ing. Dušan Bábíček

VŠB - TU Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství  
Lumírova 13, 700 30 Ostrava-Výškovice  
dusan.babicek.st@vsb.cz

### Abstrakt

Ekotoxikologie se zabývá působením chemických látek na životní prostředí. Jednou z příčin ohrožení životního prostředí může být požár nebo jeho následky způsobené likvidací požáru, kdy může vzniknout sekundární kontaminace vzniklými nebezpečnými látkami, které se mohou dále šířit požární vodou a dále zamořovat a znečišťovat prostředí. V hasebních vodách se často mohou nacházet toxické látky, které v lepším případě brzdí životní pochody a v horším případě organismy usmrcují. Příspěvek obsahuje hodnocení požární vody odebrané při požáru nádrže s ropou a porovnání s laboratorní (simulovanou) hasební vodou vytvořenou v laboratořích VŠB FBI.

### Klíčová slova

Ekotoxicita, pěnidlo, Sthamex, požár nádrže s ropou.

### Abstract

Ecotoxicology deals with the effects of chemicals on the environment. One of the causes of environmental threats in a fire or consequences caused by the liquidation of fire, which can cause secondary contamination arising hazardous substances that may further spread the fire with water and then infect and pollute the environment. The fire extinguishing water may often find toxic substances, which in the best case hampered life processes and at worst kill the organisms. The article contains evaluation of fire water collected during tank fire with crude oil and compared with laboratory (simulated) fire-fighting water created in laboratories VŠB FBI.

### Keywords

Ecotoxicity, foamer, Sthamex, fire tanks with crude oil.

### Úvod

Využívání hasební pěny při hašení požárů ropných produktů sebou nese riziko ohrožení životního prostředí požární vodou. Při hašení požáru se nelze vyhnout sekundárním škodám na majetku a životním prostředí. Poměr uchráněných hodnot k sekundárním škodám vyjadřuje ekonomickou efektivnost zásahu. Je třeba vždy pečlivě zvážit postup hasebních prací tak, aby míra ohrožení životního prostředí případně ekonomických ztrát byla přijatelná. Článek popisuje testování reálných vzorků z požáru ropné nádrže a laboratorně vytvořené hasební vody, blíží se reálné hasební vodě, za použití normovaných metod ekotoxicity, kterými jsou semichronický test toxicity na semenech hořčice a salátu. Laboratorní ekotoxické experimenty byly navíc doplněny testem zhášení bioluminiscence na mořské bakterii *Vibrio fischeri* na přístroji Luminometru. Tento test není součástí normy OECD, ale v zahraničí je velmi využíván.

### Požár ropné nádrže

Dne 31. 3. 2016 v 10:37 byl vyhlášen krajským operačním a informačním střediskem dále jen KOPIS Jmk požární poplach jednotkám požární ochrany Územního odboru Břeclav a Hodonín. Jednalo se o požár ropné nádrže v areálu Moravských naftových dolů dále jen MND a.s. v Prušánkách (Jihomoravský kraj). Při

příjezdu na místo viz obr. 1, bylo průzkumem zjištěno, že se jedná o požár venkovní nadzemní dvouplášťové nádrže směsi uhlovodíků s označením ropa 10 m<sup>3</sup> a potrubí u jednoplášťové nádrže s Gasolinem. Velitelem zásahu bylo nařízeno okamžité ochlazování nádrže s Gasolinem, která byla ohrožována plameny a sálavým teplem a hašení hořící nádrže za použití těžké pěny. Po intenzivním hašení těžkou pěnou se podařilo plameny zlikvidovat. Po celou dobu zásahu bylo prováděno neustálé ochlazování obou nádrží. Lokalizace byla nahlášena na KOPIS 11:24. Dle zprávy o zásahu bylo spotřebováno 470 litrů pěnidla Sthamex F-15 a 91 000 litrů vody. Na místě zasahovali hasiči ze čtyř jednotek.



Obr. 1 Situace po příjezdu prvních jednotek

### Odběr vzorku

Výchozím vzorkem pro měření a stanovování ekotoxikologických testů jsou vzorky odebrané přímo u zásahu. Po nahlášení lokalizace požáru byly nstržm. Ing. Dušanem Bábíčkem odebrány do skleněné uzavírací nádoby dva vzorky o objemu 2x1 litr. Ruční odběr probíhal za asistence technika chemické služby stanice Břeclav pprap. Jakuba Valucha dle metodik MV-GŘ HZS ČR - TÚPO. První místo odběru bylo stanoveno u hořící nádrže, v místě největší intenzity požáru viz obr. 2 a druhé na komunikaci, kde se vlivem sklonu okolního terénu zdržovala voda z požářiště, viz obr. 3.



Obr. 2 Odběr prvního vzorku



Obr. 3 Odběr druhého vzorku

### Experimentální část

#### Test emichronické toxicity *Sinapis alba* L. (hořčice bílá)

Jako první test, který zjišťuje a zkoumá toxicitu odebraného vzorku, je test semichronické toxicity na semenech. Podle OECD 208/1984 Terrestrial plants, growth test, metodický pokyn odboru odpadů MŽP ČR ke stanovení ekotoxicity odpadů, se nasadí semena hořčice bílé do vodného výluhu. Test semichronické toxicity na semenech hořčice bílé byl vyvinut především k testování kvality odpadních vod, které by se mohly používat na zavlažování v zemědělství. Zkoumá se vliv vody na vyklíčení semen a růst kořenů např. u hořčice bílé v raných stádiích vývoje. Semena se kultivují na podložkách, které jsou napuštěné roztokem a porovnávají se se semeny, které jsou nasazené na podložkách s ředicím roztokem. Samotný test je jednoduchý, finančně nenáročný oproti ekotoxickým testům např. na bakteriích, je však časově náročný, doba provedení trvá 72 hodin. Potřebné pomůcky jsou: filtrační papíry, Petriho misky, odměrné baňky, pipety, teploměr, milimetrové měřítko, pH metr a semena.

Jako 100 % koncentrát roztoku pro účely měření byl považován odebraný vzorek. Ředicí roztok byl namíchán dle ISO 7346 [3]. Vzhledem k neznámému složení vzorku byl zvolen orientační test s koncentrační řadou 100, 80, 40, 20, 0 %. Koncentrační řada byla dle potřeb upravována. Do přichystaných Petriho misek s filtračními papíry, dochází k odpipetování roztoku v daných koncentracích, vždy 2,5 ml. Pro měření byly použity vždy tři vzorky jedné koncentrace s 20 kusy semen, viz obr. 1, 4. Na závěr se Petriho misky uloží na neosvětlené místo, kde je konstantní teplota ( $20 \pm 1$ ) °C. Po 72 hodinách se provádí odečet růstu kořene. Zjištěné hodnoty jsou nejprve zprůměrovány, poté dosazeny do vzorce a následně vypočteny hodnoty inhibice kořene [%]. Výpočet inhibice růstu kořene je v měření délky kořene (elongace kořene) po ukončení testu podle výpočetního vztahu:

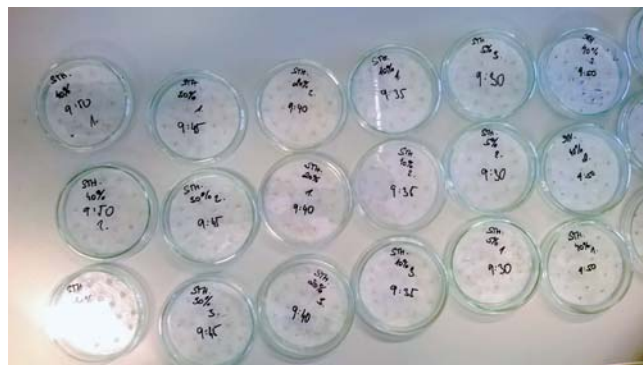
$$I_C = \frac{(L_c - L_v)}{L_c} \cdot 100$$

kde

$I_C$  inhibice růstu kořene [%],

$L_c$  aritmetický průměr délky kořene v kontrole [mm],

$L_v$  aritmetický průměr délky kořene v testovacím roztoku [mm] [1, 2].



Obr. 4 Vzorky dle koncentrační řady

Tab. 1 Souhrnné parametry prvního vzorku

	koncentrace 100 %	koncentrace 80 %	koncentrace 60 %
$I_\mu$ [%] =	17,50	16,77	7,78
	koncentrace 40 %	koncentrace 20 %	koncentrace 0 %
$I_\mu$ [%] =	1,76	0,00	0,00

Tab. 2 Souhrnné parametry druhého vzorku

	koncentrace 100 %	koncentrace 80 %	koncentrace 60 %
$I_\mu$ [%] =	85,88	82,43	74,41
	koncentrace 50 %	koncentrace 40 %	koncentrace 30 %
$I_\mu$ [%] =	60,81	44,00	41,72
	koncentrace 20 %	koncentrace 10 %	koncentrace 0 %
$I_\mu$ [%] =	17,97	25,87	0

Souhrnné parametry pro test semichronické toxicity na *Sinapis alba* L. u zkoumaných vzorků vyjadřuje tab. 1, 2. U prvního vzorku se nedostala inhibice nad 20 %. Druhý testovaný vzorek dosahoval hledané 50 % inhibice při koncentracích v rozmezí 40-50 %.

#### Laboratorně vytvořená simulovaná hasební voda

Simulovaná hasební voda byla vyrobena pomocí pěnidla STHAMEX a vody tekoucí z vodovodního řádu. Pro vytvoření 3 % pěnidla odměříme do kádinky 3 ml pěnidla (Sthamex) a doplníme do 100 ml "kohoutkovou" vodou. Takto vytvořený roztok je považován jako 100 % koncentrát.

Tab. 3 Souhrnné parametry vzorku Sthamex 100 %

	koncentrace 100 %	koncentrace 80 %	koncentrace 60 %
$I_\mu$ [%] =	0	0	0
	koncentrace 40 %	koncentrace 20 %	koncentrace 0 %
$I_\mu$ [%] =	0	0	0

Souhrnné parametry vyjadřuje tab. 3. Při testování 100 % koncentrátu nedošlo k vyklíčení semen.

Tab. 4 Souhrnné parametry vzorku Sthamex 3 % - první měření

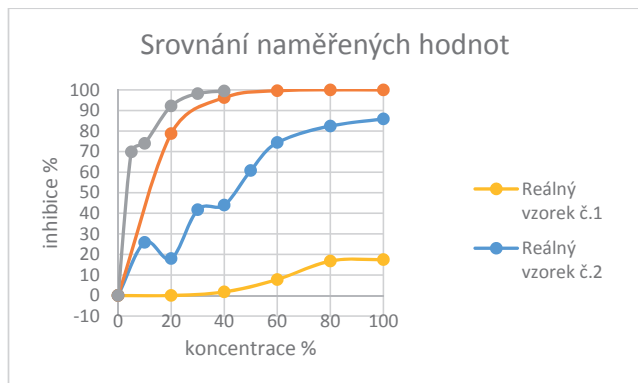
	koncentrace 100 %	koncentrace 80 %	koncentrace 60 %
$I_\mu$ [%] =	100	100	99,61
	koncentrace 40 %	koncentrace 20 %	koncentrace 0 %
$I_\mu$ [%] =	96,26	78,72	0



Tab. 5 Souhrnné parametry vzorku Sthamex 3 % - druhé měření

	koncentrace 40 %	koncentrace 30 %	koncentrace 20 %
$I\mu$ [%] =	99,47	98,15	92,18
	koncentrace 10 %	koncentrace 5 %	koncentrace 0 %
$I\mu$ [%] =	73,97	69,84	0

Souhrnné parametry pro test semichronické toxicity na *Sinapis alba* L. u zkoumaných vzorků vyjadřuje tab. 4, 5. U 3 % roztoku, který se využívá při hašení reálných požárů pomocí pěny, byly stanoveny koncentrační řady pro orientační test.



Graf vyjadřuje závislost procentuální koncentrace daného roztoku na stanovené inhibici. Z grafu je patrné, že reálné vzorky dosahují nižší inhibice, než vzorky laboratorně vytvořené. Jedním z možných faktorů je snížení koncentrace přimísením vody použité na ochlazování okolní nádrže.

#### Salát setý *Lactuca sativa* L

Testování vzorků na semenech salátu setého, vychází ze stejného postupu, jako při testování na semenech hořčice bílé viz výše.

Tab. 6 Souhrnné výsledky vzorku Sthamex 3 % vzorek č. 1

	koncentrace 40 %	koncentrace 30 %	koncentrace 20 %
$I\mu$ [%] =	100	100	100
	koncentrace 10 %	koncentrace 5 %	koncentrace 0 %
$I\mu$ [%] =	100	94,09	0

Tab. 7 Souhrnné výsledky vzorku Sthamex 3 % vzorek č. 2

	koncentrace 100 %	koncentrace 80 %
$I\mu$ [%] =	100	100
	koncentrace 60 %	koncentrace 0 %
$I\mu$ [%] =	99,05	0

Souhrnné parametry pro test semichronické toxicity na *Lactuca sativa* L vyjadřuje tab. 6, 7. Reakce semen salátu setého byla téměř nulová. Při koncentraci 5 % dosahovala hledaná inhibice 94,09 %.

#### *Vibrio Fisheri*

Tento test není součástí normy OECD, ale v zahraničí je velmi využíván a zcela tak nahrazuje ekotoxické testy např. na hořčičných semenech. Je totiž na rozdíl od normovaných testů podle OECD rychlý, snadný a objektivní (během 2-3 hodin jsme podle něj schopni stanovit ekotoxicitu).

#### Příprava vzorku laboratorní vody:

Pro vytvoření 3 % pěnidla odměříme do kádinky 3 ml pěnidla (Sthamex) a doplníme do 100 ml "kohoutkovou" vodou. PH vzorku musí být neutrální ( $7 \pm 0,2$ ), upravíme ho pomocí kyseliny

HCl (↓) nebo zásady NaOH (↑). Po úpravě je nutné přepočítat skutečnou koncentraci výchozího vzorku. Do inkubačního bloku si připravíme požadovanou koncentrační řadu A (dvojková metoda dle geometrické řady) dle testů [4].

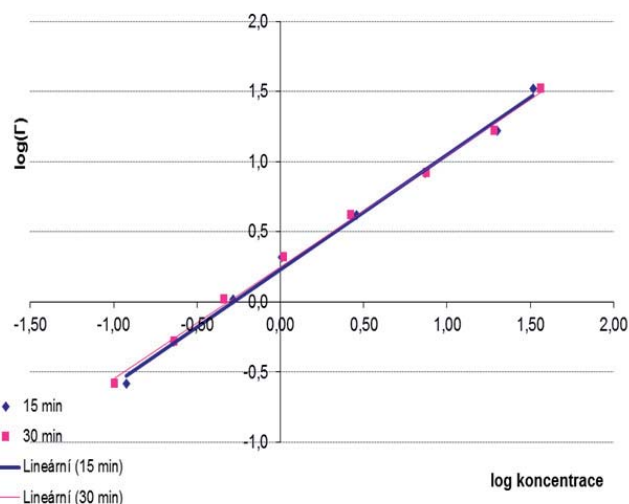
#### Příprava reálných vzorků:

V hasičské praxi se k hašení pěnou využívá pěnnotvorný roztok s 3 % přimísením pěnidla. Odebrané reálné vzorky jsou pro účely tohoto článku považovány za 100 % koncentráty. Následující tabulky vyjadřují hodnoty koncentrace hledané EC50 v 15 a 30 minutě měření.

#### Reálný vzorek

Tab. 8 Procentuální koncentrace ECx v čase

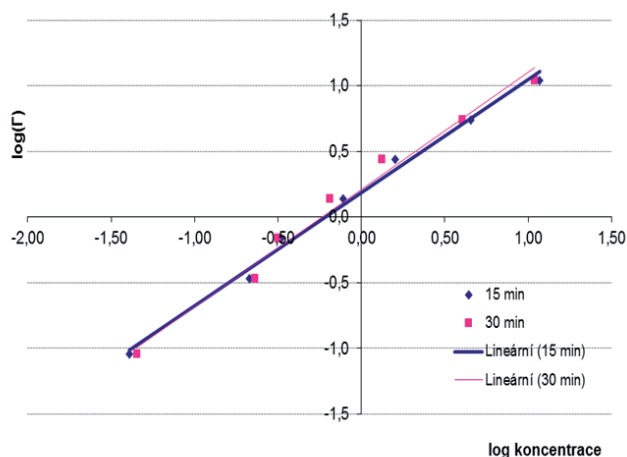
ECx	15 min	30 min
5	0,152937	0,16894
10	0,281932	0,30655
20	0,547554	0,58523
<b>50</b>	<b>1,703136</b>	<b>1,7677</b>
80	5,297509	5,33939
90	10,288555	10,1935
95	18,966461	18,4964



#### Reálný vzorek

Tab. 9 Procentuální koncentrace ECx v čase

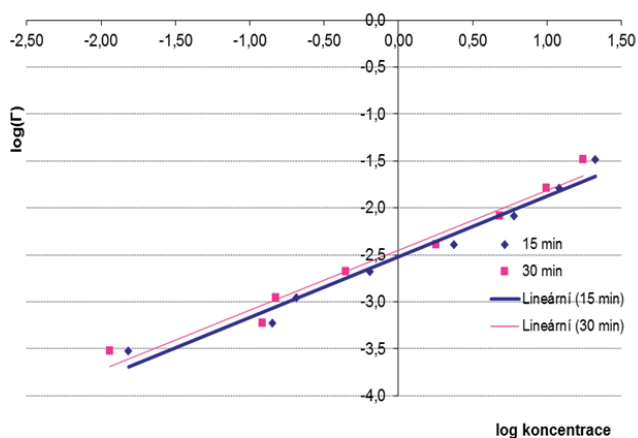
ECx	15 min	30 min
5	0,121651	0,11786
10	0,231541	0,22955
20	0,465560	0,47327
<b>50</b>	<b>1,536572</b>	<b>1,63033</b>
80	5,071422	5,61621
90	10,197126	11,5789
95	19,408474	22,5528



### Sthamex 3 %

Tab. 10 Procentuální koncentrace ECx v čase

ECx	15 min	30 min
5	0,000453	0,00054
10	0,000734	0,00088
20	0,001239	0,00147
<b>50</b>	<b>0,003034</b>	<b>0,00356</b>
80	0,007429	0,00863
90	0,012544	0,01448
95	0,020326	0,02333



Souhrnné parametry pro test *Vibrio fischeri* vyjadřuje tab. 8 - 10, kde výsledkem testu je závislost inhibice světelné aktivity bakterií na logaritmu koncentrace testovaného vzorku. Procentuální hodnota hledané koncentrace EC50 v 15 a 30 minutě je v tabulce vždy podbarvena.

### Závěr

Odebrané reálné vzorky byly podrobovány ekotoxikologickým testům. Jednalo se o předběžné a orientační testy. Z důvodů časové náročnosti měření a následné expirace vzorků nebylo možné výsledky dále upřesňovat. Pro srovnání byl vytvořen laboratorní roztok se stejným procentem přimísení pěnídla s vodou jako u zásahu. Odebrané reálné vzorky vykazovaly měřitelné hodnoty EC50. Nelze porovnávat reálný vzorek s laboratorním. U odběru reálných vzorků bylo vycházeno dle metodik pro odběr kapalných vzorků vypracovaná MV-GŘ HZS ČR - TÚPO [5, 6]. Koncentrace reálného vzorku nebude nikdy známá a nelze ji přesně stanovit.

Další část výzkumu bude zaměřena na zpřesnění výsledků s prováděním ověřovacích testů, které z důvodu expirace vzorků nebylo možné provést.

### Použitá literatura

- [1] ČSN EN 14735: Charakteristika odpadů - příprava vzorků odpadu pro testy ekotoxicity. Praha: Český normalizační institut, 2007, 44 s.
- [2] *Test na semenech hořčice bílé (Sinapis alba)*: Příloha č. 1 Metodického pokynu odboru odpadů MTP ČR ke stanovení ekotoxicity odpadů, březen 2003.
- [3] *Metodický pokyn, Laboratoř ekotoxikologie a LCA, Ústav chemie ochrany prostředí, VŠCHT v Praze, Test semichronické toxicity se semeny hořčice Sinapis alba L.*, p. 1-4.
- [4] PAVLOVSKÝ, J.: *Cvičení z ekotoxikologických testů*. Ostrava, 2015. Studijní opora. VŠB - TU Ostrava, FMFI.
- [5] METODIKA TÚPO č. 25 - 2012: *Vzorkování tékavých organických látek z ovzduší, hasební vody a půdy znečištěné požárem*; MV-GŘ HZS ČR - TÚPO, 2014, 22 s.
- [6] METODIKA TÚPO č. 18 - 08: *Cílený odběr reprezentativního vzorku na požářišti za účelem příčinné souvislosti se vznikem požáru*; MV-GŘ HZS ČR - TÚPO, 2014, 14 s.

# Limitné parametre vyslobodzovacích prostriedkov pri dopravných nehodách

## Limiting Parameters Rescue Equipment in Road Accidents

Ing. Michal Ballay

Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva  
Ul. 1.mája 32, 010 26 Žilina, Slovenská republika  
michal.ballay@fbi.uniza.sk

### Abstrakt

Článok je zameraný na hydraulické vyslobodzovacie zariadenia používané v HaZZ pri dopravných nehodách a obsahuje výsledky experimentu, ktorého cieľom bolo zistiť závislosť času prestrihnutia od druhu a rozmeru materiálov používaných v konštrukciách cestných vozidiel. Strihacie práce sa aplikovali na stĺpkoch typu A a B. Vzhľadom k tomu, že vedecko - technický rozvoj má vplyv na konštrukciu cestných vozidiel, experiment vychádza z možnosti prístupu k optimalizácii technických postupov pri vyslobodzovaní osôb pri dopravných nehodách.

### Kľúčové slová

Hydraulické vyslobodzovacie zariadenie, konštrukčné prvky automobilu, experiment.

### Abstract

The article is focused on hydraulic extrication equipment used in HaZZ in road accidents and contains the results of an experiment that aimed to determine the time dependence of cutouts on the type and size of materials used in road vehicles. Cutting work is applied to the pillars A and B. As the scientific - technical development has an effect on the design of road vehicles, an experiment based on the access opportunities to optimize technical methods of recovering persons in road accidents.

### Keywords

Hydraulic extrication equipment, structural components car experiment.

### Úvod

Osobné automobily sú navrhované pre zákazníkov, nie pre záchranárov. Spôsob, akým zmenili súčasné automobily svoju konštrukciu, dizajn a vybavenie, sa stávajú záchranné práce pri dopravných nehodách nebezpečnejšie a zložitejšie. Hasičské jednotky v súčasnosti čelia radom neznámych na mieste zásahu.

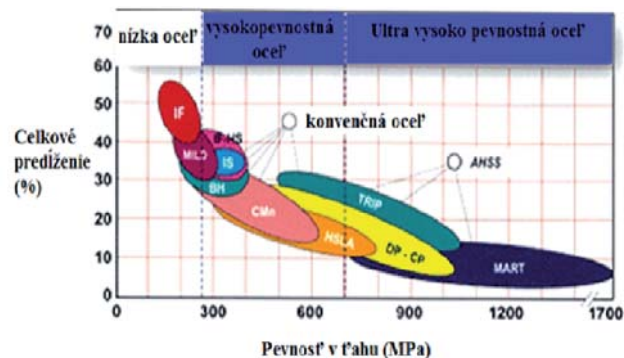
### Typy ocelí používané v automobilovom priemysle

V súčasnosti neexistujú jednotné podmienky kategorizácie nekonvenčných automobilových ocelí podľa ich vlastností. Obecne používané je delenie podľa metalurgických názvov - Dp, TRIP, IF a pod. (obr. 1). Viac sa používa rozdelenie podľa mechanických vlastností - tab. 1. [1, 2]

Tab. 1 Triedenie ocelí podľa pevnostných vlastností v ťahu [1]

Pevnostná trieda	Medza sklzu [MPa]	Medza pevnosti [MPa]
Ocele s nízkou pevnosťou	< 210	< 340
Vysokopevné ocele (HSS)	210 - 550	270 - 700
Progresívne vysokopevné ocele (AHSS)	> 550	590 - 980
Ultra vysokopevné ocele (UHSS)	> 550	> 980

Rozsahy z tab. 1 naznačujú zmeny v tvoriteľnosti pri prechode z jednej kategórie do druhej. Z údajov následne vyplýva, že zmeny vlastností sú spojené partiek celou škálou pevností ocele. Najviac mnoho typov ocele má širokú škálu stupňa pokrývajúcu dve či viac rozsahov pevnosti.



Obr. 1 Typy a základný ocelí používaných v automobilovom priemysle [2]

**Bežná uhlíková oceľ (Mild steel)** - konvenčné konštrukčná oceľ má pomerne jednoduchú feriticko mikroštruktúru, s nízkym obsahom uhlíka a minimálne legovanie takže je mäkká a tvarovateľná. Mild ocele majú relatívne nízku pevnosť, ale vynikajúcu tvárnosť. V minulosti bola veľmi používaná pri konštrukcii automobilu, ale v súčasnosti už sa používa pri výrobe pomocných dielov. [3]

**Nízko - pevnostná oceľ bez interstícií (IF steel)** - oceľ má veľmi nízky obsah uhlíka, ktorý sa dosiahol tým, že sa odstráni oxid uhoľnatý, vodík, dusík a ďalšie plyny. Táto oceľ má nižšie hodnoty medzi sklzu a naopak väčšiu hodnotu plasticity. [3]

**BH oceľ** - má základnú feritickú štruktúru. S ohľadom na používanie BH ocele je veľmi dôležitá povrchová úprava, vrátane lakovania. Diely karosérie vyrobené z BH ocele majú dovolené vyššiu maximálnu záťaž a sú odolné voči preliačeniu. Preto sa používajú na viditeľné časti karosérie automobilu, ako je napríklad kapota, dvere, strecha alebo a štruktúrované časti, ako je napríklad podvozok. [3]

**Vysoko - pevnostná mikrolegovaná oceľ (High - Strength Low - Alloy)** - Mikrolegované ocele sú spevňované kombináciou precipitácie a rafinácie veľkosťou zrna. Obsah legur sa pohybuje v rozmedziach 0,01 - 0,1 % a najčastejšie sú legované manganom. Z dôvodov dobrej ťažnosti sa používajú na tvarovo zložené súčasti a to predovšetkým na dynamicky namáhané súčasti podvozku automobilu. [3]

**Dvojfázové ocele (Dual Phase)** - sa skladajú z jemnozrnej feritickej matrice a tvrdej martenzitickej fáze. V rámci ich mechanických vlastností, sú dvojfázové ocele viac než vhodné k aplikácii v automobilovom priemysle. Vyznačujú sa výraznou medzou sklzu, vysokou medzou pevnosti, vysokým exponentom deformačného spevnenia pri zachovaní vysokej plasticity a tvarovateľnosti. Ďalej vďaka vysokej absorpčnej schopnosti a odolnosti voči únave materiálu sa dvojfázové ocele valcované za studena používajú na štruktúrovanej a bezpečnostnej časti karosérie ako sú výstuhy a nosníky. Dvojfázová oceľ valcovaná z tepla sa vyznačuje vysokou pevnosťou a používa sa na konštrukčných častiach karosérie. [3]

**Trip ocele (Transformation - Induced Plasticity)** - ocele s transformačnou indukovanou plasticitou ponúkajú vynikajúcu kombináciu pevnosti a ťažnosti ako výsledok ich makroštruktúry. Vynikajú vysokou hodnotou na medzi sklzu, veľkým deformačným spevnením a v neposlednej rade vysokou schopnosťou absorbovať energiu pri náraze vozidla. Podobne ako u dvojfázovej ocele sa TRIP oceľ používa na nosne a bezpečnostné prvky karosérie. [3]

**Martenzitická oceľ (Martensitic Steels)** - Makroštruktúra MS ocele je tvorená martenzitickou maticou s malým množstvom feritu alebo bainitu. Medza pevnosti v ťahu dosahuje hodnoty až 1700 MPa. Martenzitické ocele sú často vystavované temperovaním pre zvýšenie tvárnosti a preto môžu poskytovať odpovedajúcu tvarovateľnosť pri zachovaní vysokej pevnosti. [3]

### Experiment

Vzhľadom na to, že vedecko - technický rozvoj má vplyv na konštrukciu cestných a dráhových vozidiel, musí HaZz SR adekvátne reagovať na tieto skutočnosti. Cieľom experimentu bolo zistiť závislosť času prestrihnutia od druhu a rozmeru materiálov používaných v konštrukciách cestných vozidiel. Pre účely strihania sa použili hydraulické nožnice značky Holmatro. Vzorky určené na experiment boli stĺpiky typu A a B, pričom pochádzali z rôznych automobilov strednej triedy. Hlavným kritériom bol rok výroby vozidla a to z dôvodu poukázania na postupné zdokonaľovanie konštrukcií vozidiel.

**Skúšobná vzorka** stĺpika typu B automobilovej karosérie rozdeľuje karosériu automobilu na dve časti a spája strechu s telom automobilu. Je zložený z vnútorných a vonkajších panelov, medzi nimi je umiestnená výstuha. Zároveň sú v ňom umiestnené aj iné prvky aktívnej bezpečnosti (airbag, bezpečnostný pás). Tieto prvky by tvorili prekážku pri strihaní a museli byť odstránené. V prípade vzoriek stĺpika A boli odstránené kabeláž a izolačné peny. Strihanie sa vykonávalo iba na samotných uvedených častiach konštrukcie automobilov.

Pred začatím strihacích prác na príslušných vzorkách, sa vykonala podrobná analýza každej vzorky z pohľadu zloženia materiálov. Vzhľadom k tomu, že stĺpiky typu A sú tvorené z toho materiálu, ktorý má najväčší podiel v stĺpiku typu B, sú na obr. 2 znázornené typy ocele v príslušných vzorkách stĺpiku typu B. Farebné znázornenie ocele má priamy súvis s obr. 1.



Obr. 2 Podiel materiálu v stĺpiku typu B

Vzhľadom k tomu, že možnosti nedovoľovali pracovať s celým automobilom, vykonalo sa odrezanie stĺpikov typu A a B z príslušných automobilov a zhotovila sa konštrukcia na uchytenie vzoriek.



Obr. 3 Miesto realizácie experimentu

**Postup** vykonávania strihacích prác bol nasledovný. Vzorky stĺpikov typu A a B sa upevnili na konštrukciu. Následne odberne vyškolený pracovník pristúpil ku konštrukcii, pričom pred začatím strihania sa pozorovaním preskúmala časť stĺpika, ktorá podliehala strihaniu. Bolo to z toho dôvodu, aby nedošlo k poškodeniu hydraulických nožnic. Zachované bolo strihanie v hornej a dolnej časti stĺpikov typu A a B. Na obr. 3 je znázornený postup strihacích prác s hydraulickými vyslobodzovacími nožnicami Holmatro model NU 3035. Hydraulické nožnice sú určené na strihanie pri záchranných prácach pri nehodách napr. v automobilovej a koľajovej doprave, v priemyselných prevádzkach na staveniskách. Jedná sa o dvojčinné hydraulické nástroje, ktoré sú poháňané hydraulickým čerpadlom. Systém pracuje s minerálnym olejom a dovolený prevádzkový tlak je 72 MPa. Nástroje sú vybavené bezpečnostným ventilom zamedzujúcim nadmernému tlaku, ak je spätné odvádzanie oleja do čerpadla zablokované. [3]



Obr. 4 Postup vykonávania strihacích prác

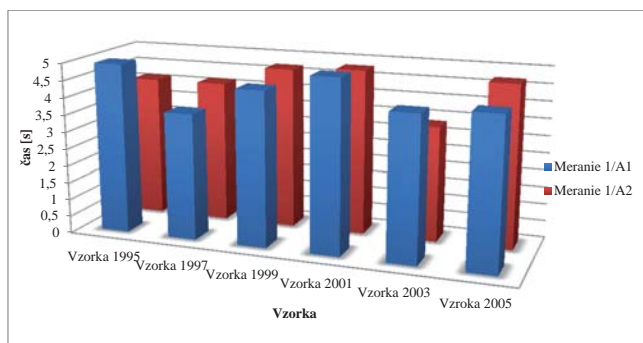


Obr. 5 Stĺpik typu A (vľavo, meranie č. 1/A) a stĺpik typu B (vpravo, meranie č. 2/B)

Pred začatím vykonávania samotného experimentu sa jednotlivé vzorky upevnili do zhotovenej konštrukcie. Na začiatku každého strihania boli hydraulické nožnice pri úplnom otvorení

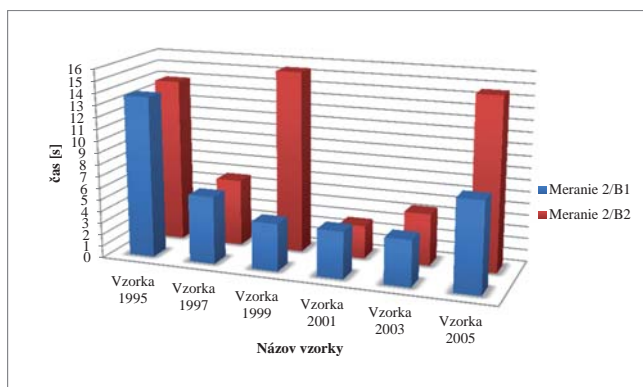
pevne priložené k strihanému stĺpiku kolmo na strihanú vzorku. Zaznamenal sa čas prvého momentu pri priložení hydraulického vyslobodzovacieho zariadenia až po úplné strihanie. Kľúčovým momentom a zároveň výsledkom nameraných sú hodnoty samotného strihania.

Pri strihaní stĺpikov typu A skúšobných vzoriek nevznikol žiadny problém. Vo všeobecnosti uvedený typ stĺpika nepredstavuje z konštrukčného hľadiska veľkú prekážku pre hydraulické nožnice. Materiál používaný v stĺpiku je rovnaký ako najväčší podiel použitého materiálu v stĺpiku typu B, ale s tým rozdielom, že samotná hrúbka materiálu je menšia. Pri vykonávaní strihacích prác sa to preukáže krátkym časom strihania.



Obr. 6 Celkový prehľad výsledkov merania 1/A

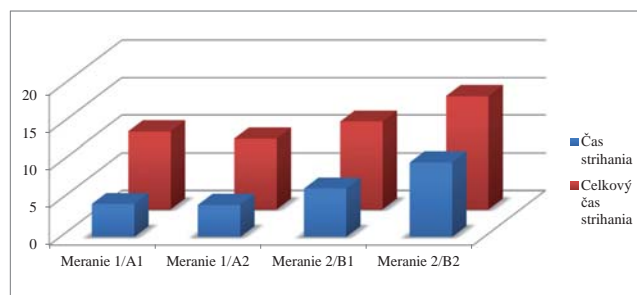
Pri strihaní stĺpikov typu B a vo výsledkoch merania č. 2/B je vidieť časový rozdiel strihania medzi jednotlivými vzorkami. Strihacie práce sa v tomto prípade vykonávali v spodných častiach stĺpiku typu B t.j. cca 15 cm od prahu vozidla. V týchto miestach sa už nachádzajú materiály, ktoré zvyšujú tuhosť karosérie pri bočných nárazoch. Zároveň sú doplnené rôznymi výstuhami štvorcového, kruhové, alebo tyčového profilu z ocele. Tieto časti sú vyrobené z progresívnej vysokopevnostnej ocele z medzou pevnosti 590 - 980, čo kladie vysoké nároky na kvalitu a výkon používaných vyslobodzovacích zariadení.



Obr. 7 Celkový prehľad výsledkov merania 2/B

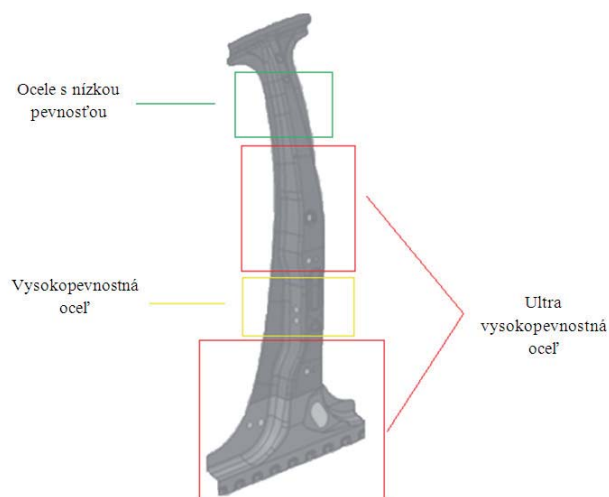
### Zhrnutie výsledkov experimentu

Na základe vykonaného experimentu, ktorý sme aplikovali na jednotlivé vzorky automobilov v rokoch 1995 - 2005, môžeme potvrdiť, že materiály používané v tých časoch nemajú vplyv na priebeh vykonávania záchranných prác. Materiály, ktoré sú používané v karosériách automobilu bez ohľadu na značku, **nemajú vplyv na kvalitu a výkon používania vyslobodzovacích zariadení.**



Obr. 8 Porovnanie priemerného celkového času strihania a času strihania

Vzorky stĺpika typu A boli duté a z pohľadu času, by nemali žiadny zásadný vplyv na priebeh zásohovej činnosti. Túto skutočnosť potvrdili dva vykonané strihy a to cca 10 cm od strechy a 10 cm od blatníkovej časti automobilu. Časy strihania sa v tomto prípade líšili +/- 2 sekundy. Väčší časový rozdiel, ktorý bol zaznamenaný bol v prípade stĺpiku typu B. Tým, že v automobilom priemysle sa na tento stĺpik kladú zvýšené nároky a to hlavne v prípade výberu materiálu. B stĺpiky bývajú vyrobené z výliskov o hrúbke až 2,8 mm aby zvýšili tuhosť karosérie pri bočnom náraze. Na obr. 9 sú znázornené miesta výskytu druhu ocele v rokoch 1995-2005. Ideálne miest strihania je znázornené zelenou farbou.



Obr. 9 Rozdelenie stĺpika typu B na oblasti vykonanie strihania z pohľadu času

Od roku 2010 došlo k niekoľkým zmenám v automobilovom priemysle a to z pohľadu bezpečnostných noriem. Urýchlilo sa začlenenie AHSS do vozidiel čo malo za následok posilnenie dôležitých konštrukčných prvkov automobilu a zároveň sa zaviedli sa tvrdšie a prísnejšie bezpečnostné normy. Z pohľadu HaZZ sa pri dopravných nehodách používa hydraulické vyslobodzovacie zariadenie model CU 3035, ktorý bol vyrobený v roku 2002 a v tom istom roku boli vykonané aj testy na jednotlivé časti konštrukcie vozidla. V rámci vzoriek, ktoré podliehali strihacím prácam, výsledok vzoriek vyrobených neskôr nás priviedol k hypotetickému konštatovaniu, že požiadavky na konštrukcie vozidiel súčasných platných bezpečnostných normách a predpisov, vo výsledku môžu znižovať účinnosť hydraulických vyslobodzovacích zariadení pri vykonávaní záchranných prác pri dopravných nehodách.

## Záver

Práve vysokopevnostná oceľ spomaľuje samotný zásah hasičských jednotiek. Predpokladám, že niektoré hydraulické vyslobodzovacie nástroje nebudú mať dostatočnú silu, aby prerazili niektorú z týchto materiálov. Bude potrebné zapojiť rôzne metódy a nástroje, aby sa zdolali tieto oblasti.

## Použitá literatúra

- [1] GIRMAN, V.; HRABČÁKOVÁ, V. 2012.: *Kovové materiály automobilových konštrukcií - II, Karoséria a karosárske plechy*. Materiálový inžinier. [2015-09-17]. Dostupné na: <http://www.materialing.com/>.
- [2] HU, X. 2015.: *Current Status of Advanced High Strenght Steel for Auto-making and its Development in Baosteel*. Baosteel research institute, Shanghai. [2015-03-22]. Dostupné na: <http://www.baosteel.com>.
- [3] Steel Market Developmpment Institute 2011.: *AHSS 101 The evolving use of advances high-strength steels for automotive applications*. Southfeld. 2011. [2015-03-22]. Dostupné na: <http://www.autosteel.org/~media/Files/Autosteel/Research/AHSS/AHSS%20101%20-%20The%20Evolving%20Use%20of%20Advanced%20High-Strength%20Steels%20for%20Automotive%20Applications%20-%20lr.pdf>.
- [4] HOLMATRO.: *Technical data sheet cutter cu 3035 NCT*. [2015-09-18]. Dostupné na: [http://www.bristol-fire.com/b/images/stories/products/safety\\_n\\_rescue/hydraulic\\_rescue\\_tools/holmatro/CUTTER/CU3035NCTII.pdf](http://www.bristol-fire.com/b/images/stories/products/safety_n_rescue/hydraulic_rescue_tools/holmatro/CUTTER/CU3035NCTII.pdf).

# Interakce IR záření s vodní mlhou

## The Interaction of Water Mist with Infrared Radiation

Ing. Dalibor Balner

Ing. Michal Dostál

VŠB - TU Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství

Lumírova 13, 700 30 Ostrava-Výškovice

dalibor.balner@vsb.cz, michal.dostal1@vsb.cz

### Abstrakt

Článek je věnován popisu základních vlastností vodních kapek, které mají vliv na hašení a interakci s IR zářením. Dále je v článku uveden princip vytváření vodní mlhy, popsána měřicí aparatura a její součásti, pro účely měření poklesu hustoty tepelného toku a snížení intenzity IR záření.

### Klíčová slova

Kapka, IR záření, vodní mlha, hustota tepelného toku.

### Abstract

The paper is dedicated to the description of basic properties of water droplets which affects extinguishing of the fire and the interaction with IR radiation. Furthermore the article stated principle of creating water mist, describe measuring apparatus and its components, for purposes of measuring the decrease of heat flux and reduce the intensity of IR radiation.

### Keywords

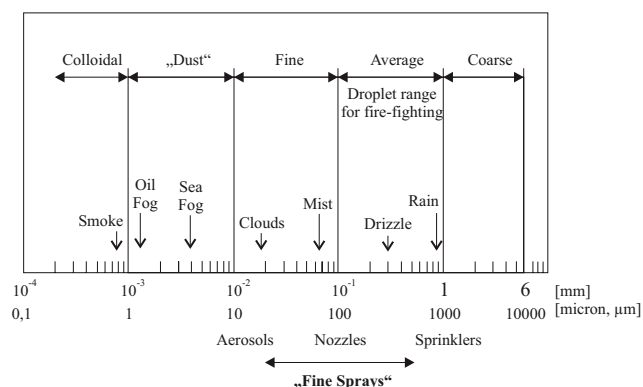
Droplet, IR radiation, Water Mist, Heat Flux.

### Vodní kapky a jejich velikost pro hašení

Kapky o velikosti v průměru **0,3 mm** jsou dostatečně malé, aby se snadno odpařily v horké vrstvě plynů (kouře), ale zároveň mají dostatečnou hmotnost, aby se dostaly do požadované vzdálenosti [4]. U kapek větších než **1 mm** je pravděpodobné, že proniknou určitou vzdáleností skrze horké plyny a plameny, aniž by se kompletně odpařily. [4] Kapky vody o průměru pod **0,2 mm** nejsou efektivní při hašení, protože nejsou schopny proniknout přes plameny. Jsou odneseny konvekci před tím, než mohou dosáhnout požadovaného ochlazovacího efektu. Vodní kapky nad **0,6 mm** jsou obecně příliš těžké a velké na to, aby se odpařily v pásmu hoření. Tyto kapky mohou pronikat přes hořící plyny na povrch zdí, stropů nebo horkých povrchů. [3]

Kapky o průměru **0,1 - 1 mm** jsou nejhodnější pro hašení [2, 3].

Moderní proudnice tvoří proud pomocí efektu tlakového tříštění a výsledkem je polydisperzní proud, skládající se z širokého spektra velikostí kapek [3]. Rozdělení velikostí kapek podle průměru je zobrazeno na obr. 1.



Obr. 1 Rozdělení velikosti kapek podle průměru [2]

### Interakce IR záření s vodními kapkami

Mlha rozptyluje a absorbuje záření, chování značně závisí na **velikosti kapek, hmotnostní koncentraci a geometrii mlhového mraku**. Autoři následujícího článku modelují [8]:

- spektrálně závislou emisi a absorpci záření v plynné fázi ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ) pomocí exponenciálního širokopásmového modelu,
- interakci záření-kapka (spektrální absorpci a rozptyl záření jednotlivou částicí) za použití Mieho rozptylové teorie,
- přenos tepla v mlze (spektrálně závislou absorpci a rozptyl) pomocí dvourozměrového (two-flux) modelu.

Mieho rozptylová formulace pro absorpci, rozptyl a extinkci/zánik (extinkce je součtem absorpce a celkového rozptylu) ukazuje funkční závislost na parametru velikosti (obvod kapky normalizovaný podle vlnové délky) a relativním komplexním indexu lomu (relative complex index of refraction).

Fázová funkce rozptylu na jednotlivé kapce odvozená z Mieho teorie se používá k výpočtu integrálu vnitřního rozptylu ve dvourozměrovém modelu. Dvourozměrový (two-flux) model bere v úvahu spektrální závislost rozptylu a vnitřního rozptylu (in-scattering), což je vylepšení oproti dříve používanému Lambert-Beerovu modelu, protože ten přesněji představuje složený/mnohonásobný rozptyl. **Tepelné záření pohlcované jednotlivými kapkami závisí jak na spektrálním složení a intenzitě dopadajícího záření, tak na absorpčních charakteristikách kapek. Výsledky modelování ukazují, že schopnost vodní mlhy blokovat průchod záření závisí na velikosti kapek, hmotnostní koncentraci a spektrálním složení samotného záření.** Útlum závisí na podmínkách podél trajektorie - hmotnostní koncentraci kapek, průměru kapek, teplotě a tlaku plynu. [8]

Ve zdroji [2] se mj. uvádí, že přenos tepla sáláním do roztržitého (mlhového) proudu závisí především na teplotě a emisivitě plamene, protože kapky jsou obvykle dostatečně velké, **aby absorbovaly většinu dopadajícího záření, místo aby jej odrazily nebo rozptylovaly.**

Coppale pozoroval útlum tepelného záření přes vodní clonu za použití numerického modelu. [1, 2] Předpokládal, že útlum je způsoben **absorpcí a ve větší míře rozptylem záření**. Při požáru reprezentovaném pomocí černého tělesa při 1300 K (vlnová délka maxima intenzity vyzařování  $\lambda_{\text{max}} = 1,93 \mu\text{m}$ ) lze říci, že 95 % z celkové energie je vyzařováno v intervalu vlnových délek od **1 do 10  $\mu\text{m}$** . Model byl proto vyřešen integrací přes celé uvedené tepelné spektrum. Útlumový faktor byl vypočten pro průměr kapek v rozmezí 0,1 - 100  $\mu\text{m}$  a pro hmotnostní koncentraci kapek 1, 10 a 100  $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . **Výsledky potvrdily, že proud poskytuje maximální blokovací účinnost, když je průměr kapek stejného řádu jako maximální emisní vlnová délka zdroje.** Pro daný průměr kapek bylo dosaženo lepšího útlumu zvýšením hmotnostní koncentrace proudu. Pro danou hmotnostní koncentraci byl neúčinnější průměr kapek 1  $\mu\text{m}$ , následně 10  $\mu\text{m}$ , 0,1  $\mu\text{m}$  a 100  $\mu\text{m}$ . Praktický horní limit hmotnostní koncentrace leží v rozmezí 100 - 200  $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , protože nad touto hodnotou se dodávka vody začne více podobat „roztržitému“ proudu. Výsledky zdroje [1] tedy opravdu ukazují, že útlum se zvětšuje při velikostech kapek v pořadí 100  $\mu\text{m}$ , 0,1  $\mu\text{m}$ , 10  $\mu\text{m}$  a 1  $\mu\text{m}$  a se zvyšující se hmotnostní koncentrací, přičemž ideální hmotnostní koncentrace je 100  $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . **Optimální útlum radiace tedy poskytuje průměr kapek 1  $\mu\text{m}$  o hmotnostní koncentraci 100  $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Útlumový faktor byl vypočten podle Lambert-Beerova zákona. [1, 2]**

Ravigururajan [5, 8] modeloval utlumení radiace pomocí vodní mlhy za použití **Lambert-Beerova** zákona a stanovoval pohlcenou energii cílovým objektem, propustnost a koeficient útlumu - funkce poloměru vodních kapek a vlnové délky dopadajícího záření. Uvedl, že maximální útlum je dosažen, když **poloměr kapky** je roven vlnové délce. Testované poloměry kapek v rozmezí 1 - 10  $\mu\text{m}$ , vlnová délka 0,6 - 25  $\mu\text{m}$  (2  $\mu\text{m}$ , 5  $\mu\text{m}$ , 10  $\mu\text{m}$  - většina ve střední IR oblasti 1 - 5  $\mu\text{m}$ ). Opět je zde definováno, že záleží na množství kapek na jednotku objemu (také zde bylo použito 100  $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Ke stejnému útlumu lze dojít za použití menších kapek (stačí pouze nízká hmotnostní koncentrace) nebo větších kapek, ale s vyšší hmotnostní koncentrací. Optimální poloměr kapek byl stanoven na **2  $\mu\text{m}$** , při velmi nízkém průtoku. [5] Kapky o průměru **1 - 10  $\mu\text{m}$**  jsou nejvhodnější pro útlum tepelné radiace. [1, 2, 5, 8]

### Vytvoření vodní mlhy

Ve spolupráci s firmou PKS Servis spol. s r.o. (distributor zařízení Teenocooling pro ČR, pod označením TechnoMist), bylo pro účely vytvoření vodní mlhy a následné posouzení poklesu intenzity IR záření a hustoty tepelného toku použito zařízení, které firma používá především pro ochlazování, zvlhčování nebo redukci prašnosti konkrétního prostředí. Zařízení se skládá z vysokotlakého čerpadla na vodu, potrubního systému, armatur a jednotlivých trysek.

### Vysokotlaké čerpadlo na vodu

Vysokotlaké čerpadlo značky TechnoMIST s označením PREMIUM je plunžrové čerpadlo s mosaznou hlavou a třemi keramickými písty. Maximální pracovní tlak je 70 barů, při kterém je průtok vody na výstupu z čerpadla 2 l/min. [6] Čerpadlo s přívodním vedením a filtrem je zobrazeno na obr. 2.



Obr. 2 Vysokotlaká čerpací jednotka s filtrem na přívodním vedení

### Potrubní systém

Potrubní systém tvoří černá nylonová hadice 3/8" (vnitřní průměr 5 mm, vnější průměr 10 mm, tloušťka stěny 2,5 mm). [6]

Na potrubní systém byla napojena větev s tlakovým čidlem, na kterou bylo možné připojovat testované trysky, viz obr. 3. Konec potrubí byl zakončen dvěma nerezovými prstenci, dohromady s 10 dalšími tryskami, kvůli zajištění definovaného průtoku čerpadla. Prstence s tryskami jsou zobrazeny na obr. 4.



Obr. 3 Měřicí větev na potrubním systému



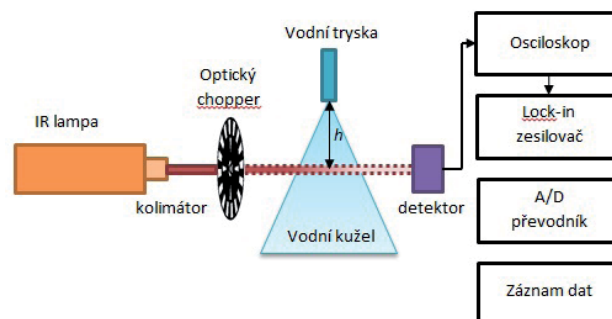
Obr. 4 Nerezové prstence s tryskami

### Trysky

Pro účely měření byly použity trysky s průměry otvorů 100  $\mu\text{m}$ , 150  $\mu\text{m}$ , 200  $\mu\text{m}$ , 300  $\mu\text{m}$  a 500  $\mu\text{m}$ . Tyto testované trysky zajišťovaly vytvoření vodní mlhy o různé velikosti vodních kapek a rozdílné hmotnostní koncentraci. Jednotlivé trysky se lišily také průtokem vody a šířkou výstřikového kužele. [6]

### Pokles intenzity IR záření při průchodu vodní clonou

Měření poklesu intenzity infračerveného záření probíhalo v laboratorních podmínkách, experimentální sestava je schematicky znázorněna na obr. 5. Jako zdroj záření byla použita IR lampička Stabilized Tungsten IR Light Source (SLS202), poskytující konstantní intenzitu vyzařování černého tělesa ve spektru od 0,45 do 5,5  $\mu\text{m}$ . [7]

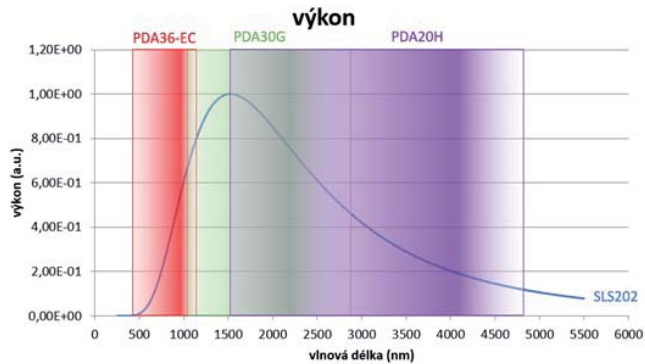


Obr. 5 Schéma experimentální sestavy

Tyto vlnové délky obsahují část viditelného spektra záření a především blízkou a střední oblast IR záření. Vyzařované spektrum IR lampičky je zobrazeno na obr. 6. Pro snížení rozbíhavosti svazku záření byla použita kolimační optika Thorlabs (SLSC2), tímto byla umožněna větší vzdálenost mezi zdrojem záření a detektorem. Kontinuální záření ze zdroje bylo nutné přerušovat pomocí optického chopperu Standford research systems (SR540) s frekvencí  $f = 320 \text{ Hz}$ , z důvodu následného zpracování signálu. Po průchodu vodní clonou ve výšce  $h = 40 \text{ mm}$  od vodní trysky, bylo zbylé záření snímáno pomocí světlo citlivého detektoru. Během měření byly použity tři detektory záření pro různé oblasti vlnových délek. Detektor Thorlabs (PDA20H) typu PbSe, pracující na vlnových délkách 1,5 - 4,8  $\mu\text{m}$ , detektor Thorlabs (PDA30G) typu PbS, detekující vlnové délky 1 - 2,9  $\mu\text{m}$  a detektor Thorlabs (PDA36A-EC) pracující na vlnových délkách 0,4 - 1,1  $\mu\text{m}$ . Rozsah jednotlivých detektorů s vyznačením relativních citlivostí je zobrazen na obr. 6. Jednotlivé detektory nevykazují stejnou citlivost



v celém svém rozsahu. Maximální citlivost je u jednotlivých detektorů vyznačena v obr. 6 nejtmaší barvou. [7]



Obr. 6 Graf vyzařování lampy s vyznačenými rozsahy detektorů [7]

Pro zobrazení výstupního signálu z detektoru byl použit osciloskop LeCroy (wavesurfer 42Xs), tento signál měl sinusový průběh z důvodu modulování optickým choperem. Pomocí fázově citlivého zesilovače Standford research systems (SR830 DSP) byl signál z detektoru demodulován a výsledné signály odpovídající hodnotám X a Y byly pomocí analog/digital převodníku, kterým byla v tomto případě osciloskopická karta Digilent (Analog discovery), zaznamenány do počítače. Následně bylo nutné v tabulkovém editoru z těchto hodnot vypočítat podle rovnice (1) výslednou hodnotu signálu.

$$R = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (1)$$

#### Pokles hustoty tepelného toku přes definovanou vodní clonu

Pro stanovení poklesu hustoty tepelného toku byla sestavena měřicí aparatura, skládající se z těchto hlavních částí:

1. Zdroj tepelné radiace - sálavý panel o rozměrech 25 cm x 20 cm a příkonu 4,8 kW,
2. Vodní clona - jednotlivé trysky s průměry otvorů 100  $\mu\text{m}$ , 150  $\mu\text{m}$ , 200  $\mu\text{m}$ , 300  $\mu\text{m}$ , 500  $\mu\text{m}$ ,
3. Senzor pro měření hustoty tepelného toku - radiometr o měřicím rozsahu 5 kW/m<sup>2</sup>.

Měřicí aparatura je zobrazena na následujícím obr. 7.



Obr. 7 Schéma měřicí aparatury

Byly stanoveny 3 postupy měření:

1. Sledování průběhu nárůstu hustoty tepelného toku od nulové hodnoty, po maximální výkon sálavého panelu. Při tomto měření byla stanovena referenční křivka průběhu hustoty tepelného toku při zahřívání sálavého panelu bez aplikace vody. Následně byly stanoveny křivky nárůstu hustoty tepelného toku při zapnutých

jednotlivých tryskách. Tyto křivky byly následně s referenční křivkou porovnány.

2. Stanovení poklesu hustoty tepelného toku pro jednotlivé trysky při maximálním výkonu sálavého panelu. Při tomto měření se sálavý panel zahřál na maximální výkon. Potom se spustilo měření, 1 minutu se měřila hustota tepelného toku bez vody a následně byly aplikovány jednotlivé trysky v 30 s intervalech. Za poslední tryskou opět následovalo 1 minutu dlouhé měření bez aplikace vody. Při tomto měření byly jednotlivé trysky vyměňovány krátce po sobě, potencionální změna ve výkonu sálavého panelu v čase byla tedy tímto způsobem měření eliminována.
3. Pro vyloučení potencionálních nežádoucích jevů při výměně trysek byla další část měření koncipována následovně. Panel se zahřál opět na maximální výkon, následně bylo aplikováno 5 pulsů pro jednu testovanou trysku. Trysky tedy nebyly v průběhu měření vyměňovány. Po zahřátí panelu na maximální výkon tedy začalo měření 1 minutou bez aplikace vody, následně byly aplikovány 30 s pulsy vody (s 30 s pauzou mezi nimi) a nakonec opět 1 minuta bez vody. Pokles hustoty tepelného toku při této koncepci měření je možné srovnat s předchozím způsobem měření.

#### Závěr

Článek je věnován hlavním charakteristikám vodních kapek, které mají vliv na interakci s infračerveným zářením, pokles hustoty tepelného toku a samotné hašení. Z rešerše literárních zdrojů vyplývá, že vhodná velikost kapek vody pro hašení je přibližně 100krát větší, než pro účely poklesu hustoty tepelného toku přes vodní mlhu. Dále je v článku uveden základní popis experimentů, které byly vytvořeny za účelem posouzení poklesu hustoty tepelného toku a poklesu intenzity IR záření přes vodní mlhu.

#### Použitá literatura

- [1] COPPALLE, A.; NEDELKA D.; BAUER. B.: Fire protection: Water curtains. *Fire Safety Journal*. 1993, vol. 20, issue 3, s. 241-255. DOI: 10.1016/0379-7112(93)90046-S. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/037971129390046S>.
- [2] DRYSDALE, D.; GRANT, G.; BRENTON, J.: Fire suppression by water sprays. *Progress in Energy and Combustion Science*. 2000, Volume 26, Issue 2, s. 52. DOI: 10.1016/S0360-1285(99)00012-X. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036012859900012X#>.
- [3] GRIMWOOD, P.: *Euro firefighter*. Lindley, Huddersfield, West Yorkshire: Jeremy Mills, 2008, xvii, 352 p. ISBN 19-066-0025-2.
- [4] HARTIN, E.: *Effective and Efficient Fire Streams: Part 2*. In: [online]. [cit. 2014-09-24]. Dostupné z: <http://cfbt-us.com/wordpress/?p=1028>.
- [5] RAVIGURURAJAN, T.S; BELTRAN, M.R.: A Model for Attenuation of Fire Radiation Through Water Droplets. In: *Fire Safety Journal*. Elsevier Science Publishers Ltd, England, 1989. Dostupné také z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0379711289900027>.
- [6] *TecnoCooling: Misting Systems* [online]. 2015 [cit. 2016-07-29]. Dostupné z: [http://www.tecnocooling.com/\\_en/index.html](http://www.tecnocooling.com/_en/index.html).
- [7] Thorlabs. *Thorlabs* [online]. Newton [cit. 2016-07-25]. Dostupné z: <https://www.thorlabs.de/>.
- [8] YANG, W.; PARKER, T.; LADOUCEUR, H.D.; KEE R.J.: The interaction of thermal radiation and water mist in fire suppression. *Fire Safety Journal*. Elsevier Ltd., 2003. Dostupné také z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0379711203000948>.

# Návrh bezpečnostných riešení pre objekty spadajúce do kategórie mäkkých cieľov

## The Proposal of Security and Safety Solving in Soft Targets

Ing. Lucia Ďuricová

Ing. Martin Hromada, Ph.D.

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky  
Nad Stráněmi 4511, 760 05 Zlín  
duricova@fai.utb.cz, hromada@fai.utb.cz

### Abstrakt

Príspevok sa zaoberá riešením bezpečnostných opatrení v objektoch, ktoré spadajú do kategórie mäkkých cieľov. Časť príspevku pojednáva o legislatívnych požiadavkách štátu voči uvedeným objektom. Druhá časť článku špecifikuje problémové procesy, ktoré sa vyskytujú v uvedených objektoch. Kategorizácia uvedených objektov popisuje jednotlivé vlastnosti atribútov, ktoré sú pre uvedenú oblasť špecifické. V závere príspevku dochádza k predstaveniu návrhu na systémové riešenie bezpečnosti v uvedených objektoch.

### Kľúčové slová

Mäkký cieľ, softvérová podpora, riadenie bezpečnosti, fuzzy logika.

### Abstract

This paper described security and safety solution in objects which belong to the category of soft targets. The part of paper described the integration of law requirements and simultaneously technical and owner requirements. The second part of paper described problem situations in object and how solving is proposed. The categorization of objects defines properties of attributes which are specified for this group. In conclusion, the advantages of this solution are presented. This solution is based on software tool which could help operators with security and safety decision making processes.

### Keywords

Soft target, software support, security and safety management, fuzzy logic.

Mäkký cieľ, objekt špecifického záujmu, ktorý je charakteristický zoskupením veľkého počtu ľudí na jednom priestranstve, pričom v objekte nie sú nastavené špecifické bezpečnostné opatrenia ani implementované technické prvky, ktoré by prispeli k vyššej miere bezpečnosti a monitoringu situácie v objekte (nákupné centrá, kiná, nemocničné a lekárske zariadenia, úrady, divadlá, školy a iné).

V súčasnosti je bezpečnosť v takýchto objektoch chápaná z dvoch hľadísk. Prvé je možné charakterizovať ako bezpečnosť, ktorej plnenie vyžaduje zákon. V tomto prípade hovoríme o bezpečnosti v pojatí slova safety. Jedná sa o požiadavky bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci a samozrejme požiarnej ochrany. Samotná požiarňa ochrana vstupuje do tohto procesu už v samotnom kroku plánovania stavby. V tejto etape je nevyhnutné požiarne-bezpečnostné riešenie stavby, ktoré je súčasťou projektovanej dokumentácií. Z pohľadu prevádzkovateľov a majiteľov týchto objektov, je tento druh bezpečnosti chápaný, ako ochrana samotného vlastníka, alebo majiteľa pred problémami, ktoré by nastali v prípade výskytu nežiaducej udalosti. V týchto prípadoch hovoríme o požiari, alebo poškodení zdravia zamestnanca, alebo iného návštevníka. V praxi je práve tento druh bezpečnosti chápaný tak, že finančné náklady, ktoré sú vynaložené na bezpečnostné opatrenia, sú nižšie, ako finančné náklady, ktoré by mohli vzniknúť v prípade vzniku nežiaducej udalosti. [4]

Druhý pohľad na uvedenú problematiku je z pohľadu zabezpečenia technickej bezpečnosti objektu, a teda v pojatí slova security. V tomto prípade dochádza k ochrane hmotných statkov objektu, ako aj samotného objektu, alebo návštevníkov týchto objektov. Jedná sa o technické prvky zabezpečenia, ktoré zabezpečujú objekt pred vstupom neoprávnenej osoby do objektu v určitej dobe, alebo do priestorov s obmedzeným prístupom. Jedná sa taktiež o monitoring objektu, ktorý sleduje situáciu v objekte, prípadne zaznamenáva informácie. V prípade, že hovoríme o monitoringu objektu, je dobré spomenúť požiadavky zákona, ktoré definujú povinnosti osoby, ktorá prevádzkuje kamerový systém. Tieto požiadavky taktiež vyžadujú do istej miery znalú osobu, aby sa prevádzkovateľ takéhoto systému vyhol konaniu v rozpore so zákonom. [4]

Dôvody zabezpečenia a zaistenia bezpečnosti v objekte:

- Zabezpečenie majetku prevádzkovateľa alebo majiteľa objektu - strata na majetku by bola vyššia, ako finančné náklady spojené so zabezpečením objektu.
- Bezpečnosť na pracovisku a ochrana zdravia zamestnancov - strata na zdraví zamestnancov by bola finančne náročnejšia pre zamestnávateľa, ako investície do ochrany zdravia zamestnancov a súčasne by dochádzalo k vysokým pokutám od strany štátu.
- Požiarňa bezpečnosť objektu - straty, ktoré by mohli vzniknúť prevyšujú náklady na zavedenie požiarnej bezpečnosti do objektu v samotnej príprave stavby. Incidents z minulosti boli skúmané z hľadiska príčin, a tieto príčiny boli odstránené zavedením požiadaviek na požiarnu bezpečnosť objektov.
- Procesné riešenie bezpečnosti pre každý proces v uvedenom objekte zefektívňuje prácu zamestnancov a minimalizuje straty, ktoré by zamestnávateľovi, alebo prevádzkovateľovi mohli vzniknúť.

Problémový aspekt, ktorý významne vstupuje do uvedenej problematiky, je možnosť financovania uvedených riešení. Keďže hovoríme o objektoch, ktoré nepatria do industriálnej sféry, je možné predpovedať, že špecifické zdroje financovania na bezpečnostné opatrenia neexistujú. V praxi sa stretávame s názorom, že pokiaľ sa jedná o obchodné centrum, majiteľ chce v prvom rade chrániť svoj majetok, až v ďalšom rade sú to zákazníci. Pokiaľ hovoríme o školských zariadeniach, tu dochádza k financovaniu zo strany štátu, a tieto zdroje sú obmedzené. Prípade industriálnych spoločností sa do procesu riadenia podniku zavádzajú certifikáty kvality. Certifikát kvality definuje určité požiadavky na kvalitu, ktoré spoločnosť splňuje. Tieto požiadavky spoločnosť chce naplňovať, a to hlavne z dôvodu, že zaručujú konkurenčnú výhodu pri výberových riadeniach v zákazkách. Z tohto dôvodu sú práve tieto spoločnosti veľmi dobre bezpečnostne zaistené. Druhým dôvodom je hodnota výrobného procesu. Tieto objekty samozrejme nie sú verejné, a to je jeden z ďalších aspektov, ktorý zohráva dôležitú úlohu.

Pokiaľ je v našich požiadavkách zaviesť efektívne bezpečnostné riešenie, je potrebné sa na jeho implementáciu pozeráť z pohľadu potenciálneho zamestnávateľa a prevádzkovateľa, alebo vlastníka majetku. Nie je možné očakávať, že dobrovoľná činnosť prevádzkovateľov bude efektívna a je potreba pridať k tomuto riešeniu pre nich očakávanú pridanú hodnotu, ktorá im zefektívni proces riadenia objektu a zvýši zisk, a to napríklad úšetrení nákladov. Z tohto pohľadu, je dobré, aby bolo zavedené jedno systémové riešenie, ktoré môže zvýšiť efektivitu jednotlivých

opatření, a to na základe vzájomného pôsobenia procesov. Toto je možné charakterizovať tak, že pokiaľ správne nastavíme jednotlivé procesy spoločnosti, môžeme dosiahnuť vyššiu efektivitu systému. Pokiaľ zavedieme do systému manažérstva v oblasti bezpečnosti práce požiadavky pre používanie strojov a iných materiálov, ktoré sa môžu podieľať na vzniku požiaru, dosiahneme zvýšenie účinnosti opatrení proti vzniku požiaru v objekte. Toto je len uvedený príklad možného riešenia, ktorý je v týchto druhoch objektov navrhovaný.



Obr. 1 Integrácia požiadaviek na bezpečnosť mäkkých cieľov

Systémová implementácia ale vyžaduje podporu softvéru. Z dôvodu, že oblasť bezpečnosti nie je úzkou oblasťou, dochádza k aplikovaniu veľkého množstva faktov do jedného softvérového nástroja. Tieto fakty, napríklad požiarne požiadavky, sú výsledkom dlhého skúmania procesov, ktoré by mohli samotné pohltiť jeden celý systém. V primárnej fáze dochádza k návrhu jedného systémového nástroja, ktorý je zložený:

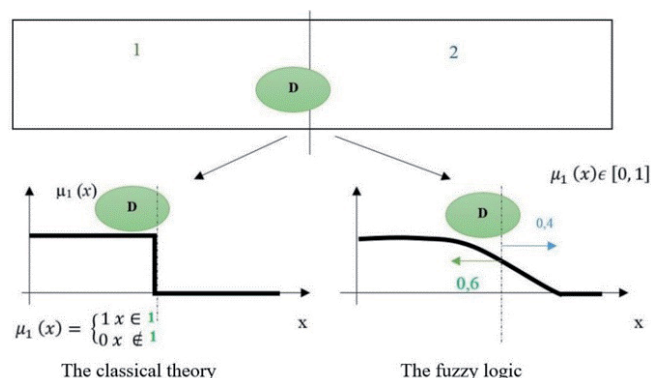
- Analytický nástroj - analyzuje a hodnotí súčasný bezpečnostný stav objektu - z toho vychádza hodnotenie celej kategórie, ktoré môže byť využité v ďalšom kroku. Jedná sa o využitie v prípade, pokiaľ objekt nemá svoje hodnotenie, teda nie je možné definovať bezpečnostný parameter, je možné zvoliť podobný objekt z rovnakej kategorizácie, a teda parametre budú podobné. Tento nástroj by mal byť realizovaný formou aplikácia, ktorá bude pre expertov ľahko dostupná po prihlásení do webového prehliadača.
- Softvérová podpora objektu - založené na fuzzy logike, transport znalostí a vedomostí rozhodovania expertov do uvedených objektov. Využitie získavania dát priamo z reálnych podmienok v konkrétnej situácii. Expertné rozhodovanie je transportované do softvérovej podpory, čo zníži nároky na operátorov, ktorý v objekte pracujú. Založené na naprogramovaných tvrdeniach a hodnotách z technických prvkov, ale aj so samotných požiadaviek zákona v prípade, že hovoríme o legislatívnych požiadavkách.
- Simulačná časť - vyhodnocovanie a predvídanie udalostí s návrhom riešení. Táto časť by mala za účel definovať možný vývoj, a to v prípade viacerých scenárov.



Obr. 2 Diagram realizácie riešenia stavov v objektoch mäkkých cieľov

Z tohto dôvodu, je pre takto zložitú softvérovú podporu navrhovaný systém na podpore fuzzy logiky. Fuzzy logika je mlhavá logika, ktorá skúma vzťah celého rozpätia patriacich prvkov. Reálna logika, skúma vzťah dvoch prvkov, a to, že prvok do skupiny patrí, alebo nepatrí, ale v reálnych situáciách nie sú vždy tieto hodnoty presne definované. Tento vzťah je vyjadrený na základe binárnej sústavy, a to 1 a 0. Fuzzy logika je využívaná v systémoch, ktoré skúmajú celé spektrum, a to od 0 do 1.

Tento druh softvérovej podpory je využívaný hlavne v systémoch, ktoré nemajú určené závislosti, ale tieto závislosti sú vyjadrené na základe expertných výrokov, ktoré sú definované podmienkami. Tieto podmienky sú následne vyjadrené za pomoci množín. Celý proces rozhodovania je nastavený na základe nastavenia podľa skúseností expertov a je možné tento systém zdokonaľovať. **Príklad:** Ak (kamera 1 = pohyb osoby), tak (vchod č. 1 = uzamknutie). [5]



Obr. 3 Zobrazenie rozdielu fuzzy logiky a klasickej teórie [6]

Na uvedenom obrázku je možné vidieť klasický rozdiel medzi klasicou teóriou množín a rozhodovaním na základe fuzzy logiky. Definovanie príslušnosti prvku D je oveľa komplikovanejšie v prípade, že musíme definovať len dva stavy príslušnosti. V prípade, že sa na prvok D pozeráme ako na prvok, ktorý za určitých podmienok môže patriť do skupiny 1 a súčasne za iných podmienok môže patriť do skupiny 2, je možné vysloviť záver, že fuzzy logika dokáže tieto podmienky vyjadriť na základe hodnoty, ktorá tento výrok reprezentuje.

Je to len jeden z mnoho možných príkladov pre uplatnenie tohto druhu logiky pre podporu bezpečnosti v objektoch mäkkých cieľov. Práve z dôvodov, ktoré sú vyššie rozobraté, došlo k výberu tohto programovacieho jazyka. Jeho vlastnosti dovoľujú jeho použitie pre viacero možných bezpečnostných riešení, a jeho variabilita je jedným z hlavných výhod použitia. Tento článok nevysvetľuje princíp celej oblasti použitia fuzzy logiky, ale len načrtáva dôvody, ktoré nás viedli k jeho použitiu a k návrhu práve takého podporovacieho nástroja. Aplikovaním uvedenej softvérovej podpory by došlo k zefektívneniu procesov, a to nie len bezpečnostných, ale aj k zvýšeniu zisku objektov, a to znížením celkových nákladov na jednotlivé oblasti bezpečnosti a súčasne by taktiež došlo k zníženiu požiadaviek na bezpečnostných pracovníkov, ktorý uvedený systém prevádzkujú. Práve uvedený systém by podporoval ich rozhodovanie a automatizoval by jednotlivé činnosti do takej miery, že uvedený pracovníci by mohli byť viac špecializovaný na oblasť, v ktorej pôsobia. [4]

**Použitá literatúra**

[1] BULLOCK, J.A.; HADDOW, G.D.; COPPOLA, D.P.: *Introduction to homeland security: principles of all-hazards risk management*. 4<sup>th</sup> ed. Waltham, MA: Butterworth-Heinemann, c2013, xvii, 669 s. ISBN 978-0-12-415802-3.

- [2] PROCHÁZKOVÁ, L.; HROMADA, M.: Riadenie rizík v oblasti školských zariadení. *ALARM magazin*, Vyd. Bratislava: INFODOM, s.r.o., ročník XVII. č.: 1/2015, 13-16 s. ISSN 1335-504X.
- [3] ĎURICOVÁ, L.; HROMADA, M.; MRÁZEK, J.: Zaisťovanie bezpečnosti objektov mäkkých cieľov zo zameraním na obchodné centrá. *ALARM magazin*, Vyd. Bratislava: INFODOM, s.r.o., ročník XVIII. č.: 1/2016, 38-40 s. ISSN 1335-504X.
- [4] ĎURICOVÁ, L.; HROMADA, M.: Systémová integrácia bezpečnostných opatrení v objektoch mäkkých cieľov. *ALARM magazin*, Vyd. Bratislava: INFODOM, s.r.o., ročník XVIII. č.: 2/2016, 24-25 s. ISSN 1335-504X.
- [5] PROCHÁZKOVÁ, L.; HROMADA, M.; MRÁZEK, J.: Návrh analytického nástroja pre hodnotenie mäkkých cieľov štátu. In *Bezpečnostní technologie, systémy a management 2015*, Sborník příspěvků 5. mezinárodní konference, 19. 11, 2015, Zlín, vyd.: 1., 2015 ISBN 978-80-7454-559-7.
- [6] ĎURICOVÁ, PROCHÁZKOVÁ, L.; HROMADA, M.: The Proposal of the Soft Targets Security. *Advances in Intelligent Systems and Computing, Automation Control Theory Perspectives in Intelligent Systems. Proceedings of the 5<sup>th</sup> Computer Science On-line Conference 2016 (CSOC2016)*, Vol. 3, Springer, pp.: 337-345. ISSN 2194-5357, ISBN 978-3-319-33387-8, DOI 10.1007/978-3-319-33389-2.

# Identifikácia stakeholderov v resilient city v podmienkach Slovenskej republiky

## Identification of Stakeholders in Resilient City in the Slovak Republic

Ing. Ján Havko

Mgr. Jana Kováčová, PhD.

Ing. Michal Titko, PhD.

Ing. Veronika Mitašová

Ing. Tomáš Pavlenko

Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva  
Ul. 1.mája 32, 010 26 Žilina, Slovenská republika  
Jan.Havko@fbi.uniza.sk

### Abstrakt

Vo svete je zjavný nárast počtu krízových javov a stále sa zhoršujúcich dôsledkov týchto javov. Jednou z príčin ich nárastu spočíva v globálnom otepľovaní a súvisiacich klimatických zmenách. Existuje viacero možností ako tento stav riešiť. Vo svete sa akcentuje problematika resilience a resilient city ako nástroja na zvládanie krízových javov. V článku popíšeme v stručnosti pojmy resilience a resilient city, dôraz bude kladený na identifikáciu stakeholderov v resilient city a možnosti analyzovania ich vplyvu na vnímanie bezpečnosti v resilient city.

### Kľúčové slová

Krízové javy, resilient city, stakeholderi.

### Abstract

In the world is apparent the significant increase of the crisis phenomena and its negative consequences. The main cause of this increase should be global warming and related climate changes. There are several ways to resolve this situation. In the world it has accentuated problems of resilience and resilient city as tools for crisis phenomena solving. In the article we describe briefly the concepts of resilience and resilient city, but the emphasis will be placed on identifying the stakeholders in resilient city and the possibility of their impact analyzing on the perception of the security in resilient city.

### Keywords

Crisis phenomena, resilient city, stakeholders.

### Úvod

Krízové javy v spoločnosti boli od nepamäti. Ich priebeh a dôsledky sa v priebehu rokov menili. Rovnako sa menilo chápanie krízového manažmentu ako jedného z nástrojov na predchádzanie vzniku a riešenie dôsledkov krízových javov. Na základe štatistík a viacerých publikácií [1 - 4] je možné tvrdiť, že vývoj počtu krízových javov vo svete má stúpajúcu tendenciu a zároveň sa zhoršujú dôsledky krízových javov. Organizácie medzinárodného krízového manažmentu reagovali na tento trend prijatím viacerých smerníc a zavedením celého radu opatrení. Konkrétnym príkladom je úspešnosť zavádzaných SEVESO smerníc, prostredníctvom ktorých sa zmenil trend vývoja závažných priemyselných.

Najčastejšie uvádzanou príčinou zvyšujúceho sa počtu krízových javov prírodného charakteru je globálne otepľovanie a s ním súvisiace klimatické zmeny. Reakciou na klimatické zmeny bolo prijatie Parížskej klimatickej dohody (2016) a rámcov Sendai (2015), Hyogo (2005) a Yokohama (1994). V týchto dokumentoch

sa veľmi výrazne vyzdvihuje problematika resilience spoločnosti ako konceptu ochrany obyvateľov.

V článku budeme rozoberať problematiku resilience a resilient city. Dôraz bude kladený najmä na identifikáciu záujmových strán (ďalej „stakeholderov“), ktorí participujú na budovaní resilient city.

### Koncept resilient city

Systém ako taký je v bežných podmienkach v rovnovážnom stave. Zmena rovnovážneho stavu a strata stability systému môže nastať skokom alebo postupne (podľa toho, či sa jedná o mäkkú alebo tvrdú stratu stability) [5]. Zmene týchto stavov vieme predchádzať formou preventívnych, proaktívnych a reaktívnych opatrení, a to v závislosti od skúmaného systému. Jeden z prístupov, ktorý zahŕňa zvyšovanie odolnosti a prispôbivosti, je zavedenie/zvýšenie resilience systému.

Resilience je definovaná [6] ako schopnosť organizácie (systému) udržať alebo znovu získať dynamicky stabilný stav, ktorý umožňuje pokračovať v činnosti po krízovom jave, resp. v stálej prítomnosti rizikových činiteľov. Iná definícia definuje resilience [7] ako schopnosť systému plánovať a adaptovať sa na zmeny alebo poruchy prostredníctvom anticipácie, ochrany, reakčnej kapacity a schopnosti obnovy. Pre potreby článku sa ako najlepšia definícia javí definícia v slovníku OSN. Resilience [8] je definovaná ako schopnosť systému, komunity alebo spoločnosti vystavenej riziku a pôsobeniu krízových javov odolávať, prispôbiť sa, absorbovať a zotaviť sa z účinkov pôsobenia krízových javov včas a účinným spôsobom. Toto odolanie v sebe zahŕňa uchovanie, resp. čo najskoršie obnovenie svojich podstatných štruktúr a funkcií. Z takéhoto hľadiska je preto dôležité zdôrazniť, že pojem resilience v sebe nezahŕňa len odolnosť voči krízovým javom, ale aj schopnosť zotavenia a prispôbovania sa.



Obr. 1 Rozdelenie resilient cities v Európe [10]

Resilient city [9] je také mesto, kde sú riziká plynúce z pôsobenia krízového javu minimalizované, pretože obyvateľstvo žije v domoch a mestských častiach s organizovanými službami a infraštruktúra je postavená, tak aby vyhovovala najprísnejším normám a štandardom. Domy nie sú postavené v rizikových lokalitách (hrozba povodne a zosuvu). Mesto (komunita) podniká kroky aby anticipovalo a predchádzalo dôsledkom krízových javov, vrátane budovania monitorovacích systémov rizikových činiteľov a systémov včasného varovania na ochranu života,

zdravia, infraštruktúry, majetku, kultúrneho dedičstva, životného prostredia a ekonomického kapitálu. Resilient city je pomocou prijatých opatrení schopné minimalizovať priame a nepriame škody z krízových javov. Zároveň je schopné reagovať a rýchlo obnoviť základné služby pre obnovenie sociálnej, inštitucionálnej a ekonomickú aktivity v meste po krízovom jave. Spôsobov zavedenia resilient city je viacero, najnákladnejší je koncept UNIDSR [9]. Na obr. 1 sú zobrazené viaceré resilient cities v rámci Európy.

Na obrázku je možné vidieť, že v rámci krajín Vyšehradské štvrky nie je ani jedno resilient city. Aj z tohto dôvodu je potrebné navrhnuť spôsob aplikácie konceptu resilient city v podmienkach Slovenskej republiky. Ako prvé je potrebné identifikovať stakeholderov, a práve tomu sa budeme venovať v nasledujúcej kapitole.

### Etický princíp zodpovednosti v koncepte resilience

Každý prvok, ktorý je súčasťou systému má záujem maximálne uspokojiť svoje potreby. Toto uspokojenie môže byť na úkor ostatných subjektov v systéme. Pri abstrakcii resilient city ako systému zloženého z viacerých zložiek, často dochádza k protichodnosti individuálnych záujmov. Ako príklad uvedieme podnikateľské prostredie, ktoré je neoddeliteľnou súčasťou mesta.

Primárnym záujmom všetkých podnikateľských subjektov je maximalizácia zisku. Táto snaha je pochopiteľná, avšak núti nás uvažovať o spôsobe, akým sa zisk dosahuje. Dôvodom je skutočnosť, že samotná maximalizácia zisku je jedným z najvýznamnejších záujmov subjektu. Toto je len jeden z mnohých dôvodov, prečo je nutné uvažovať o určitom obmedzení osobných záujmov jednotlivcov. Osvietenecí myslitelia<sup>1</sup> zaviedli koncept spoločenskej zmluvy, prostredníctvom ktorej by sa jednotlivci vymanili zo stavu neustáleho celospoločenského boja a dobrovoľne sa vzdali časti svojich práv a slobôd. Dosiahli by tak právny stav, ktorý by zaručoval rovnaké práva a povinnosti všetkým členom spoločnosti.

Koncept spoločenskej zmluvy je prítomný aj v dnešnej spoločnosti a jeho zdôvodnenie predstavuje základ súčasného právneho a sociálneho systému. Naším zámerom je objasniť spôsob, akým je možné do podnikateľského prostredia zaviesť obdobný koncept. Určité riešenie nám ponúka etika zodpovednosti, ktorá „núti aktéra konania zaujať stanovisko a zodpovedať sa za (predvídateľné) následky svojho konania“ [11, s. 682]. Karl-Otto Apel (1922) ako jeden zo zakladateľov toho prístupu k etickej problematike uvažuje o troch rovinách v rámci štruktúry zodpovednosti. Tou prvou rovinou je subjekt zodpovednosti (nositeľ). Jedná sa o konkrétneho zodpovedného človeka, ktorý dokáže korigovať voľbu svojich cieľov vzhľadom na aktuálne záujmy spoločenstva, do ktorého patrí a vzhľadom na priame a nepriame dôsledky svojho konania. Druhá rovina je tvorená predmetom zodpovedného konania, teda tým, za čo nesie zodpovednosť. Poslednú tretiu rovinu zodpovednosti vytvára kritérium toho, čo je zodpovedné konanie, komu sa vlastne zodpovedáme. Formulovanie kritéria zodpovedného konania a vymedzenie jeho pôsobnosti je kolektívnou záležitosťou, pretože zodpovedné konanie človeka je zmysluplné len v kontexte kolektívnej voľby [11, s. 697-698].

Predstava zodpovednosti subjektu voči celosvetovej populácii ľudí je teoretickou možnosťou, ktorej praktické využitie je takmer nerealizovateľné. Naopak, realizovateľným projektom podnikateľského subjektu je zodpovednosť voči internej verejnosti - stakeholderom<sup>2</sup>. Práve etika zodpovednosti dáva podnikateľskému

prostrediu<sup>3</sup> návod na to, ako konať. Každá záujmová skupina je vo vzťahu zainteresovaná osobitným spôsobom. Preto je nutné jednotlivých stakeholderov identifikovať a pristupovať k nim individuálnym spôsobom.

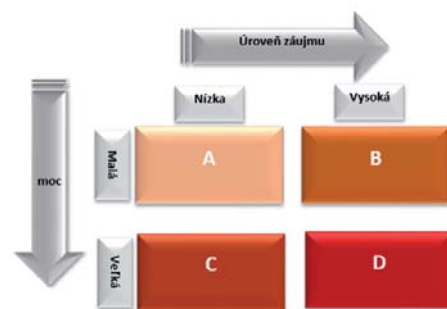
### Spôsob analyzovania stakeholderov a ich identifikácia v resilient city

Na identifikáciu potrieb, záujmov a očakávaní jednotlivých stakeholderov sa využíva mnoho metód<sup>4</sup>, ktoré môžeme zaradiť pod spoločný pojem *analýza zainteresovaných strán* (*stakeholders analysis*). Úlohou tejto analýzy je nájsť tých stakeholderov, ktorí sú kľúčoví a majú najväčší vplyv na projekt. Najčastejšie využívanou technikou je jednoduchá klasifikácia primárnych a sekundárnych stakeholderov [14]. Pri riešení neštruktúrovaných problémov<sup>5</sup> je však môžeme využiť nasledujúcu maticu (obr. 2).



Obr. 2 Matica analýzy vplyvu zainteresovaných strán. Zdroj: [14]

Jednotlivé kvadranty tabuľky nám identifikujú zainteresované strany podľa miery ich vplyvu a očakávaní, ktoré majú. Ziskame tak predstavu o postupnosti krokov vo vzťahu medzi subjektom a stakeholdermi. Ako vhodnejší sa nám však javí postup, pri ktorom sa načrtne *tabuľka zainteresovaných strán*, v nej sa predbežne zhodnotí dopad zainteresovanej strany, ktorý môže ovplyvniť výsledok projektu/procesu. Takto vyplnená tabuľka nám poskytuje primárne informácie, ktoré môžeme následne dosadiť do jednej z dvoch na to určených matic. Prvou je *matica moci/dynamizmu*, ktorá umožňuje predvídať postoj jednotlivých stakeholderov k rôznym problémom. Schopnosť predikcie napomáha subjektu zamerať sa na konkrétnych stakeholderov, ktorí si vyžadujú špecifický prístup v otázke informovania o strategických voľbách pri riešení projektu. Druhou možnosťou je využiť *maticu moci/záujmu*, ktorá skúma moc rôznych stakeholderov v porovnaní so záujmom, ktorý pravdepodobne prejavia počas riešenia neštruktúrovaných problémov (obr. 3).



Obr. 3 Matica moci a záujmu. Zdroj: [14]

<sup>1</sup> Thomas Hobbes, John Locke a Jean-Jacques Rousseau.

<sup>2</sup> Týmto pojmom označujeme osobu alebo skupinu, ktorá má záujem na úspechu, či výkonnosti daného subjektu, prípadne vie tento úspech ovplyvniť, bližšie pozri [12]. Tiež môžeme stakeholderov označiť ako záujmové skupiny, prípadne zainteresované strany.

<sup>3</sup> Súčasťou modernej etiky je aj podnikateľská etika, ktorá je aplikovanou normatívnou etikou. Skúma interakciu etiky a ekonomiky, analyzuje morálne normy a princípy vo všetkých sférach hospodárskeho systému. Bližšie pozri Remišová [13, s. 55-56].

<sup>4</sup> Bližšie pozri Štefánek [14, s. 31].

<sup>5</sup> Sú také problémy, na ktorých riešenie nie je možné použiť štandardné postupy a metódy rozhodovacej analýzy.

<sup>6</sup> Rozlišujeme medzi možným pozitívnym, neurčitým, prípadne negatívnym dopadom na projekt a podľa subjektívnych preferencií škálujeme jednotlivé priority zainteresovaných strán.

Daná matica nám vo svojich štyroch kvadrantoch identifikuje štyri základné skupiny stakeholderov práve podľa miery ich vplyvu a záujmu. Kvadranty A a B označujú skupiny s malou mocou a nízkym/vysokým záujmom o projekt. Týchto stakeholderov nie je možné zanedbať, pretože sa môžu spojiť s mocnejšími zainteresovanými stranami, a práve z toho dôvodu ich musíme priebežne informovať o prebiehajúcich procesoch. Stakeholderi nachádzajúci sa v kvadrante C sú z perspektívy dosiahnutia stanoveného cieľa veľmi významní. Napriek tomu, že úroveň ich záujmu je pomerne nízka, je potrebné ich v čo najväčšej miere informovať. Dôvodom je skutočnosť, že prechod medzi kvadrantami C a D môže byť náhly. V kvadrante D sa nachádzajú tzv. „*klúčovi hráči*“, s ktorými je nutné spolupracovať pri dosahovaní zásadných rozhodnutí smerujúcich k riešeniu neštruktúrovaných problémov daného projektu. Pomocou tejto matice určíme spojitost medzi záujmami, ktoré sú širšie<sup>7</sup> ako len finančný záujem podnikateľského subjektu a mocou, ktorá predstavuje „schopnosť využiť zdroje na uskutočnenie činnosti alebo na zabezpečenie želaných výsledkov“ [15, s. 119]. Cieľom tejto analýzy je teda identifikovať jednotlivé skupiny a na základe ich zainteresovanosti do projektu prispôbiť konanie subjektu.

Predstavenú analýzu stakeholderov samozrejme nevyužívajú len subjekty podnikateľského prostredia. Pomocou jej aplikácie môže identifikovať záujmové skupiny napríklad aj municipalita (samosprávny celok, obec, mesto) a využiť jej závery na zlepšenie komunitného života. V prípade municipality nemôže ísť len o ekonomický záujem, ale prvoradým sa stáva obyvateľstvo a jeho záujmy. Z toho dôvodu je nutné prepojiť problematiku riešenia resilience city priamo s výsledkami analýzy stakeholderov (obr. 4).



Obr. 4 Prepojenie resilience s jednotlivými zložkami spoločnosti a s jednotlivými oblasťami záujmu

Z perspektívy budúceho spracovania danej problematiky uvažujeme o určitom vymedzení jednotlivých zložiek, na základe ktorých je možné využiť *maticu moci a záujmu* v konkrétnom prostredí. Prvou oblasťou je vymedzenie siedmich základných tém uvedených v obr. 4. Následne je nutné si uvedomiť, že samosprávny celok nie je kompaktným územím. Obyvatelia jeho jednotlivých lokalít majú svoje vlastné záujmy, a preto je nevyhnutné zohľadňovať geografické členenie celku. Nakoniec je dôležité uvažovať o jednotlivých sektoroch, ktorými je tvorená

<sup>7</sup> Na presadenie svojich záujmov napríklad v oblasti životného prostredia, či ľudských práv môže vláda, verejné záujmové skupiny a miestne spoločenstvá využívať rôzne formy „politického, právneho, sociálneho a vládneho tlaku“ [15, s. 118].

spoločnosť daného celku. Jedná sa o verejný sektor, neziskový súkromný sektor, podnikateľský sektor a v neposlednej rade o významný sektor domácností.

Tieto oblasti môžeme nájsť v každej municipalite. Avšak v niektorých prípadoch sa môžeme stretnúť s určitými špecifikami, ktoré však nemôžeme zahrnúť medzi všeobecné znaky analýzy. Keďže sme sa doteraz nestretli so záväzným vymedzením stakeholderov v rámci municipality, respektíve v resilient city, autorský kolektív sa pokúsil pomocou metódy brainstormingu vymedziť na základe oblasti záujmu jednotlivých stakeholderov. Jednotlivé záujmové strany uvádzame v tab. 1.

Tab. 1 Zoznam stakeholderov pre aplikáciu konceptu resilient city v podmienkach SR

<i>Zainteresované strany pre resilient city</i>
<b>Spoločné orgány pre všetky oblasti</b>
• Orgány verejnej správy pre každú oblasť
• Mimovládne organizácie a občianske združenia
• Medzinárodné organizácie
• Orgány mesta (resilient city) - (mestský úrad, zastupiteľstvo,...)
<b>Špecifické orgány pre konkrétnu oblasť</b>
<b>Oblasť vzdelávania</b>
• Vzdelávacie inštitúcie (predškolské zariadenia, ZŠ, SŠ, univerzity, súkromné vzdelávacie inštitúcie)
• Výskumné pracoviská (univerzitný výskum, výskum organizovaný PO)
<b>Oblasť zdravotnej starostlivosti</b>
• Nemocnice
• Zdravotnícke zariadenia (polikliniky, hospice, ...)
• Farmaceutické spoločnosti
<b>Oblasť infraštruktúry</b>
• Telekomunikačná a informačná oblasť
o telekomunikačné spoločnosti
• Energetika (elektrina, plyn, ropa, teplo)
o výrobcovia, predajcovia, distribúcia, správcovia
• Vodné a odpadové hospodárstvo
o distribučné spoločnosti, správcovia rezervoárov pitnej vody, spoločnosti odpadového hospodárstva
• Dopravná oblasť (cestná, železničná, vodná, letecká)
o správcovia dopravných systémov, dispečerské strediská, logistické centrá, ...
<b>Sociálna a kultúrna oblasť</b>
• Politické strany
• Centrá sociálnych služieb
• Náboženské skupiny (cirkev,...)
• Občianske združenia (otázky menšín a etnických skupín)
<b>Oblasť riešenia krízových javov</b>
• Zložky integrovaného záchranného systému
• Právnické osoby podieľajúce sa na riešení krízových javov
• Subjekty podieľajúce sa na analýze rizík v území (tvorba územných plánov)
<b>Oblasť životného prostredia</b>
• Výrobné podniky s potenciálom znečistenia životného prostredia
<b>Ekonomická oblasť</b>
• Podniky
• Odborové zväzy a hnutia

Predpokladáme, že pomocou *matice moci/zájmu* dokážeme analyzovať prípadné prejavovanie záujmov stakeholderov pri riešení neštruktúrovaných problémov. Každú geografickú oblasť danej municipalita by bolo možno skúmať práve na základe identifikácie zainteresovaných strán a ich vzťahu k subjektu a k riešenému projektu. Práve takáto identifikácia a následná analýza by mala napomôcť k vytvoreniu a rozšíreniu resilience city na Slovensku.

### Záver

Resilient city je predstavuje koncept pomocou, ktorého mesto prijíma viaceré opatrenia aby bolo schopné minimalizovať priame a nepriame škody z krízových javov. Zároveň je schopné včasne reagovať a rýchlo obnoviť základné služby pre obnovenie sociálnej, inštitucionálnej a ekonomickú aktivity v meste po krízovom jave. Oblasť záujmu pri resilient city sme si zadefinovali ako vzdelávanie, ekonomika, sociálno-kultúrna oblasť, zdravotníctvo, infraštruktúra, riešenie krízových javov a oblasť ochrany životného prostredia. V jednotlivých oblastiach sme v článku identifikovali viacerých stakeholderov, ktorí majú vplyv na vnímanie úrovne bezpečnosti v meste a na budovanie resilience v meste. V článku opisujeme metódu pomocou, ktorej je možné analyzovať mieru vplyvu jednotlivých stakeholderov a tým určiť ich dôležitosť pri aplikácii konceptu resilient city v podmienkach Slovenskej republiky.

### Grantová podpora

*Publikovanie príspevku je financované s podporou projektu IGP201602 Aplikácia konceptu resilient city v meste Žilina.*

### Použitá literatúra

- [1] HOCHRAINER, S.: *Macroeconomic risk management against natural disasters*, Viedeň: DUV, 2006.
- [2] NOVÁK, L. et al.: *Plánovanie zdrojov na riešenie krízových situácií*, Žilina: VŠEaMVS v Bratislave, 2010.
- [3] ŠIMÁK, L. 2004.: *Krízový manažment vo verejnej správe*, Žilina: FŠI ŽU, 2004.
- [4] PAUHOFOVÁ, I. et al.: *PARADIGMY ZMIEN V 21. STOROČÍ*, Bratislava: Ekonomický ústav Slovenskej akadémie vied, 2013.
- [5] ŠIMÁK, L. 2006.: *Manažment rizík*, Žilina: FŠI ŽU, 2006.
- [6] KLUČKA, J. 2015.: Resilience organizácie - teória a dôsledky. In *Riešenie krízových situácií v špecifickom prostredí*: 20. medzinárodná vedecká konferencia. 20. - 21. máj 2015, Žilina: Žilinská univerzita, 2015. - ISBN 978-80-554-1021-0. - S. 265-271.
- [7] WHITEHORN, G.: *Building organizational resilience in the Public Sector*. [cit.2015-23-08] dostupné na: <http://www.finance.gov.au/comcover/conferences/docs/July-2010-GrantWhitehorn-Presentation.pdf>.
- [8] UNISDR. 2009.: *UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction*. Geneva: UN [on line]. [cit. 2015-03-15]. Available at: [http://www.unisdr.org/files/7817\\_UNISDRTerminologyEnglish.pdf](http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf).
- [9] UNISDR. 2012.: *How To Make Cities More Resilient A Handbook For Local Government Leaders* [on line]. Geneva: UN. [cit. 2015-03-15]. Available at: [http://www.unisdr.org/files/26462\\_handbookfinalonlineversion.pdf](http://www.unisdr.org/files/26462_handbookfinalonlineversion.pdf).
- [10] UNISDR. 2016.: *Making Cities Resilient: My City is Getting Ready*. [on line]. [cit. 2015-03-15]. Available at: <http://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/home/index>.
- [11] MACHALOVÁ, T. 2008. Etika zodpovednosti. Karl-Otto Apel. In Remišová, A. (ed.) *Dejiny etického myslenia*. Bratislava: KALLIGRAM, 2008. ISBN 978-80-8101-103-0, s. 691 - 701.
- [12] GRASSEOVÁ, M. et al. 2010.: *33 nepoužívaných metod strategického řízení*. Brno: Computer Press, 2010. ISBN 978-80-251-2612-9, 325 s.
- [13] REMIŠOVÁ, A. 2011.: *Etika a ekonomika*. Bratislava: KALLIGRAM, 2011. ISBN 978-80-8101-402-4, 495 s.
- [14] ŠTEFÁNEK, R., et al. 2011.: *Projektové řízení pro začátečníky*. Brno: Computer Press, 2011. ISBN 978-80-251-2835-0. 304 s.
- [15] LUKNIČ, A. 1994.: *Štvrtý rozmer podnikania - etika*. Bratislava: SAP - Slovak Academic Press, 1994. ISBN 80-85665-30-1, 342 s.



# Vývoj globálnych rizík a ich vplyv na podnikateľské prostredie Slovenskej republiky

## Development of Global Risks and their Influence on the Business Environment of the Slovak Republic

Ing. Denisa Janasová

Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva  
Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina, Slovenská republika  
denisa.janasova@fbi.uniza.sk

### Abstrakt

Článok prezentuje vývoj globálnych rizík, pričom vychádza z výsledkov prieskumu Global Risks Report 2016. Prvá časť je venovaná porovnaniu veľkosti globálnych rizík v období 11 rokov. Následne sa článok zaoberá komparáciou hodnotenia rizík celosvetovo a na Slovensku. Rizikám, ktoré boli hodnotené na Slovensku ako najväčšie, sú na základe výsledkov prieskumu priradené globálne trendy. Analýzou niektorých skutočností o aktuálnom dianí na Slovensku, je v stručnosti zhodnotený priebeh a vplyv posudzovaných trendov vo vybranej krajine. Záver poukazuje na menšiu intenzitu pôsobenia niektorých trendov, čo ale nevylučuje ich vplyv na identifikované riziká.

### Kľúčové slová

Globálne riziká, globálne trendy, Slovenská republika, podnikateľské prostredie.

### Abstract

The paper deals with the development of global risks. This work presents the survey results from Global Risks Report 2016. First part is focused on the comparison of global risks size during last 11 years. Thereafter the paper deals with risks assessment comparison worldwide and in the Slovak Republic. Based on the survey results, global trends are linked to risks, which were assessed as the greatest ones. The progress and influence of assessed trends in the Slovak republic is summarized by using an analysis of some facts about current state in the Slovak republic. Conclusion points to the less intensity of some trends, however, this does not exclude their influence on identified risks.

### Keywords

Global risks, global trends, Slovak Republic, business environment.

### Úvod

Podnik sa chápe ako otvorený, spoločensko-ekonomický a dynamický systém, ktorý je v interakcii s okolím. Jeho vývoj v čase je podmienený konkrétnymi vonkajšími a vnútornými podmienkami. Vonkajšie podnikateľské prostredie je už niekoľko rokov označované za turbulentné, ovplyvnené častými zmenami, na ktoré podnik nie je vždy pripravený. Typickým javom je vznik „prekvapení“, kedy je podnik konfrontovaný s neznámou a často ohrozujúcou udalosťou, ktorej príčiny ako aj vývoj (vplyv na podnik) nie je jasný. Podnik by mal byť pripravený rýchlo a efektívne reagovať na náhle diskontinuity vonkajšieho prostredia, ktoré formujú podmienky jeho vývoja. V súčasnosti je dôležité venovať pozornosť globálnym rizikám. Internacionalizácia podniku prináša na jednej strane príležitosti, na strane druhej sú podniky zraniteľnejšie z hľadiska globálnych rizík. Rozhodovanie o dlhodobých investíciách prebieha v stále zložitejšom prostredí, pretože odolnosť každého jedného podniku závisí od odolnosti jeho dodávateľov a odberateľov, ktorých obchodné reťazce môžu zahŕňať viaceré krajiny.

### Globálne riziká minulosti a súčasnosti

Správa Global Risks Report 2016 je v poradí 11. ročníkom prieskumu globálnych rizík z pohľadu podnikateľských subjektov, akademickej obce, verejného sektora a obyvateľstva. Globálne riziká sú rozdelené do piatich skupín na ekonomické, prírodné, technické, sociálne a geopolitické [1]. Zapojení respondenti boli požiadaní, aby určili riziká, ktoré považujú za najväčšie ohrozenie v prognóze 10 rokov. Nasledujúce tabuľky obsahujú výsledky odpovedí hodnotenia veľkosti dôsledku a pravdepodobnosti rizika aj z predchádzajúcich ročníkov prieskumu. Tab. 1 znázorňuje celosvetovo 5 rizík s najväčšou hodnotou pravdepodobnosti a tab. 2 s najväčšou uvádzanou hodnotou dôsledkov.

Tab. 1 Globálne riziká s najväčšou hodnotou pravdepodobnosti v jednotlivých rokoch [1]

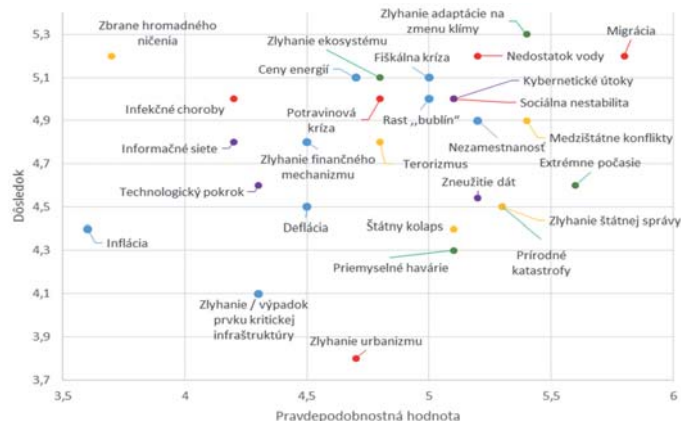
Rok	++++	+++	++	+	
2007	Zlyhanie info. infraštruktúry	Chronické ochorenia	Ceny energií	Ekonomická recesia v Číne	Kolaps cien aktív
	Technické r.	Sociálne r.	Ekonomické r.	Ekonomické r.	Ekonomické r.
2008	Kolaps cien aktív	Nepokoje na Strednom východe	Štátne nepokoje	Ceny energií	Chronické ochorenia
	Ekonomické r.	Geopolitické r.	Geopolitické r.	Ekonomické r.	Sociálne r.
2009	Kolaps cien aktív	Ekonomická recesia v Číne	Chronické ochorenia	Nedostatky medzinárodných inštitúcií	Následky globalizácie
	Ekonomické r.	Ekonomické r.	Sociálne r.	Geopolitické r.	Ekonomické r.
2010	Kolaps cien aktív	Ekonomická recesia v Číne	Chronické ochorenia	Fiškálna kríza	Nedostatky medzinárodných inštitúcií
	Ekonomické r.	Ekonomické r.	Sociálne r.	Ekonomické r.	Geopolitické r.
2011	Búrky a cyklóny	Záplavy	Korupcia	Strata biodiverzity	Zmena klímy
	Prírodné r.	Prírodné r.	Geopolitické r.	Prírodné r.	Prírodné r.
2012	Príjmová nerovnosť	Fiškálna nerovnováha	Emisie, skleníkový efekt	Kybernetické útoky	Nedostatok vody
	Sociálne r.	Ekonomické r.	Prírodné r.	Technické r.	Prírodné r.
2013	Príjmová nerovnosť	Fiškálna nerovnováha	Emisie, skleníkový efekt	Nedostatok vody	Starnutie populácie
	Sociálne r.	Ekonomické r.	Prírodné r.	Prírodné r.	Sociálne r.
2014	Príjmová nerovnosť	Extrémne počasie	Nezamestnanosť	Zmena klímy	Kybernetické útoky
	Sociálne r.	Prírodné r.	Ekonomické r.	Prírodné r.	Technické r.
2015	Medzinárodné konflikty	Extrémne počasie	Zlyhanie štátnej správy	Štátny kolaps	Nezamestnanosť
	Geopolitické r.	Prírodné r.	Geopolitické r.	Geopolitické r.	Ekonomické r.
2016	Migrácia	Extrémne počasie	Zlyhanie adaptácie na zmenu klímy	Medzinárodné konflikty	Priemyselné havárie
	Sociálne r.	Prírodné r.	Prírodné r.	Geopolitické r.	Prírodné r.

Ako riziká s najväčšou pravdepodobnosťou vzniku boli do roku 2010 vnímané ekonomické riziká. Prevažoval kolaps cien aktív, čo je možné dať do súvislosti s hospodárskou krízou. S krízou nepochybne súviseli aj ostatné skupiny rizík, hlavne geopolitické - štátne nepokoje a nedostatky v riadení medzinárodných inštitúcií. Pravdepodobnosť vzniku štátnych nepokojov bola označovaná hlavne v Európe [2]. Od roku 2011 boli za riziká s najpravdepodobnejším vznikom považované prírodné, kde ohrozenie predstavovalo hlavne extrémne počasie. Na popredných priečkach od roku 2012 sa následne umiestňujú sociálne riziká. V popredí sa nachádza predpoklad zvyšovania príjmovej nerovnosti. V roku 2016 vystriedalo riziko migrácie riziko medzinárodných konfliktov z roku 2015. Migráciu je možné označiť za výsledok domino efektu vzniku medzinárodných konfliktov.

Tab. 2 Globálne riziká s najväčšou hodnotou dôsledkov v jednotlivých rokoch [1]

Rok	++++	+++	++	+
2007	Kolaps cien aktív	Následky globalizácie	Medzinárodné a občianske vojny	Pandémia
	Ekonomické r.	Ekonomické r.	Geopolitické r.	Sociálne r.
2008	Kolaps cien aktív	Následky globalizácie	Ekonomická recesia v Číne	Ceny energií
	Ekonomické r.	Ekonomické r.	Ekonomické r.	Sociálne r.
2009	Kolaps cien aktív	Následky globalizácie	Ceny energií	Chronické ochorenia
	Ekonomické r.	Ekonomické r.	Ekonomické r.	Sociálne r.
2010	Kolaps cien aktív	Následky globalizácie	Ceny energií	Chronické ochorenia
	Ekonomické r.	Ekonomické r.	Ekonomické r.	Sociálne r.
2011	Fiskálna kríza	Zmena klímy	Medzinárodné konflikty	Kolaps cien aktív
	Ekonomické r.	Prírodné r.	Geopolitické r.	Ekonomické r.
2012	Sys. finančný úpadok	Nedostatok vody	Nedostatok jedla	Kolaps cien aktív
	Ekonomické r.	Prírodné r.	Sociálne r.	Ekonomické r.
2013	Sys. finančný úpadok	Nedostatok vody	Fiskálna nerovnováha	Zbrane hromadného ničenia
	Ekonomické r.	Prírodné r.	Ekonomické r.	Geopolitické r.
2014	Fiskálna kríza	Zmena klímy	Nedostatok vody	Nezamestnanosť
	Ekonomické r.	Prírodné r.	Prírodné r.	Ekonomické r.
2015	Nedostatok vody	Infekčné choroby	Zbrane hromadného ničenia	Medzinárodné konflikty
	Sociálne r.	Sociálne r.	Geopolitické r.	Geopolitické r.
2016	Zlyhanie adaptácie na zmenu klímy	Zbrane hromadného ničenia	Nedostatok vody	Migrácia
	Prírodné r.	Geopolitické r.	Prírodné r.	Sociálne r.

Za riziká s najväčšími dôsledkami vzniku sú považované ekonomické riziká. Čo sa týka ich početnosti umiestnenia v súhrnnej tab. 2, tento stav bol výrazný až do roku 2012. Ako v tab. 1, aj tu prevláda riziko kolapsu cien aktív, avšak za významné boli hodnotené aj dôsledky fiskálnej krízy a následky globalizácie. Následky globalizácie si rovnako ako riziko cien aktív držia svoju vyššiu hodnotu v priebehu 4 rokov. Od roku 2013 boli považované za významné z hľadiska dôsledkov prírodné riziká. Za zaujímavé možno považovať vyhodnotenie prieskumu v roku 2015, kde výrazne oproti predchádzajúcim ako i nasledujúcemu roku prevládajú sociálne a geopolitické riziká. Z geopolitických rizík je to hlavne rozširovanie zbraní hromadného ničenia a medzinárodné konflikty, ktoré jednoznačne spolu súvisia. Porovnaním oboch tabuliek je vidieť rozdiely vo vnímaní pravdepodobnosti (resp. očakávaní) vzniku globálnych rizík a veľkosti ich možných dôsledkov. Rozdielne sú hodnotené nielen jednotlivé skupiny rizík, ale aj umiestnenie konkrétnych rizík v tabuľkách. Ako príklad porovnania je možné uviesť rok 2011, kde najväčšiu hodnotu pravdepodobnosti dosiahli prírodné riziká, avšak čo sa týka negatívnych dôsledkov, najviac obávanými rizikami boli ekonomické. Hodnoty pravdepodobnosti a dôsledkov ekonomických rizík v posledných rokoch poklesli a prevláda hlavne znepokojenie z pôsobenia rizík prírodného, geopolitického a sociálneho charakteru.

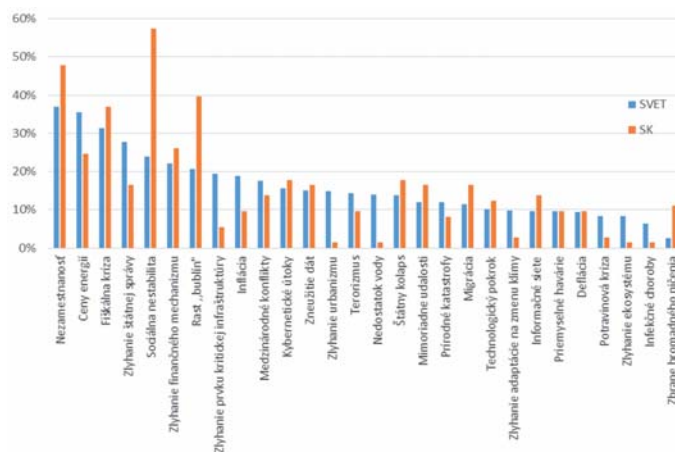


Obr. 1 Znáznornenie veľkosti globálnych rizík v roku 2016 [1]

Obr. 1 znázorňuje veľkosť ohodnotenia globálnych rizík v roku 2016, respektíve znázornenie globálnych rizík v karteziánskej súradnicovej sústave, taktiež je možné si obrázok spojiť aj so znázornením rizík do matice rizík. Stupnica hodnotenia pravdepodobnosti aj dôsledkov bola od 1 (najmenšia) po 7 (najväčšia). Za najzávažnejšie riziko je v roku 2016 vnímaná migrácia. Z pomedzi hodnotených rizík jej bola priradená najvyššia hodnota pravdepodobnosti vzniku, pričom z hľadiska negatívnych dôsledkov obsadila štvrté miesto. Druhým významným rizikom je zlyhanie adaptácie na zmenu klímy. Toto riziko dosiahlo v prieskume najvyššiu hodnotu možných negatívnych dôsledkov a tretiu najvyššiu hodnotu pravdepodobnosti vzniku. Tretím najväčším rizikom v roku 2016 je riziko nedostatku vody a to aj napriek tomu, že v tab. 1 sa nenachádza medzi piatimi rizikami s najväčšou hodnotou pravdepodobnosti. Opačným príkladom je následne štvrté najväčšie riziko, riziko medzinárodných konfliktov, ktoré má vysokú hodnotu pravdepodobnosti vzniku, avšak dôsledky jeho pôsobenia sú vnímané za menšie. V minulosti boli za významné považované hlavne ekonomické riziká. V roku 2016 sa umiestnilo riziko fiskálnej krízy až na šiestej pozícii a to súčasne s rizikom kybernetických útokov (technologické riziko) a sociálnou nestabilitou (sociálne riziko). Otázkou ostáva, či respondenti prieskumu vnímajú zníženie ekonomických rizík v dôsledku prijímania rôznych opatrení alebo dôvodom daného stavu je skôr uvedomenie si väčšieho ohrozenia a prepojenia geopolitických, sociálnych a prírodných rizík.

**Globálne riziká z pohľadu podnikateľských subjektov**

Za najväčšie riziká považujú podnikatelia hlavne fiskálnu krízu, nezamestnanosť, vznik „bublín“, a kolísanie cien energií. Ekonomická riziká prevažujú v odpovediach z Európy. Podnikatelia zapojení do prieskumu boli požiadaní, aby zo zoznamu 29 globálnych rizík vybrali päť, ktoré považujú za najväčšie ohrozenie pre podnikanie vo svojej krajine. Odpovede zo 140 ekonomík odhalili znepokojenie na regionálnej úrovni, prameniace zo situácie v ich krajine. Tieto výsledky odpovedí môžu užitočným spôsobom informovať o možnostiach zapojiť aj súkromný sektor pri prijímaní opatrení voči globálnym rizikám [3].



Obr. 2 Porovnanie vnímania globálnych rizík vo svete a na Slovensku v roku 2016 [3]

Obr. 2 porovnáva výsledky prieskumu podnikateľských subjektov zo Slovenska a celkovo za svet. Do päťice rizík, ktoré podnikateľské subjekty považujú za najväčšie ohrozenie svojej činnosti v krajine, a to v rámci celosvetového priemeru, sa dostali riziká nezamestnanosti, cien energií, fiskálnej krízy, zlyhania štátnej správy a sociálnej nestability. Prvé tri najčastejšie označované riziká patria do skupiny ekonomických, nasleduje geopolitické a sociálne riziko. Podnikateľské subjekty na našom území vnímajú pôsobenie globálnych rizík v porovnaní s celosvetovým priemerom odlišne.

Najčastejšie bolo označované riziko sociálnej nestability a až ako ďalšie ohrozenia sú vnímané ekonomické riziká - nezamestnanosť, rast „bublín“, fiškálna kríza a zlyhanie finančného mechanizmu.

Za najväčšie riziko považujú slovenskí podnikatelia sociálnu nestabilitu, ďalšie riziká patriace do skupiny sociálnych rizík sa umiestnili na posledných priečkach, rovnako ako riziká prírodného charakteru. Pri porovnaní piatich najobávanejších globálnych rizík za Slovensko, približne rovnaké označili aj podnikatelia zo susedných krajín. Prevažujú hlavne ekonomické riziká. Zastúpené sú aj geopolitické a sociálne riziká (tab. 3).

Tab. 3 Najobávanejšie globálne riziká v jednotlivých štátoch [3]

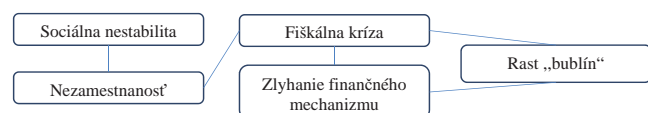
	Globálne riziko				
	++++	+++	++	+	
SK	Sociálna nestabilita	Nezamestnanosť	Rast „bublín“	Fiškálna kríza	Zlyhanie finančného mechanizmu
CZ	Medzinárodný konflikt	Kybernetický útok	Fiškálna kríza	Migrácia	Rast „bublín“
PL	Medzinárodný konflikt	Nezamestnanosť	Fiškálna kríza	Zlyhanie finančného mechanizmu	Sociálna nestabilita
UA	Sociálna nestabilita	Inflácia	Nezamestnanosť	Fiškálna kríza	Ceny energií
HU	Migrácia	Zlyhanie štátnej správy	Sociálna nestabilita	Rast „bublín“	Fiškálna kríza
AT	Nezamestnanosť	Rast „bublín“	Fiškálna kríza	Zlyhanie finančného mechanizmu	Medzinárodný konflikt

Poradie najčastejšie označovaných rizík v jednotlivých štátoch sa odvíja hlavne od aktuálnej situácie na ich území. Ako napríklad situácia s migrantami na území Maďarska, na ktorú je možné naviazovať i nasledujúce riziká - zlyhanie štátnej správy a sociálnu nestabilitu. Len v Maďarsku, v porovnaní s ostatnými uvedenými štátmi, považujú podnikatelia za tri najväčšie ohrozenia predovšetkým sociálne a geopolitické riziká. V Česku sa na druhom mieste umiestnilo riziko kybernetického útoku, kde v súvislosti s týmto rizikom je možné spomenúť útok na české banky v roku 2013 alebo na Najvyššie štátne zastupiteľstvo v minulom roku. V súčasnosti české médiá informujú o vzniku výcvikového centra proti kybernetickým útokom. Odlišnosť v umiestnení globálnych rizík je vidieť aj pri Rakúsku, kde na prvých priečkach sa umiestnili len ekonomické riziká, pričom riziko medzinárodného konfliktu podľa rakúskych podnikateľov ovplyvní ich podnikanie v porovnaní so susednými štátmi v menšej miere.

Podnikateľské subjekty by mali venovať pozornosť globálnym rizikám, ktoré môžu značným spôsobom ovplyvniť ich činnosť. V súvislosti s globalizáciou je dôležité sa zaoberať nielen vonkajšími rizikami v našej krajine, ale aj v ostatných krajinách. Minimálne v štátoch, do ktorých zasahujú obchodné reťazce podnikov. Dôležité je venovať pozornosť aktuálnemu daniu a svojimi aktivitami sa snažiť minimalizovať ich nepriaznivé účinky na podnikanie, prípadne sa snažiť ich obrátiť vo svoj prospech.

### Globálne riziká a Slovenská republika

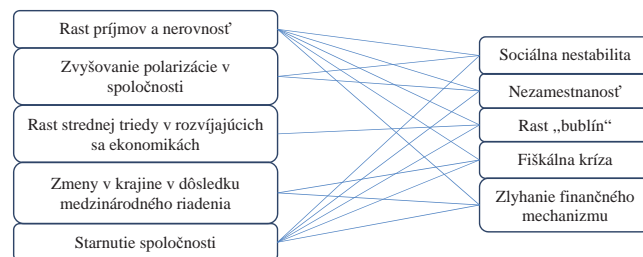
Medzi piatimi rizikami, ktoré predstavujú pre slovenských podnikateľov najväčšie ohrozenie, existuje úzke prepojenie, znázornené na nasledujúcom obr. 3.



Obr. 3 Prepojenie globálnych rizík [1]

Prepojenie globálnych rizík sa odvíja od ich naviazania na globálne trendy, respektíve je ich možné chápať ako dôsledok týchto trendov. Globálnym trendom sa označuje dlhodobý vzor vývoja v spoločnosti, ktorý prispieva k zosilneniu globálnych rizík alebo mení vzťah medzi nimi. V prieskume Global Risks Report boli respondenti požiadaní, aby uviedli tri trendy, ktoré

považujú za významné pri formovaní súčasného vývoja spoločnosti a každému trendu priradili tri riziká, ktoré z nich vyplývajú [4]. Označených päť najväčších rizík za Slovensko, formuje podľa celosvetového priemeru hlavne päť globálnych trendov uvedených na nasledujúcom obrázku.



Obr. 4 Vplyv globálnych trendov na riziká [4]

Uvedené trendy, ktoré vplyvujú na najväčšie riziká stanovené slovenskými podnikateľmi, predstavujú najčastejšie označované nielen zo Slovenska, ale vo všetkých zúčastnených krajin prieskumu. Na Slovensku sa umiestnilo rozličné poradie najväčších rizík, preto je predpoklad, že dané trendy nemusia byť rovnako vnímané slovenskými podnikateľmi. Respektíve uvedené trendy nemusia bezpodmienečne ovplyvňovať podnikanie na našom území. Vhodné je porovnať informácie o aktuálnom dianí na Slovensku, ktoré s nimi súvisia.

Veľké sociálno-ekonomické rozdiely medzi bohatými a chudobnými sú vnímané ako negatívny trend rastu príjmov a nerovnosti bohatstva, ktorého dôsledkom sú viaceré ohrozenia podnikania. Slovensko zaznamenalo za posledných päť rokov druhý najvyšší rast príjmov po Poľsku v rámci krajín Európskej únie. Za posledných 10 rokov sa zvyšoval v priemere o 3,5 % ročne. Výraznú zmenu možno vidieť v roku 2015, kedy ich miera rastu bola 8 %. Pomerne vyššie zvýšenie minimálnej mzdy oproti predchádzajúcim rokom je zaznamenané hlavne v posledných dvoch rokoch. Čo sa týka rozdelenia bohatstva, to sa líši nielen medzi, ale aj v rámci jednotlivých krajín. V štúdiu skupina Allianz vypočítala Giniho koeficient, ktorý porovnáva bohatstvo krajín. Slovensko má najnižšiu hodnotu Giniho koeficientu zo všetkých analyzovaných krajín, ktorých bolo viac ako 50. Hodnota 42,3 je pod celosvetovým priemerom 60,7 a rovnako aj pod priemerom pre východnú Európu. To znamená, že rozdelenie bohatstva na Slovensku je veľmi rovnomerné. Nerovnosť bohatstva je výrazná napríklad v USA, kde Gini koeficient má hodnotu 80,6.

Najčastejšie označovanou príčinou vzniku rizík je aj starnutie populácie. Podľa štatistických údajov, sa tento trend dotýka aj Slovenska. Závery z Demografického atlasu Slovenskej republiky z roku 2015 poukazujú na starnutie a vymieranie obyvateľstva. Rodí sa málo detí, pričom prirodzený prírastok obyvateľov existuje len v necelej polovici slovenských okresov. Do roku 2035 sa prognózujú dva hlavné trendy - starnutie a znižovanie počtu obyvateľov, tzv. depopulácia. V júni 2013 bol ukončený národný projekt Stratégia aktívneho starnutia. Následne bol vypracovaný Národný program aktívneho starnutia na roky 2014-2020. Ide o programový dokument zameraný na podporu ľudských práv starších osôb prostredníctvom verejných podporných politík. Tieto dokumenty nevymedzujú populačné starnutie do budúcnosti primárne ako ohrozenie, ale zameriavajú sa na dosahovanie vyššej úrovne rozvoja spoločnosti, súdržnosti a medzigeneračnej udržateľnosti.

Zvyšovanie polarizácie, respektíve neschopnosť dosiahnuť dohodu o kľúčových otázkach v rámci jednotlivých krajín kvôli rozdielnym politickým alebo náboženským názorom, podľa prieskumu vplyva na sociálnu nestabilitu a nezamestnanosť. Na Slovensku je polarizáciu možné skôr pripísať rasovej neznášanlivosti. V nedávnej minulosti sa riešila otázka maďarského

etnika, v súčasnosti sa do popredia dostáva neznášanlivosť voči Rómom. Táto situácia vyústila až do výhry extrémistickej strany v parlamentných voľbách.

Zmeny v krajine v dôsledku medzinárodného riadenia ovplyvňujú zvyšovanie dvoch rizík - fiškálnu krízu a zlyhanie finančného mechanizmu. Tento trend môže byť vnímaný na Slovensku hlavne zo strany Európskej únie ako zásahy do riadenia. Krajiny patriace do eurozóny majú spoločnú určitú koordináciu hospodárskych politík. Mechanizmus, ktorý koordinoval fiškálne politiky členských štátov bol najskôr Pakt stability a rastu, ktorý pod hrozbou sankcií stanovil pravidlá limitujúce deficit verejných financií a verejný dlh. Stanovené pravidlá boli opakovane porušované a možné sankcie neboli v praxi nikdy uplatnené. Najnovšie opatrenie z roku 2013 Two-Pack stanovuje povinnosť členských štátov eurozóny predkladať rozpočty na posúdenie Európskej komisii, skôr ako budú schválené v parlamente. Koordinácia a kontrola fiškálnej politiky vyvoláva otázky, v ktorých proti sebe stojí rozpočtová suverenita a demokratická legitimita proti rozpočtovej zodpovednosti.

Rast strednej triedy v rozvíjajúcich sa ekonomikách sa spája hlavne s rastom „bublin“, s predraženými aktívami ako komodity, bývanie, akcie a podobne, a to v rozvinutých ekonomikách či regiónoch. Na jednej strane hovoríme o trende rastu strednej triedy v rozvíjajúcich sa ekonomikách, na strane druhej o poklese strednej triedy vo vyspelých ekonomikách a prehľbovaní príjmovej nerovnosti. Napriek tomu nemožno povedať, že stredná trieda u nás rastie. Ekonomické centrá sú na Slovensku nerovnomerne rozložené čo spôsobuje, že v niektorých mestách stredná trieda vymizla. Analytici v súvislosti so strednou triedou hovoria, že na jednej strane štát síce vytvára podmienky na vznik pracovných miest, malých podnikov a živností, ale na strane druhej je vidieť veľký vplyv finančných skupín a podnikov, ktoré využívajú vo veľkej miere štátne dotácie.

## Záver

Vnímanie ohrozenia vplyvom pôsobenia globálnych rizík sa za posledných 10 rokov zmenilo. Do popredia sa celosvetovo dostávajú prírodné, geopolitické a sociálne riziká, ktoré sú hlavne zo strany akademickej obce, verejného sektora a obyvateľstva vnímané ako najväčšie ohrozenia súčasnej doby. Podnikatelia majú stále obavy, tak ako tomu bolo aj v minulosti, z ekonomických rizík. Za významné činitele ovplyvňujúce vnímanie rizík je možné označiť globálne trendy - súčasné vzory vývoja spoločnosti. Medzi globálne trendy, ktoré zasiahli aj Slovensko, možno zaradiť rast príjmov, starnutie obyvateľstva, zvyšovanie polarizácie a zmeny v krajine v dôsledku medzinárodného riadenia. Nerovnosť bohatstva a rast strednej triedy v rozvíjajúcich sa ekonomikách neovplyvňuje na Slovensko v takej intenzite ako je to v iných krajinách. Napriek tomu nemožno podceňovať z nich vyplývajúce globálne riziká z dôvodu vzájomného prepojenia rizík ako aj prepojenia rizík a globálnych trendov.

*Príspevok je publikovaný v rámci riešenia projektu IGP 201606.*

## Použitá literatúra

- [1] The Global Risks Report 2016: *11<sup>th</sup> Edition*, 2016. Geneva: *Word Economic Forum*. [cit. 2016-15-06]. Dostupné na: [http://www3.weforum.org/docs/GRR/WEF\\_GRR16.pdf](http://www3.weforum.org/docs/GRR/WEF_GRR16.pdf).
- [2] *Europe@Risk: A Global Risk Network Briefing*, 2008. Geneva: *Word Economic Forum*. [cit. 2016-16-06]. Dostupné na: [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_GlobalRisks\\_Europe\\_Briefing\\_2008.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalRisks_Europe_Briefing_2008.pdf).
- [3] Global Risks of Highest Concern for Doing Business. Geneva: *Word Economic Forum*. [cit. 2016-20-06]. Dostupné na: <http://reports.weforum.org/global-risks-2016/eos/#>.
- [4] The Risks-Trends Interconnections Map 2016 How are global trends connected to global risks? Geneva: *Word Economic Forum*. [cit. 2016-15-06]. Dostupné na: <http://reports.weforum.org/global-risks-2016/global-risks-landscape-2016/#trends>.

# Simulácia degradácie polystyrénu v skladbe strešného plášt'a namáhaného podľa normovej teplotnej krivky

## Simulation of Degradation Polystyrene in Structure of Roof Stressed According to Standard Fire Curve

Ing. Radovan Kostelník

doc. Ing. Juraj Olbřímek, PhD.

Slovenská technická univerzita, Stavebná fakulta  
Radlinského 11, 813 68 Bratislava, Slovenská republika  
aradovan.kostelnik@stuba.sk, bjuraj.olbrimek@stuba.sk

### Abstrakt

Budovy sú významným spotrebičom energie ako pri výstavbe, tak aj pri jej užívaní. Preto je celosvetovým trendom znižovať túto potrebu energie, čo má za následok čoraz väčšie množstvo tepelnoizolačných stavebných materiálov v **obalovej konštrukcii budovy**. Prísne **tepelnotechnické kritéria** pre strešný plášť **zvyšujú hrúbky tepelnoizolačných materiálov**, preto z **ekonomického hľadiska** projektanti navrhujú **kombináciu tepelnej izolácie** na báze **minerálnej vlny** a **expandovaného penového polystyrénu**. Táto práca je zameraná na **simulovanie strešnej konštrukcie s nízkym súčiniteľom prechodu tepla** pri **namáhaní normovým požiarom**. Bol skúmaný nárast teploty v polystyréne na kritickú hodnotu kedy sa začínajú **rozpadat' polyméry v polystyréne**. Skúmal sa čas kedy začne zo strešnej konštrukcie **kvapkať horľavý styren**.

### Kľúčové slová

Polystyrén, styren, normová teplotná krivka, kritická teplota, simulácia, rozpad polymérov.

### Abstract

The buildings are significant consumer energy in building process as well as in its use. Therefore, the global trend is reducing the need of energy, which results is an increasing number of thermal insulation materials in the building envelop. The strict requirements of thermal protection for roof structure increasing thickness thermal insulation materials, therefore the architects design combination of thermal insulation from mineral wool and from expanded polystyrene. This work is focused to simulation of roof structure with low overall heat transfer coefficient, stressed according to standard fire curve. It was researched increasing temperature for polystyrene to critical value, when began decomposition of polymers in polystyrene. It was researched time, when began dropped combustible styrene from roof structure.

### Keywords

Polystyrene, styrene, standard fire curve, critical temperature, simulation, decomposition of polymers.

### Úvod

Moderná doba núti ľudstvo k zamysleniu sa nad celosvetovou potrebou energie a nad jej vplyvom na globálne otepľovanie. V posledných rokoch začal nový trend tzv. zbavovania sa závislosti na energii vyprodukovanej z fosílnych palív a následne zvyšovanie produkcie energie z obnoviteľných zdrojov.

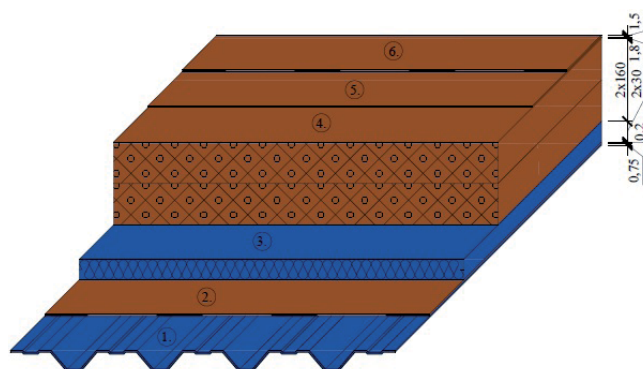
Jedným z významných **konzumentov energie je budova**, ktorá ju spotrebúva počas celého svojho životného cyklu. Jeden z hlavných činiteľov podieľajúcich sa na **spotrebe energie** v budove, je **potreba tepla na vykurovanie a chladenie**. Potrebu tepla na vykurovanie ovplyvňuje viacero faktorov, medzi ktorými má výrazne

zastúpenie teplovýmenný obal budovy. Z ekonomického hľadiska má dodržiavanie **tepelnoizolačných kritérií** [1, 2], nezanedbateľný podiel na vstupných a prevádzkových nákladoch. Ekonomické hľadisko je dôležitý faktor pri návrhu budovy a núti architektov a projektantov k zabudovávaniu tepelnoizolačných stavebných materiálov s **horšou triedou reakcie na oheň**. Zvyšovanie hrúbok stavebných materiálov s triedou reakcie na oheň - E [3], vedie k problémom s hľadiska protipožiarnej bezpečnosti budov.

### Návrh strešného plášt'a

Návrh strešného plášt'a nad halovými objektmi zahŕňa viacero špecifik. V dôsledku **preklenutia väčších rozponov** je potrebné znižovať **vlastnú tiaž strešného plášt'a**. Zníženie tiaže sa dosahuje zabudovaním stavebných materiálov s **nízkou objemovou tiažou**. Dôležitú úlohu pri návrhu zohráva **multifunkčné využitie objektu**. **Tepelnoizolačné kritéria**, ktoré sú v poslednom období zavádzané do praxe v podstatnej miere **zvyšujú hrúbku strešného plášt'a**, čo má dopad nie len na ekonomickú stránku v príprave projektu, ale aj na oblasť **protipožiarnej bezpečnosti budov**. V súčasnosti sa v praxi čoraz viac objavuje použitie **kombinácie dvoch tepelnoizolačných materiálov** obr. 1. Spodná tepelnoizolačná vrstva skladby strešného plášt'a je tvorená doskami z minerálnej vlny, s **triedou reakcie na oheň A1**. Horná tepelnoizolačná vrstva v skladbe je tvorená doskami z expandovaného penového polystyrénu, s **triedou reakcie na oheň E**. Skladba strešného plášt'a vstupujúca do simulácie tab. 1, spĺňa v súčasnosti platné kritéria súčiniteľa prechodu tepla konštrukciou rovnica (1) Splnenie kritéria súčiniteľa prechodu tepla [1, 2].

$$U_{r1} = 0,1W / (m^2 \cdot K) > U = 0,997W / (m^2 \cdot K) \quad (1)$$



Obr. 1 Axonometria fragmentu strechy vstupujúceho do simulácie

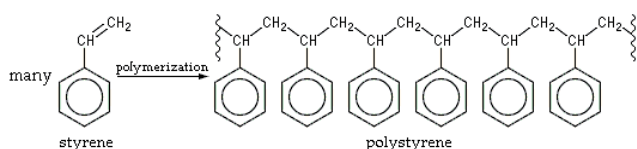
Tab. 1 Skladba strešného plášt'a s popisom jednotlivých vlastností

Číslo vrstvy	Názov vrstvy	Hrúbka [mm]	Objemová hmotnosť [kg/m <sup>3</sup> ]	Súčiniteľ tep. vodivosti [W/(m*K)]	Merná tep. kapacita [J/(kg*K)]	Trieda reakcie na oheň
1.	Trapézový plech HP 150/280/0,75; S 320 GD	0,75	7 850	50,000	540	A1
2.	Parozábrana PVC parotesná fólia	0,20	1 400	0,160	1 470	E
3.	Tepelná izolácia kamenná vlna	60,00	110	0,041	1 000	A1
4.	Tepelná izolácia expandovaný penový polystyrén	320,00	20	0,038	1 270	E
5.	Separáčna vrstva geotextília 200 g/m <sup>2</sup>	1,80	110			E
6.	Hydroizolácia PVC fólia	1,50	1 400	0,160	960	E

Európska klasifikácia požiarnej charakteristik stavebných výrobkov, zjednodušila orientáciu v požiarnej vlastnostiach používaných materiálov. Napriek tomu slovenský trh ponúka stavebné výrobky, ktoré **nemajú preukázanú triedu reakcie na oheň**, preto sa nedá predpokladať ich správanie v prípade požiaru [3].

### Polyméry v polystyréne

Je všeobecne známe, že polystyrén (1-fenyletylén) je polymér, ktorý najčastejšie vzniká radikálovou polymerizáciou monomérmeho styrénu (etenylbenzén) obr. 2. Pre zabezpečenie tepelnej izolácie v budovách sa najčastejšie používajú dva typy polymérneho materiálu - **expandovaný a extrudovaný polystyrén**.

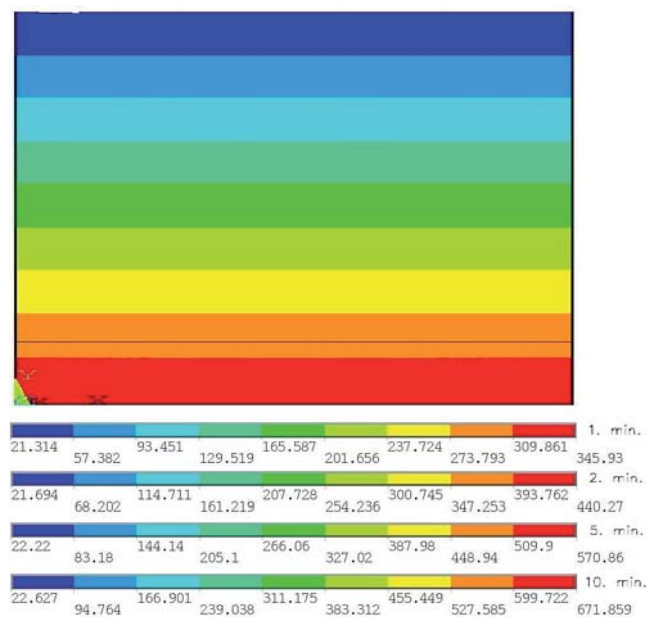


Obr. 2 Chemická formula polymerizácie polystyrénu

Používanie polystyrénu v stavebníctve prináša výhody ale aj nevýhody, ktoré sú v najväčšej miere zastúpené teplotnou degradáciou. Prvá **termická degradácia polystyrénu** nastáva pri teplote okolo 70 °C, kedy dochádza k strate fyzikálno-chemických a fyzikálno-mechanických vlastností. Z požiarnej bezpečnostného hľadiska je **podstatnejšia druhá termická degradácia**, kedy sa začínajú rozpadat' väzby v polymére a vzniká **horľavý styren**. Riziko **padajúcich horľavých kvapiek styrénu** zo strešného plášt'a je pri nevhodnej skladbe veľmi vysoké. Teplota tvorby styrénu sa ovplyvňuje **retardáciou**.

### Simulácia

Mechanizmus **termickej degradácie** polystyrénu je predmetom skúmania od polovice 20. storočia a so zväčšujúcim sa množstvom typov polystyrénu, sa ovplyvňuje teplotná oblasť deštrukcie. Stanovenie presnej **teploty tvorby styrénu** je bez **konkrétnej skúšky** pre daný typ polystyrénu nemožné. K teplotnej deštrukcii reťazca polystyrénu najčastejšie dochádza v **teplotnej oblasti (300 - 400) °C** [4, 5].



Obr. 3 Priebeh teploty v 2D fragmente strešného plášt'a namáhaného normovým požiarom v časoch (1., 2., 5. a 10. minúte)

Simulácia bola vykonaná v simulačnom programe ANSYS, v ktorom **2D fragment** strešného plášt'a bol namáhaný **normovou teplotnou krivkou** z interiérovej strany s odporom pri prestupe tepla  $R_{si} = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$ . Vonkajšia teplota bola konštantná s hodnotou 20 °C s odporom pri prestupe tepla  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

V simulácii sa neuvážovalo so **zmenou materiálových vlastností** v závislosti na **zvyšujúcej sa teplote**. Skúmalo sa rozloženie teplôt v jednotlivých vrstvách 2D fragmentu v **závislosti na čase**.

Z výsledkov simulácie vyplýva, že **riziko tvorby horľavého styrénu je vysoké** a v uvažovanej skladbe strešného plášt'a nastáva **po prvej minúte** obr. 3. Podľa simulácie a času potrebného na evakuáciu osôb prestrešeného priestoru je možné **určiť bezpečné hrúbky** tepelnej izolácie na báze minerálnej vlny a polystyrénu.

Odkvapávajúci horúci styren pri dvojjónovom modeli predstavuje veľké riziko pre **evakuované osoby**. Tu bola výhodná pôvodná stredneozmerová skúška podľa ČSN odkvapkávania a odpadávania, ktorá jednoznačne definovala tieto vlastnosti.

Tepelná izolácia na báze minerálnej vlny v skladbe strešného plášt'a sa musí skladať **minimálne z dvoch vrstiev**, minimálnej hrúbky 60 mm (2 x 30 mm) a so **vzájomným prekrytím stykov**, pričom vlastný **plech tvorí tretiu vrstvu proti pretečeniu**. Kvapkanie horľavého styrénu **závisí od porušenia týchto stykov**. Porušenie stykov v minerálnej vlně a plechu pri požari nastáva z dôvodu **rôznej teplotnej rozťažnosti** stavebných materiálov v skladbe. Na ich zabránenie je potrebné vykonať dodatočné opatrenia v plechu.

### Záver

**Kombinácia** dvoch tepelnoizolačných materiálov na **rôznej materiálovej báze** je z **požiarnebezpečnostného hľadiska vhodná**, za splnenia poradia vrstiev, jednotlivých hrúbok a **detailov stykov a spojov**.

Vhodnosť použitia kombinácie dvoch tepelnoizolačných materiálov na rôznej materiálovej báze z konštrukčného hľadiska je otázná. Vzájomné ovplyvňovanie sa spojené s následnou degradáciou je predmetom ďalšieho skúmania.

### Pod'akovanie

*Autori vyjadrujú pod'akovanie vedeckej grantovej agentúre Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied (VEGA) za finančnú podporu (grant 1534, 1F5722).*

### Použitá literatúra

- [1] STN 73 0540 - 2: Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Časť 2: Funkčné požiadavky.
- [2] STN 73 0540 - 3: Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Časť 3: Vlastnosti prostredia a stavebných výrobkov.
- [3] STN EN 13501 - 1 + A1: Klasifikácia požiarnej charakteristik stavebných výrobkov a prvkov stavieb. Časť 1: Klasifikácia využívajúca údaje zo skúšok reakcie na oheň.
- [4] GRASSIE, N.; KERR, W.W.: *Trans. Faraday Soc.*, 53, 234 (1957).
- [5] GORDON, M.: *J. Phys. Chem.* 64, 19 (1959).

# Nasadenie povodňovej techniky pri mimoriadnych udalostiach v Žilinskom kraji

## Flood Technics Deployment in Emergencies in Žilina Region

Ing. Bohuslava Kozičová<sup>1</sup>

Ing. Milan Dermek<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Krajské riaditeľstvo HaZZ v Žiline

J. Kráľa 4, 010 01 Žilina, Slovenská republika

<sup>2</sup>Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva

Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina, Slovenská republika

Bohuslava.Kozicova@minv.sk, Milan.Dermek@fbi.uniza.sk

### Abstrakt

Príspevok sa venuje problematike nasadenia povodňovej techniky pri mimoriadnych udalostiach v Žilinskom kraji. V prvej časti opisujeme jednotlivé typy povodňovej techniky na území kraja a ich možnosti použitia. V druhej časti sa venujeme nasadzovaniu povodňovej techniky pri mimoriadnych udalostiach.

### Kľúčové slová

Povodňová technika, aktívne povodňové opatrenia, mimoriadna udalosť.

### Abstract

This paper considers the issue of deployment of special flood equipments in emergencies in Žilina Region. The first part describes the different types of flood technology in the region and their possible uses. In the second part we consider the possibility of using this technics in flood emergencies.

### Keywords

Flood technics, active flood measures, emergency incident.

### Úvod

Povodne každoročne spôsobujú veľké škody na našom majetku. Napríklad v lete v roku 2014 došlo po dlhotrvajúcich privalových dažďoch k zosunutiu svahu vo Vrátnej doline, čo malo za následok zničenie lanovkovej dráhy, absolútnu devastáciu desiatok osobných motorových vozidiel a mnohé ďalšie škody. Privalový dážď a prietrž spôsobili aj strhnutie príjazdovej komunikácie medzi obcou Terchová a Vrátnou dolinou. V obciach Žilinského okresu dochádzalo k vyplavovaniu domov, pivníc a zatopeniu ciest. Rýchly a účinný zásah nebol možný, už len z dôvodu rozsahu samotnej udalosti, ale i nedostatočných síl a prostriedkov na zvládnutie takto veľkorozmernej udalosti.

Projekt Aktívne povodňové opatrenia je súčasťou Operačného programu Životné prostredie v rámci prioritnej osi 2 Ochrana pred povodňami a jeho celkový rozpočet predstavuje sumu 159 719 101 Eur.

### Projekt aktívne povodňové opatrenia

Hlavnou ambíciou projektu je zvýšiť pripravenosť krajiny na povodne a zmierniť ich následky prostredníctvom zefektívnenia práce záchranných zložiek a zlepšenia ich technického vybavenia. Keďže celková výška škôd spôsobených povodňami za posledných desať rokov presiahla sumu 707 miliónov eur ministerstvo vnútra prostredníctvom projektu Aktívne protipovodňové opatrenia podporilo účinnú ochranu života a zdravia občanov, ich majetku, ochranu sociálnej a ekonomickej infraštruktúry, ako aj ochranu životného prostredia v čase záplav. Projekt zároveň prispel k zvýšenej ochrane členov zasahujúcich jednotiek a k efektívnejšiemu a rýchlejšiemu výkonu záchranných prác počas povodne ako aj po povodni.

Jednotlivé aktivity a ich rozmiestnenie boli navrhnuté na základe podrobnej analýzy povodňových rizík a zásahov v Slovenskej republike za posledné roky, na základe národných analýz vzťahujúcich sa k hodnoteniu povodňového rizika a tiež hĺbkovej komparačnej analýze dostupného a potrebného technického zásahového vybavenia profesionálnych zásahových jednotiek, ako sú Hasičský a záchranný zbor Ministerstva vnútra Slovenskej republiky, Dobrovoľný hasičský zbor a Slovenský vodohospodársky podnik, š.p.

S cieľom zmierniť negatívne dôsledky povodní na celom území Slovenska projekt podporil záchranné zložky na štyroch horizontálnych úrovniach (Minv.sk, 2016):

- miestna úroveň,
- regionálna úroveň,
- národná úroveň,
- európska úroveň.

Pomoc vo forme špeciálnej protipovodňovej techniky bola distribuovaná do Hasičského a záchranného zboru, Slovenského vodohospodárskeho podniku a do 771 obcí. Na lokálnej úrovni balíky prvej pomoci pri povodniach posilnili technickú vybavenosť Dobrovoľných hasičských zborov, ktorým uľahčia zvládanie mimoriadnych udalostí.



Obr. 1 Povodňové prípojné vozidlo a CAS 15 IVECO Daily (foto: Milan Dermek)

Súčasťou projektu je aj výcvik a zaškolenie zásahových kapacít pre manipuláciu a používanie daného vybavenia, pričom vzdelávanie bude realizované v regiónoch podľa príslušných obcí (Minv.sk, 2016).

#### **Miestna úroveň - mestá a obce**

Uľahčiť samosprávam zvládanie mimoriadnych udalostí na miestnej úrovni v čase povodní majú intervenčné balíky prvej pomoci. Protipovodňová technika určená na zásahy dobrovoľných hasičských zborov bola distribuovaná do 771 najohrozenejších obcí.

Špeciálna technika umožní miestnym samosprávam rýchlo reagovať na krízovú situáciu v čase povodní a zároveň získať určitú mieru sebastačnosti. Technické vybavenie je súčasťou príviesného vozíka, vďaka čomu je zjednodušená manipulácia a premiestňovanie techniky z miesta na miesto. Tieto balíčky sú uskladnené priamo v ohrozených obciach, čím sa skracaje doba odozvy na mimoriadnu udalosť a dochádza tak k zníženiu rozsahu škôd spôsobených povodňami (Minv.sk, 2016).

#### **Protipovodňové pripojné vozidlo**

Obsahuje elektrické ponorné kalové čerpadlo, motorové kalové čerpadlo, plávajúce čerpadlo, protipovodňové bariéry, generátor elektrickej energie, prenosné osvetlenie a set náradia.

#### **CAS 15 IVECO DAILY**

Cisternová automobilová striekačka s nádržou na 750 l vody. Obsahuje prenosnú motorovú striekačku Tohatsu.



Obr. 2 Nosič kontajnerov MB Arocs s veľkokapacitným čerpadlom (foto: Milan Dermek)

#### **Regionálna úroveň - samosprávne kraje**

Pomáhať v boji s povodňami a zmierňovať ich následky v regiónoch majú za úlohu balíčky techniky určené pre každú

z ôsmich samosprávnych krajov. Došlo tak k výraznému zvýšeniu bezpečnosti a ochrany obyvateľstva v rizikových oblastiach. Osem regionálnych intervenčných balíčkov techniky má zlepšiť schopnosti reakcie Hasičského a záchranného zboru pri ochrane ľudí a ich majetku, ďalšie štyri balíky techniky majú pomôcť Slovenskému vodohospodárskemu podniku pri riadení systému povodňových rizík. Celkom dvanásť balíčkov technického zásahového vybavenia je k dispozícii na regionálnej úrovni, čím sa výrazne skrátí čas reakcie a zvýši sa kvalita zásahu v postihnutej oblasti. Balíky techniky určené pre samosprávne kraje obsahujú prečerpávacie systémy, vozidlá na evakuáciu obetí a prepravu záchranárov v ťažkom teréne a kontajnery pre dlhodobé zásahy (Minv.sk, 2016).

#### **Automobilový nosič na kontajnerov MB Arocs 6x6**

Terénne vozidlo s lanovým navijakom s ťažnou silou 100 kN. Nosnosť hákového nakladača je 12000 kg.

#### **Systém veľkokapacitného odčerpávania**

Špeciálny mobilný kontajner povodňovej záchranej služby je určený na veľkoobjemové odčerpávanie vody a jej dopravu na veľké vzdialenosti. Umožňuje čerpať vodu z hĺbky 60 m a dosahuje prietok 50 000 l/min.



Obr. 3 Nosič kontajnerov Tatra Phoenix s kontajnerom na dlhodobé zásahy (foto: Milan Dermek)

#### **Automobilový nosič kontajnerov Tatra Phoenix 8x8**

Terénne vozidlo s ťažnou silou navijania 85 kN. Nosnosť hákového nakladača 14 000 kg.

#### **Kontajner pre dlhodobé zásahy**

Kompletné vybavenie: sklad, šatňa, sprcha, WC, kuchyňa, servisný priestor. Obsahuje stoly, lavice, lôžka, spaci vaky a tiež zásobu potravín a vody pre 50 osôb na 24 hodín.





Obr. 4 Autobus Setra a štvorkolky Polaris Ranger  
(foto: Milan Dermek)

Obr. 5 Povodňový záchranný čln a nakladač JCB  
(foto: Milan Dermek)

#### *Autobus Setra*

Autobus pre evakuáciu ohrozených osôb a pre prepravu zasahujúcich záchranárov. Autobus disponuje automatickou prevodovkou, výkon motora 260 kW. Poče miest na sedenie je 41 a na státie 31.

#### *Štvorkolky Polaris Ranger*

Polaris IPS XP 900 Ranger je určený na nasadenie pri vykonávaní povodňových záchranných a zabezpečovacích prác prevoz materiálu v ťažko prístupnom teréne a humanitárnej pomoci.

#### **Národné protipovodňové moduly - národná úroveň**

Posilniť pripravenosť krajiny na záplavy majú národné moduly protipovodňovej ochrany tvorené kvalifikovanými jednotkami Hasičského a záchranného zboru s moderným vybavením. Odborné tímy vybavené špeciálnymi a vysokokapacitnými zariadeniami sú schopné rýchleho zásahu v extrémnych situáciách na celom území Slovenska aj v zahraničí.

Vytvorené budú dva špecializované moduly protipovodňovej ochrany:

- Národný modul povodňovej záchrany s použitím člnov;
- Národný modul čistenia vody.

Špecializované zásahové vybavenie dokáže pokryť potreby celého územia Slovenska. Technika zahŕňa mobilné palivové cisterny a čističky vody, separátory ropných produktov, člny, vysielacky, záchranársku techniku pre leteckých a vodných záchranárov a veľkokapacitný generátor elektrickej energie (Minv.sk, 2016).

#### *Povodňový záchranný čln s nízkym ponorom*

Záchranný motorový čln s kapacitou pre 10 osôb je určený na výkon povodňových zabezpečovacích a záchranných prác. Ponor plavidla je 30-45 cm.

#### *Univerzálny nakladač JCB 4 CX*

Hydraulicky nastaviteľná svahová lopata. Predný a zadný upínač lopát, veľké hydraulické búracie kladivo.

#### *Mobilná cisterna pre zásobovanie palivami*

Na prepravu nafty a benzínu pre motorové vozidlá pri dlhotrvajúcich zásahoch počas povodní pri nasadení veľkého množstva techniky. 2-komorová nádrž na prepravu 2000 l nafty a 1200 l benzínu.

#### *Kontajner pre dobrovoľných záchranárov*

Určený pre obyvateľstvo postihnuté mimoriadnymi udalosťami ako sú povodne a následky zosuvov pôdy. Obsahuje pláštinky, pracovné prilby, gumené čizmy, lopaty, krompáče, píly, sekery, mačety, osvetlenie, vrecia na piesok iné.

#### **Európske moduly civilnej ochrany**

Časť protipovodňovej techniky bude slúžiť na vytvorenie špecializovaných modulov, ktoré budú súčasťou mechanizmu Európskej únie v oblasti civilnej ochrany. Slovensko si vďaka tejto technike bude plniť záväzky voči svojim partnerom a prispeje do celoeurópskeho systému civilnej ochrany v súlade s politikami EÚ. Európske moduly civilnej ochrany budú zaregistrované v rámci celoeurópskeho systému CECIS - Spoločný komunikačný a informačný systém pre prípady mimoriadnych udalostí.



Obr. 6 Vozidlo na PHM a kontajner pre dobrovoľných záchranárov (foto: Milan Dermek)

Vytvorené budú dva európske moduly civilnej ochrany:

- EÚ modul civilnej ochrany špecializovaný na vysokokapacitné čerpanie v postihnutých oblastiach;
- EÚ modul civilnej ochrany určený na zvládnutie povodne obsahuje protipovodňové bariéry, univerzálne nakladače, kontajner pre dlhodobé zásahy vybavený zariadením pre ohrev a výdaj stravy a osobnú hygienu, plošinové kontajnery, viacúčelové vozidlá pre prepravu záchranárov a materiálu v ťažko prístupnom teréne hrádzí s nespevným povrchom (Mínv.sk, 2016).

#### Nasadenie pri mimoriadnych udalostiach v žilinskom kraji

V predchádzajúcej časti článku boli opísané niektoré technické parametre a možnosti použitia jednotlivých typov novej techniky. Nová technika bola získaná prostredníctvom projektu, ktorého cieľom je zvýšiť pripravenosť a zabezpečenie regiónu v dobe ohrozenia povodňami. Nová technika bola na hasičské stanice a záchranné brigády postupne zaradená v priebehu roka 2015 a začiatkom roka 2016. V Žilinskom kraji je nová technika dislokovaná na hasičských staniciach alebo na Záchrannej brigáde (ZB Žilina). Špeciálna a ťažká technika je sústredená prevažne na ZB Žilina.

ZB Žilina:

- vozidlo N3G Mercedes Benz AROCS 3336 6x6,
- ťahký lesný a povodňový špeciál 6x6 s prípojným vozidlom,
- autobus Setra S 415 UL Business,
- univerzálny nakladač JCB 4 CX,
- separátor ropných produktov s príslušenstvom,
- prenosné mobilné zariadenie na čistenie vody,

- kontajner pre dobrovoľných záchranárov s uskladňovacími boxmi
- kontajner pre dlhodobé zásahy s možnosťou pripojenia vozíka,
- špeciálny mobilný kontajner povodňovej záchrannej služby, ktorý tvoria nasledujúce komponenty: kontajner na odčerpávanie vody a jej dopravu na veľké vzdialenosti, kontajner na veľkoobjemové odčerpávanie vody, dva kontajnery požiarnych hadíc, dva nosné rámy pre kontajnery, prípojné vozidlo (príves).

Ďalšie kusy špeciálnej kontajnerovej techniky sú zaradené na OR HaZZ v Čadci. Nachádzajú sa na HS Kysucké Nové mesto.

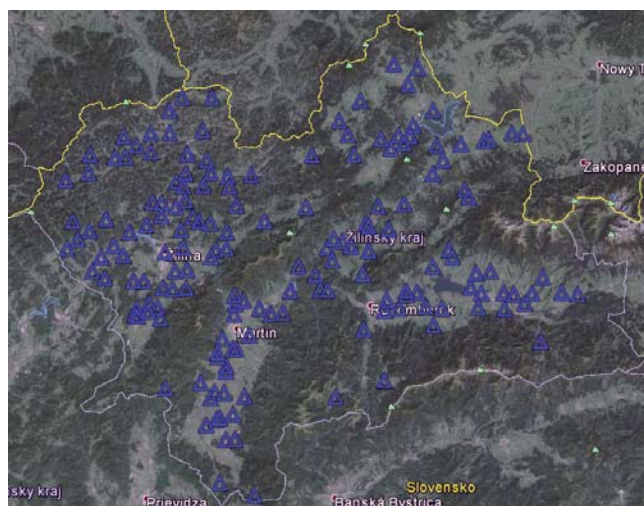
OR HaZZ Čadca (HS KNM):

- T 815 Phoenix 8x8,
- kontajner pre dlhodobé zásahy,
- kontajner skriňový,
- kontajner valníkový.

Okrem toho je každá hasičská stanica v Žilinskom kraji vybavená vozidlami.

Special Polaris 4x4 alebo Special Polaris 6x6, priemerne v počte 2 kusy. A na HS Žilina a HS Liptovský Mikuláš sa nachádza KHA MB Arocs.

Obce a DHZO boli vybavené CAS 15 Iveco Daily a protipovodňovými vozíkmi. Na obr. je znázornené ich rozmiestnenie v rámci Žilinského kraja.



Obr. 7 Rozmiestnenie CAS 15 Iveco Daily a protipovodňových vozíkov v obciach Žilinského kraja

V súvislosti s povodňami je možné novú techniku využiť nasledujúcim spôsobom:

- evakuácia a záchrana osôb z ohrozenej alebo postihnutej oblasti,
- ochrana postihnutých osôb v prípade nepriaznivého počasia,
- výstavba protipovodňových bariér,
- preprava potrebných kontajnerových komponentov do ohrozenej alebo postihnutej oblasti,
- preprava rôznych druhov materiálu a potrebného pracovného náradia,
- doprava hasičských a záchranných jednotiek na miesto zásahu aj v náročnejšom teréne,
- odčerpávanie a doprava vody zo zaplaveného územia,
- veľkokapacitné odčerpávanie vody až do 50.000 l.min<sup>-1</sup>,
- úprava vody zo studne alebo vodnej hladiny,
- zabezpečenie pitnej vody v postihnutej oblasti,
- vyčistenie vody od ropných produktov,

- zabezpečenie JPP a OOPP pre dobrovoľných záchranárov zasahujúcich na mieste,
- zabezpečenie miesta pre oddych, hygienickú očistu a stravovacieho režimu zasahujúcich jednotiek,
- vyčistenie komunikácie od naplavením,
- uvoľnenie malých vodných tokov, výkop odvodňovacích kanálov v zaplavenej oblasti,
- doprava sypkého materiálu do blízkosti vodného toku,
- a i.

ktoré súvisia s povodňovou situáciou. Ako ukazuje skúsenosť, ich využitie je pomerne širšie.

#### Použitá literatúra

- [1] DERMEK, M. 2011.: *Hasičské automobily na Slovensku*. Žilina: Georg, 2011. ISBN 948-80-89401-21-5
- [2] Minv.sk, 2016.: *Aktívne povodňové opatrenia*. [on-line]. Dostupné na: <http://www.minv.sk/?aktivne-protipovodne-opatrenia>.
- [3] MONOŠI, M. a kol. 2013.: *Hasičská technika*. 1. vyd., Žilina: Žilinská univerzita, 2013. 402 s., ISBN 978-80-554-0705-0.

Tab. 1 Zásahy s nasadením povodňovej techniky od 26.5. do 20.6.2016

Dátum	Miesto	Zásahový obvod	Technika	Udalosť	Činnosti
20.6. 2016	Dlhá nad Oravou	HS Dolný Kubín	Štvorkolka Polaris Ranger	pátranie po nezvestnej zranenej osobe	Transport záchraných zložiek v náročnom teréne
16.6.2016	Turzovka	HS Turzovka	Autobus Setra	Požiar bytovky	Evakuácia a zhromažďovací priestor pre obyvateľov
30.5.2016	Uhorská Ves	HS Liptovský Mikuláš	KHA Arocs	požiar nákladného vozidla	Protipožiarna zabezpečenie miesta udalosti
28.5.2016	Belá	HS Terchová	UN JCB	Vyliaty potok	Uvoľnenie upchatých priepustí pod cestou
28.5.2016	Ludrová	DHZo Ludrová	Iveco Daily a čerpadlo Heron	Zosuv brehu po búrke a vytopené základy budovy	Prečerpávanie vody a stabilizácia svahu
28.5. 2016	Dlhá nad Oravou	DHZo Oravský Podzámok	Protipovodňový vozík	Povodeň	Čerpanie vody a splachovanie nánosov blata
26.5. 2016	Suchá hora - Lániky	DHZo Suchá hora	Iveco Daily	Zanesenie kanalizačného potrubia v dôsledku dažďov	Prečistenie kanalizačného potrubia

V Žilinskom kraji počas prvého pol roka 2016 neboli silné alebo dlhotrvajúce privalové dažde, ktoré by spôsobili rozsiahle záplavy a povodne. Technika získaná prostredníctvom projektu APO sa využívala skôr v súvislosti s inými udalosťami. Od začiatku roka 2016 hasičské jednotky KR HaZZ Žilina zasahovali len v 19 prípadoch vytápania objektu alebo zaplavenia komunikácie z dôvodu pôvodne spôsobenej prírodnými živlami. Najviac výjazdov bolo zaznamenaných v mesiacoch máj a jún. Len v jednom z týchto prípadov bola použitá nová technika, keď sa v katastri obce Belá v dôsledku povodne vylial potok na cestu. Upchaté priepuste pod cestou bolo potrebné prebagrovať. Preto si VZ vyžiadal na miesto ZB Žilina s UN JCB.

V prípade využitia jednotiek DHZo je situácia podobná ako pri profesionálnych jednotkách HaZZ. Napriek tomu, že sú vybavené novou protipovodňovou technikou, využívajú ju zatiaľ hlavne v súvislosti s inými udalosťami. Obce často využívajú pridelené vozidlo CAS 15 Iveco Daily, najčastejšie pri výjazde k požiarom lesa alebo trávnatých porastov, požiarov rodinných domov, komínov, hospodárskych budov, a pod. V takých prípadoch je úlohou DHZo zabezpečiť na mieste udalosti dostatok vody na hasenie a dostatok príslušníkov na zdoľovanie udalosti. V prípade povodňového ohrozenia je jednotka DHZo o udalosti vyzoomená buď starostom obce alebo OS KR HaZZ v Žiline. CAS 15 Iveco Daily s povodňovým vozíkom slúži obciam na rýchly zásah a odstránenie následkov povodní.

V nasledujúcej tabuľke sú opísané vybrané výjazdy jednotiek HaZZ a DHZo, pri ktorých zasahovali aj s novou technikou.

#### Záver

Vďaka projektu aktívne protipovodňové opatrenia boli hasičské jednotky vybavené novými technickými prostriedkami. Tieto prostriedky zvýšili úroveň bezpečnosti v regióne. Nové prostriedky sú určené na efektívnejšie zvládanie priebehu alebo odstraňovanie následkov mnohých nežiadúcich udalostí, a to nielen nutne tých,

# Meranie reakčnej sily prúdnice

## Streamline Reaction Force Measuring

Ing. Maroš Krajčír

prof. Ing. Jana Müllerová, PhD.

Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva  
Ul. 1.mája 32, 010 26 Žilina, Slovenská republika  
Maros.Krajcir@fbi.uniza.sk, Janka.Mullerova.fsi@gmail.com

### Abstrakt

Príspevok predstavuje návrh meracieho zariadenia na zisťovanie reakčnej sily hasičskej prúdnice. Konštrukcia zariadenia je jednoduchá, skladá sa z dostupných prostriedkov. Postup merania hodnôt je taktiež veľmi jednoduchý a teda uskutočniteľný na každej hasičskej stanici. Základnými prvkami zariadenia sú prúdnica, snímače tlaku, prietoku a tlakovej sily, čerpadlo, bezpečnostný ventil, a ľahká nosná konštrukcia.

### Kľúčové slová

Reakčná sily, prúdnica, meracie zariadenie.

### Abstract

The paper introduces the streamline reaction force measuring device. Its construction is simple, consisting of available parts. Measuring process is also very simple and it might be carried out at the each fire station. Basic parts of measuring device are streamline, pressure sensors, flow sensors, force sensors the pump, safety valve and light construction.

### Keywords

Reaction force, streamline, measuring device.

### Reakčná sily prúdnice

Všetky hasičské prúdnice pôsobia na hasiča reakčnou silou. Reakčná sily od prúdnice je známa u hasičov aj ako spätný ráz od prúdnice. Zvyšovaním tlaku pred prúdnicou a prietoku vo vedení bude prúdnica zvyšovať aj reakčnú sily. Na základe vyhodnotenia maximálneho prietoku v hadicovom vedení, ktorý je ešte možné účinne riadiť a bezpečne s ním manipulovať, bola určená maximálna reakčná sily od prúdnice pôsobiaca na hasičov. Odporúčaná veľkosť reakčnej sily na jedného hasiča je 266 N, na dvoch hasičov 333 N, na troch 442 N [1, 2]. Čím vyššia je reakčná sily od prúdnice, tým ťažšie sa prúdnica ovláda. Reakčná sily, ktorá je väčšia ako 333 N je považovaná za príliš veľkú pre ručné prúdnice. Na druhú stranu reakčná sily menšia ako 200 N je považovaná ako znak neefektívneho prúdu [3, 4].

Prúd vody, ktorý zasiahne okolité objekty nemá žiadny vplyv na reakčnú sily od prúdnice. Rovnako aj stabilita hasiča, ktorý pracuje na rebríku a strieka na stenu nie je ovplyvnený pôsobením vody na stenu, ale jeho stabilitu na rebríku určuje výhradne reakčná sily od prúdnice [5].

Meranie reakčnej sily vychádza z III. Newtonovho zákona akcie a reakcie, kde výslednica akčných síl sa rovná výslednici reakčných síl. Kombinácia zvyšovania prietokov, ale aj prevádzkových tlakov v hadicovom vedení má za následok aj zvýšenie reakčnej sily na prúdnici. Pri náraze vody z prúdnice na pevnú stenu sa voda pozdĺž tejto steny rozdeľuje na všetky strany. Pôsobenie vody na túto stenu vytvára tlakovú sily. Na určenie veľkosti tlakovej sily použijeme vetu o hybnosti kvapaliny. Pri technických výpočtoch je potrebné zaviesť korekčný koeficient  $\psi$ . Tento koeficient zahŕňa v sebe zmeny rýchlostí vplyvom vírenia, ktoré vzniká pri náraze na stenu. Predpokladom je, že prúd vody z prúdnice strieka na stenu kolmo.

Pre tento prípad sa uvažuje  $\psi = 0,95$ . Preto výsledný tvar rovnice tlakovej sily kvapalinového lúča na stenu je (1) [6]:

$$F = \psi \cdot \rho \cdot Q \cdot v1 \quad (1)$$

kde

$F$  reakčná sily,

$\psi$  0,95,

$\rho$  hustota kvapaliny [kg.m<sup>-3</sup>],

$Q$  prietok [m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>],

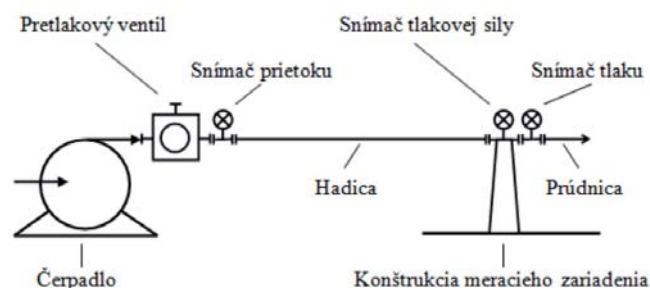
$v1$  prierezová rýchlosť [m.s<sup>-1</sup>].

### Návrh zloženia meracieho systému

Navrhovaná konštrukcia pozostáva z nasledujúcich častí (obr.1):

- čerpadlo,
- pretlakový ventil,
- hadice B 75,
- stabilizačné potrubie,
- zariadenie na meranie prietoku,
- prírodné vedenie,
- zariadenie na meranie tlaku,
- zariadenie na meranie sily,
- nosná konštrukcia.

Voda je tlačaná čerpadlom do pretlakového ventilu, ktorý slúži na zabránenie tlakovým rázom vznikajúcim pri rýchlom uzavretí prúdnice na konci vedenia. Pri náhlom zvýšení tlaku vo vedení, pretlakový ventil automaticky odpustí vodu mimo hadicového vedenia. Takto je zabezpečená ochrana hadice, snímačov, prúdnice a samotnej konštrukcie meracieho zariadenia pred prípadným tlakovým rázom alebo nadmerným tlakom. Za pretlakovým ventilom nasleduje snímač prietoku. Vedenie ďalej pokračuje hadicou, ktorá je napojená na samotnú konštrukciu meracieho zariadenia. Vedenie končí pripojením meranej prúdnice, pred ktorou je umiestnený snímač tlaku pred prúdnicou. Meracie zariadenie je vybavené doskou, ktorá je spojená snímačom tlakovej sily.



Obr. 1 Zloženie systému meracieho zariadenia [7]

### Čerpadlo

Na vykonanie merania je potrebné zariadenie, ktoré bude zabezpečovať potrebnú dodávku vody a potrebný tlak do meracieho systému. Dodávku vody môže zabezpečiť odstredivé čerpadlo THT TO 3000, umiestnené na cisternovej automobilovej striekačke CAS 30 Tatra 815-7 6x6 - THT. V súčasnosti je táto cisternová automobilová striekačka vo veľkej miere rozšírená v Hasičskom a záchrannom zbore Slovenskej republiky.

### Pretlakový ventil

Pretlakový ventil je súčasťou meracieho systému z dôvodu ochrany hadicového vedenia, inštalovaných armatúr a ich snímačov, meraných prúdnic. Zabezpečuje celkovú bezpečnosť pri vzniku neočakávaných a náhlych zmenách neprímeraného zvyšovania tlaku v meracom systéme a prípadným tlakovým rázom. Pretlakový ventil je konštruovaný tak, že je vybavený vtokovým, výtokovým hrdlom a prepádovým hrdlom. Prepádové hrdlo zabezpečuje odvádzanie prebytočnej vody z hadicového vedenia. Hrdlá pretlakového ventilu sú ukončené pevnou tlakovou spojkou B. Nastavenie tlaku na ventile sa vykonáva prostredníctvom ručného otočného kolieska na obode ukazovateľa tlaku.

### Snímač tlaku

Tlak pred prúdnicou je jedným z hlavných parametrov prúdnice, ktorý ovplyvňuje aj reakčnú silu od prúdnice. Meranie tlaku pred prúdnicou v meracom systéme bude zabezpečené prostredníctvom digitálneho manometra s batériovým napájaním. V súčasnej dobe je na trhu veľký počet rôznych druhov manometrov. Rýchle odčítanie hodnoty tlaku zabezpečuje 5 miestny displej, ktorý zároveň zobrazuje aj stav batérie a jednotku tlaku. Digitálne manometre umožňujú používateľovi prepínať medzi najpoužívanejšími jednotkami tlaku ako napríklad bar, psi, Pa, atm prípadne MPa. Manometer je vybavený senzorom tlaku so suchou keramikou meracou bunkou, kde tlak pôsobí priamo na robustnú keramickú membránu.

Pre použitie digitálneho manometra do meracej sústavy je potrebné vytvoriť armatúru, prostredníctvom ktorej sa manometer zapojí do vedenia. Armatúra na meranie tlaku pred prúdnicou pozostáva z hliníkovej pevnej spojky B 75 s vnútorným závitom 3", ocelevej rúry 3" a digitálneho manometra.

### Snímač prietoku

Prietok prúdnice je jedným z hlavných parametrov prúdnice, ktorý ovplyvňuje aj reakčnú silu od prúdnice. Meranie prietoku v meracom systéme bude zabezpečené prostredníctvom ultrazvukového prietokomera. Výhodou tohto typu prietokomera je jednoduchá manipulácia, rýchle odčítanie hodnoty prietoku vo vedení meracieho systému a možnosť pripojenia snímača na rôzny priemer potrubia. Zariadenie pracuje na princípe merania doby priechodu ultrazvukového signálu vo vedení. Spracovanie signálu zabezpečuje prevodník na ktorý je snímač pripojený. Nameraná hodnota sa zobrazuje na displeji zariadenia. Pre použitie ultrazvukového prietokomera do meracej sústavy je potrebné vytvoriť stabilizačné vedenie, na ktoré bude pripojený snímač ultrazvukového signálu.

### Snímač tlakovej sily

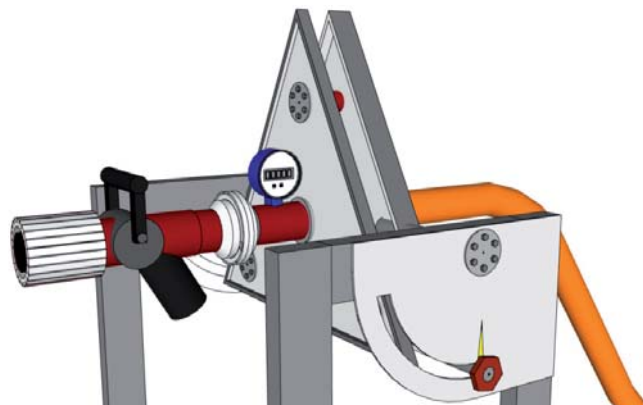
Najpodstatnejšou časťou v meracom systéme je zariadenie na meranie sily pôsobiacej na meracie zariadenie tzv. reakčnej sily od prúdnice. Na meranie sily je použitý prstencový tenzometrický snímač. Výhodou snímača je potlačanie bočných síl, ktoré spôsobujú chyby pri meraní. Činnosť snímača je založená na princípe pružnosti telesa v ktorom je umiestnený tenzometer. Spracovanie signálu zo snímača zabezpečuje prevodník. Nameraná hodnota sa následne zobrazujú na displeji zobrazovacej jednotky.

### Nosná konštrukcia

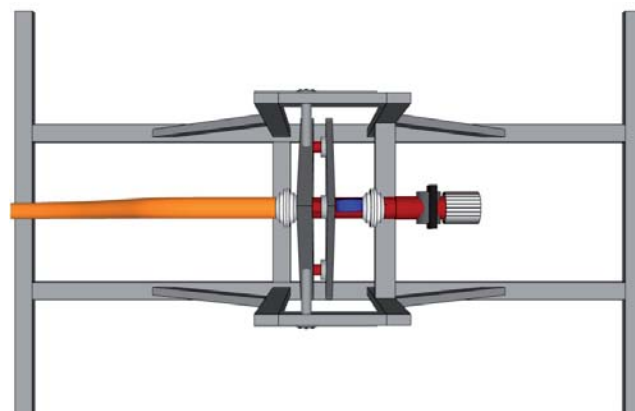
Armatúra meracieho zariadenia na meranie tlakovej sily v meracom systéme pozostáva z troch snímačov tlakovej sily, hliníkovej pevnej spojky B 75 s vnútorným závitom 3", ocelevej rúry 3" a nosnej časti. Do ocelevej platne tvaru rovnostranného trojuholníka je v mieste jeho ťažiska umiestnená diera o priemere vonkajšieho priemeru 3" ocelevej rúry. Oceleová rúra je pevne spojená s platňou zvarným spojkom. Na obidva konce ocelevej rúry sú namontované pevné spojky B 75 prostredníctvom 3" závitového spoja. Na rohoch ocelevej platne sú pripojené skrutkovým spojkom

snímače tlakovej sily. Oceleová platňa s rúrou, pevnými spojkami a snímačmi je upevnená na nosnú časť meracieho zariadenia.

Celkový pohľad na meracie zariadenie je modelovo znázornený pomocou programu SketchUp od firmy Trimble na obrázkoch nižšie (obr. 2, 3).



Obr. 2 Detailné zobrazenie konštrukcie meracieho zariadenia - pohľad spredu [7]



Obr. 3 Pohľad zhora na konštrukciu meracieho zariadenia [7]

### Diskusia

Pomocou meracieho zariadenia je možné namerať hodnoty reakčnej sily od prúdnice. Výhodou zariadenia je možnosť pripojenia takmer všetkých typov hasičských prúdnic. Z odborného hľadiska môžu odznieť námietky na prevedenie konštrukcie zariadenia a metódy merania. Návrh zariadenia je prototyp, ktorý je potrebné v praxi vyskúšať. Na základe technického a konštrukčného riešenia meracieho zariadenia by malo byť meranie jednoduché a spoľahlivé. Na overenie a porovnanie výsledných nameraných hodnôt je možné použiť matematické vzťahy na výpočet reakčnej sily od prúdnice.

Výsledné namerané hodnoty jednotlivých reakčných síl prúdnic je potrebné analyticky overiť. Vzhľadom na to je v meracom systéme zaradený manometer a prietokomer aby boli zabezpečené všetky potrebné údaje potrebné k matematickému vyjadreniu.

Všetky meracie zariadenia v meracom systéme je možné nahradit' citlivejšími aby bola dosiahnutá ešte väčšia presnosť merania. Ďalej je možné použiť také snímače a prevodníky, ktoré vytvárajú digitálny výstup priamo do počítača a tým sa zabráni zlému odčítaniu z jednotlivých displejov zariadení.

Do výrobných nákladov je potrebné zahrnúť priamy materiál potrebný na výrobu nosnej konštrukcie a ostatných armatúr. Ďalšou časťou, ktorá vo veľkej miere ovplyvní cenu meracieho zariadenia sú náklady potrebné na snímače tlaku, prietoku a sily. V neposlednom rade je do výrobných nákladov potrebné zahrnúť

cenu na vyhotovenie meracieho zariadenia. V súčasnosti sa na trhu nachádza veľký počet rôznych výrobcov, predajcov meracích snímačov a zariadení. Snímače použité v meracom systéme sú cenovo omnoho náročnejšie v porovnaní s materiálom potrebným na nosnú konštrukciu.

### Záver

Navrhnuté meracie zariadenie má veľké predpoklady na jednoduché a presné meranie reakčnej sily od prúdnice. Výhodou zariadenia je multifunkčnosť. Jednoduchá konštrukcia zariadenia je vhodná na manipuláciu, predpokladom je nízka hmotnosť pretože navrhované konštrukčné prvky sú ľahké, odolné hliníkové profily.

Základné vytvorené armatúry na meranie prietoku a tlaku je možné použiť aj pri iných experimentoch a meraniach. Nastavenie sklonu upevnenia prúdnice, môže byť využité pri meraní dostreku jednotlivých typov prúdov v závislosti na prietoku a tlaku. Možnosťou je aj meranie vplyvu pevnej prekážky na reakčnú silu respektíve hodnotenie závislosti vzdialenosti od pevnej prekážky na reakčnú silu od prúdnice.

### Použitá literatúra

- [1] JANALÍK, J.; ŠTÁVA, P.: *Mechanika tekutin* [on-line]. VŠB - TU Ostrava, Fakulta strojní. Dostupné z: <http://www.338.vsb.cz/PDF/Janalik,Stava-MechanikaTekutin.pdf>.
- [2] KLAENE, B.: *Structural firefighting*. Jones & Bartled: 2016. 478p. ISBN 978-1-4496-4239-6.
- [3] GRIMWOOD, P. 2008.: *Euro firefighter*. West Yourshire: Jeremy Mills Publishing, 2008. 352 p. ISBN 978-1-906600-25-9.
- [4] *Cvičební řád - metodický list č. 1-3-01: Hašení vodou, vodní proudy, proudnice. Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky.*
- [5] MAĐAR, J. 1997.: *Požiarňa taktika*. Bratislava: ARALK, 1997. 162 s. ISBN 80-967814-2-1.
- [6] SPURGEON, P. 2012.: *Fire service hydraulics & pump operation*. PennWell: 2012. 229 p. ISBN 978-1-59370-285-4.
- [7] KRAJČÍR, M. 2016.: *Reakčná sila od prúdnice-návrh meracieho zariadenia*. Diplomová práca. Žilinská univerzita.

# Návrh záložného zdroja napájania inteligentnej domácnosti a elektrického zabezpečovacieho systému na báze Stirlingovho motora

## Proposal of Stirling Engine Generator for Powering Intruder Alarm System and Smart Home System

Ing. Milan Kutaj

Ing. Martin Ďurovec

Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva  
Ul. 1.mája 32, 010 26 Žilina, Slovenská republika  
milan.kutaj@fbi.uniza.sk, martin.durovec@fbi.uniza.sk

### Abstrakt

Článok v stručnosti popisuje alternatívne zdroje energie, princíp činnosti Stirlingovho motora a jeho využitie pri výrobe elektrickej energie. Článok je primárne zameraný na využitie Stirlingovho motora ako základu pre vytvorenie generátora elektrickej energie schopného napájať jednotlivé prvky inteligentnej domácnosti a elektrického zabezpečovacieho systému v prípade výpadku elektrickej energie v rozvodnej sieti.

### Kľúčové slová

Alternatívne, Stirlingovho, motora, generátora, elektrickej, energie.

### Abstract

The article briefly describes alternative sources of energy, working principle of Stirling engine and its use for electricity generation. The article is primarily focused on the Stirling engine which will be used as a basis for the development of the power generator. This generator will be able to provide power for the various elements of home automation and electric alarm system in case of power failure in the grid.

### Keywords

Alternative, Stirling, engine, generator, electric, energy.

### Úvod

Aby mohol byť elektrický zabezpečovací systém čo najspoľahlivejší, je vybavený záložným zdrojom napájania. Tento zdroj napája elektrický zabezpečovací systém počas výpadku hlavného zdroja napájania počas doby stanovenej normou. Ak dôjde k dlhodobému výpadku elektrickej energie zostáva elektrický zabezpečovací systém nefunkčný a chránený záujem sa stáva ľahkým terčom útoku páchatel'a. Situácia na poli systémov inteligentných domácností je chýlostivejšia. Žiadna norma neurčuje aký druh napájacieho zdroja majú tieto systémy využívať a vo väčšine prípadov nie je súčasťou systému žiadny záložný zdroj napájania.

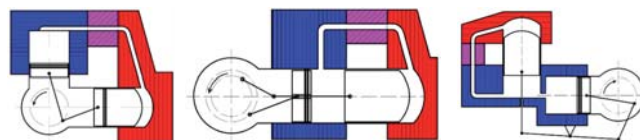
Generátor elektrickej energie využívajúci Stirlingov motor by mal zabrániť akejkol'vek strate napájania a zvýšiť tak spoľahlivosť elektrického zabezpečovacieho systému a rovnako aj systému inteligentnej domácnosti. Využitý by mohol byť aj ako primárny zdroj napájania oboch systémov, keď objekt nie je pripojený k rozvodnej sieti elektrickej energie.

### Stirlingov motor

Stirlingov motor sa radí medzi spaľovacie motory. Hlavným rozdielom oproti bežne používaným spaľovacím motorom je spôsob spaľovania paliva. Kým v zážihovom alebo vznetrovom motore dochádza k horeniu palivovej zmesi vo vnútri valcov,

Stirlingov motor využíva spaľovanie paliva mimo valcov, je poháňaný externým zdrojom tepla. Ako zdroj tepla je možné použiť aj obnoviteľné alternatívne zdroje energie (Walker, 1980).

Stirlingov motor obsahuje dva priestory s rôznymi teplotnými hladinami, ktorých objemy sa cyklicky menia. Sú spojené cez regeneratívny tepelný výmenník a prídavné tepelné výmenníky. Tieto jednoduché časti môžu byť spojené do širokej škály mechanických usporiadaní. V zásade existujú tri základné modifikácie -  $\alpha$ ,  $\beta$  a  $\gamma$  (Vineeth, 2011).



Obr. 1 Modifikácie  $\alpha$ ,  $\beta$  a  $\gamma$

### Určenie energetickej náročnosti systému

Kľúčovou podmienkou pre návrh vhodného alternatívneho zdroja elektrického prúdu je určenie energetickej náročnosti EZS a prvkov inteligentnej domácnosti. Referenčný EZS používa napájací zdroj typu A. Hlavným napájacím zdrojom v ústredni je transformátor, ktorého úlohou je zmena hodnoty elektrického napätia z  $220 V_{AC}$  v elektrickej sieti na  $16 V_{AC}$  v ústredni. Jeho maximálne prúdové zaťaženie je 1,8 A. Výstupný striedavý prúd transformátora je usmernený až na základnej doske ústredne. Záložným zdrojom napájania je akumulátor s nominálnym napätím 12,6 V a kapacitou 7 Ah (Loveček, 2015; Veľas, 2010).

Rozpis prvkov elektrického zabezpečovacieho systému:

- 1x zdroj 16 V @ 1,8 A;
- 1x ústredňa;
- 2x klávesnica;
- 1x LAN modul;
- 1x bezdrôtový expandér;
- 6x PIR detektor;
- 6x detektor rozbitia skla;
- 6x magnetický kontakt;
- 1x interiérová siréna;
- 1x exteriérová siréna;
- 1x VRLA akumulátor (Veľas, 2015).

Referenčný systém inteligentnej domácnosti je napájaný dvomi napájacími zdrojmi. Obe zdroje, ktoré napájajú prvky inteligentnej domácnosti disponujú usmerneným výstupom elektrickej energie a výstupné napätie má hodnotu  $24 V_{DC}$  a maximálne prúdové zaťaženie je 3,8 A pre jeden napájací zdroj. Ako bolo spomínané v úvode, systém inteligentnej domácnosti nie je zálohovaný žiadnym akumulátorom a počas výpadku elektrickej energie v rozvodnej sieti by nebolo možné využívať žiadny z prvkov tohto systému.

Rozpis prvkov inteligentnej domácnosti:

- 2x zdroj 24 V @ 3,8 A;
- 1x Miniserver;
- 2x Extension;
- 1x Relay Extension;
- 1x Senzor vetru a držiak;
- 1x Dimmer Extension;
- 1x 1-Wire Extension;
- 1x DMX Extension;
- 3x PWM Dimmer;
- 6x Senzor prítomnosti;
- 10 m LED RGB IP65;
- 9x 1-Wire teplotný senzor;
- 8x Elektrotermická hlavica;
- 5x 1-Wire teplotný čip v puzdre;
- 2x automatická exteriérová žalúzia (Domotron, 2016).

Určenie energetickej náročnosti bude spočívať v jednoduchom výpočte maximálneho výkonu napájacích zdrojov. To nám umožní navrhnuť generátor elektrickej energie s dostatočným výkonom v čase výpadku elektrickej energie v rozvodnej sieti. Pre prípad, kedy by sme potrebovali určiť energetickú náročnosť presnejšie môžeme využiť nasledujúce metódy:

- metódu výpočtu podľa technických špecifikácií jednotlivých komponentov,
- metódu merania spotreby jednotlivých komponentov pomocou meracej techniky (Meluzin, 1978).

Maximálna energetická náročnosť elektrického zabezpečovacieho systému:

$$P_{EzS} = U_{T1} \cdot I_{T1} = 16V \cdot 1,8A = 28,8W$$

Kde:  $P_{EzS}$  - maximálny výkon zdroja napájania elektrického zabezpečovacieho systému,  $U_{T1}$  - výstupné napätie zdroja napájania elektrického zabezpečovacieho systému,  $I_{T1}$  - výstupný prúd zdroja napájania elektrického zabezpečovacieho systému.

Maximálna energetická náročnosť systému inteligentnej domácnosti:

$$P_{SID} = 2 \cdot (U_{T2} \cdot I_{T2}) = 2 \cdot (24V \cdot 3,8A) = 182,4W$$

Kde:  $P_{SID}$  - maximálny výkon zdroja napájania systému inteligentnej domácnosti,  $U_{T2}$  - výstupné napätie zdroja napájania systému inteligentnej domácnosti,  $I_{T2}$  - výstupný prúd zdroja napájania systému inteligentnej domácnosti.

Celková maximálna energetická náročnosť:

$$P = P_{SID} + P_{EzS} = 28,8W + 182,4W = 211,2W$$

Kde:  $P$  - celková maximálna energetická náročnosť,  $P_{SID}$  - maximálny výkon zdroja napájania systému inteligentnej domácnosti,  $P_{EzS}$  - maximálny výkon zdroja napájania elektrického zabezpečovacieho systému.

### Návrh generátora využívajúceho Stirlingov motor

Pre potreby generátora sme sa rozhodli použiť modifikáciu  $\alpha$ , teda modifikáciu využívajúcu dva valce - expanzný a pracovný. Po zvážení viacerých faktorov, po určení spotreby elektrického zabezpečovacieho systému, prvkov inteligentnej domácnosti a po analýze dostupných možností sme pre pohon generátora zvolili Stirlingov motor s pracovným označením *D-90*, ktorý poskytuje dostatočný výkon pre navrhovaný generátor. Motor je vyobrazený na obr. 2 a je výsledkom dlhoročnej práce konštruktéra Andyho Rossa, ktorý stojí za jeho vývojom a skonštruovaním.

Cieľom konštruktéra bolo vyvinutie kompaktného a nízkonákladového Stirlingovho motora v modifikácii  $\alpha$  s výkonom dosahujúcim 230 W pri otáčkach 3300 min<sup>-1</sup>. Ako pracovné médium bol zvolený stlačený vzduch a nominálny tlak činil 2,7 MPa (Ross, 2011).



Obr. 2 Stirlingov motor s pracovným označením D-90  
(Zdroj: Ross, 2011)

Ohrievanú časť predstavuje valec, ktorý má po obvode rebrovanie pre lepšie rozloženie a akumulovanie tepla. Ohrievaná časť je uzavretá v oceľovej komore, do ktorej je vháňaný plyn (napríklad propán-bután) slúžiaci ako palivo. Vzhľadom na vysoký výkon a kompaktné rozmery nie je možné chladit' ochladzovanú časť vzduchom ani za použitia tepelných trubíc a rozšírenia ochladzovanej plochy pomocou hliníkových alebo medených rebier. Na ochladzovanie slúži uzatvorený okruh vodného chladenia. Podobne ako v motoroch inštalovaných v osobných automobiloch aj v Stirlingovom motore D-90 zabezpečuje cirkuláciu vody vodná pumpa napojená remeňovým prevodom k hnaciemu hriadeľu.

Stirlingov motor ako taký nedokáže produkovať elektrickú energiu bez pripojenia ďalšieho zariadenia nazývaného generátor elektrickej energie. Najčastejšie sa jedná o otáčavý stroj, ktorý využíva otáčavé magnetické pole a cievky, v ktorých sa indukuje napätie. Ako generátor elektrickej energie bude použitý synchronný trojfázový alternátor s permanentnými magnetmi umiestnenými na rotore a cievkami umiestnenými na statore (Xu, 2016).

Stirlingov motor D-90 bude doplnený o alternátor Jiangsu NE300SP (obr. 3), ktorý produkuje maximálny výkon 300 W. Na výstupe generátora bude trojfázový elektrický prúd, ktorý bude usmernený na jednosmerný prúd. Na usmernenie výstupného trojfázového elektrického prúdu generátora použijeme elektrický obvod, tzv. *Greatzov mostik*, ktorý bude upravený pre viac fáz. Tento jednoduchý obvod je usmerňovač, ktorý využíva minimálne 4 diódy, v tomto konkrétnom obvode bude použitých 6 usmerňovacích diód. Na filtrovanie výstupného napätia bude použité pole filtračných kondenzátorov (Xu, 2016; Meluzin, 1978).

Pre dosiahnutie požadovaných hodnôt napätia pre napájanie elektrického zabezpečovacieho systému a systému inteligentnej domácnosti je nutné regulovať výstupné napätie generátora. Každý zo systémov pracuje s inými hodnotami vstupného napätia a z toho dôvodu budú použité špeciálne obvody - napäťové regulátory. Ich primárnou úlohou je udržiavať nastavenú hodnotu výstupného napätia nezávisle od hodnoty vstupného napätia. Ak bude:

- výstupné napätie generátora **nižšie** ako požadované vstupné napätie ústredne elektrického zabezpečovacieho systému, použijeme STEP-UP menič,
- výstupné napätie generátora **vyššie** ako požadované vstupné napätie ústredne elektrického zabezpečovacieho systému, použijeme STEP-DOWN menič.





Obr. 3 Alternátor Jiangsu NE300SP s výkonom 300W  
(Zdroj: Xu, 2016)

### Riadiaca jednotka

Bez ľudského zásahu by sa tento generátor nedokázal spustiť a už vôbec nie v ten správny okamih. Vzniká niekoľko úkonov, ktoré musia byť pre efektívny a spoľahlivý chod generátora ošetrené automatizáciou. Generátor musí byť ovládaný riadiacou jednotkou, ktorá sa skladá z mikrokontroléra, senzorov, pomocných obvodov a modulov. Ich množstvo sa líši počtom funkcií, ktoré chceme ovládať, presnejšie ktoré majú byť ovládané riadiacou jednotkou. Najdôležitejším komponentom riadiacej jednotky je mikrokontrolér, skratene MCU. V riadiacej jednotke bude inštalovaný MCU od spoločnosti Atmel, presnejšie ATmega 328P.

Zariadenie nazvané *Stirling Engine Control Unit* (skrátene *SECU*), bude schopné zabezpečiť automatizovaný štart a chod generátora pri použití zemného plynu alebo propán-butánu ako zdroja tepelnej energie pre Stirlingov motor. Funkcie SECU sú rozdelené do troch skupín.

- **Primárna funkcia:**
  - monitorovanie stavu napájania EZS.
- **Sekundárna funkcia:**
  - spustenie generátora a jeho chod.
- **Doplnkové funkcie:**
  - čas a dátum,
  - chronologický záznam činnosti generátora na microSD kartu,
  - meranie aktuálneho výkonu generátora a príkonu EZS,
  - meranie prietoku plynu,
  - prehľadné zobrazenie času, dátumu, výkonu a príkonu na displeji.

SECU je napájaná z vlastného zdroja elektrickej energie a v prípade výpadku energie využíva svoj vlastný záložný akumulátor, ktorý poskytuje dostatočný výkon na štart generátora.

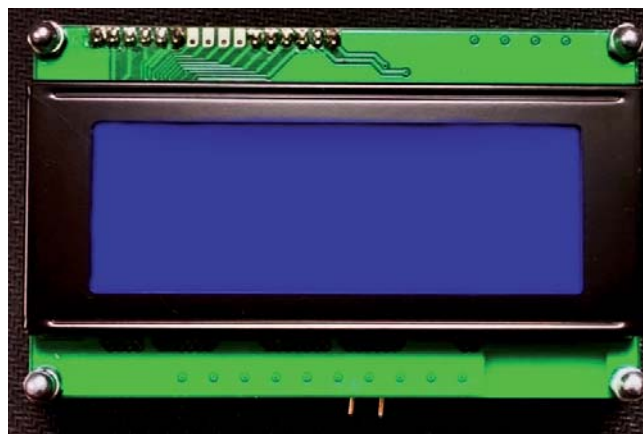
### Monitorovanie stavu napájania systémov

Primárnou funkciou SECU (obr. 4) je monitorovanie stavu napájania EZS. Napájanie je monitorované prostredníctvom elektrotechnickej súčiastky - optočlen, ktorý v sebe integruje IR LED a fototranzistor.

### Spustenie generátora a jeho chod

Sekundárnou funkciou SECU je spustenie generátora. Keďže sme sa rozhodli použiť zemný plyn alebo propán-bután (ďalej len plyn) ako zdroj tepelnej energie pre Stirlingov motor, musíme uvažovať minimálne o troch krokoch, ktoré sú nevyhnutné pre úspešné uvedenie generátora do prevádzky:

- Zapálenie;
- Nahrievanie;
- Roztočenie zotrvačnika.



Obr. 4 Stirling Engine control Unit (SECU)

Prvým krokom je zapálenie zemného plynu, ktorého tok je regulovaný elektromagnetickým (solenoidným) ventilom. Zapálenie zmesi je iniciované piezoelektrickým zapalovačom. Po zapálení plynu sleduje riadiaca jednotka teplotu pomocou *teplotného senzoru typu K*. Senzor je umiestnený v ohrievanej časti Stirlingovho motora a po dosiahnutí teploty 600 °C vyšle SECU impulz štartéru, ktorý roztočí zotrvačnik. Stirlingov motor postupne zvyšuje otáčky aj výkon, SECU monitoruje výstupné napätie generátora a po dosiahnutí požadovaného napätia pripojí prostredníctvom relé paralelne usmernovaný výstup generátora na vstupy napäťových regulátorov (Ross, 2011).

### Doplnkové funkcie

Okrem predchádzajúcich funkcií obsahuje SECU aj doplnkové funkcie, ktoré dávajú užívateľovi možnosť sledovať stav generátora. SECU je vybavená rozmerným a prehľadným LCD. Displej dokáže zobraziť až 4 riadky textu, pričom každý riadok môže obsahovať až 20 znakov. Displej je podsvietený, takže údaje je možné čítať aj v úplnej tme. Na displeji sa zobrazujú údaje o aktuálnom čase a dátume, názov riadiacej jednotky, informácie o stave generátora, aktuálnom výkone generátora, aktuálnom príkone EZS, výstupné napätie generátora, aktuálny prietok plynu a názov súboru, do ktorého sú zaznamenávané údaje o činnosti generátora.

### Záver

Navrhnutý generátor je možné využiť takmer bez obmedzenia. Môže byť inštalovaný v rodinnom dome, na chate, v menšej firme alebo v sklade a tiež na miestach, kde sa nenachádzajú rozvody elektrickej energie (pri použití fliaš plnených propán-butánom). Generátor môže byť skombinovaný aj s iným alternatívnym zdrojom elektrickej energie, napríklad s fotovoltaickými článkami. Fotovoltaické články by zabezpečovali napájanie elektrického zabezpečovacieho systému počas slnečného dňa a k spusteniu generátora by došlo až po poklese výstupného výkonu fotovoltaických článkov. Generátor elektrickej energie využívajúci Stirlingov motor je veľmi zaujímavým a nekonvenčným spôsobom alternatívneho napájania elektrického zabezpečovacieho systému, ktorý dokáže niekoľkonásobne predĺžiť dobu prevádzky v prípade výpadku hlavného zdroja napájania.

### Použitá literatúra

- [1] DOMOTRON.: <info@domotron.com>. [2016-05-07]. *Systém inteligentnej domácnosti*. [E-amíl to: Milan Kutaj, iqlogic3@gmail.com].
- [2] LOVEČEK, T.; VELAS, A.; ŽUROVEC, M. 2015.: *Bezpečnostné systémy: poplachové systémy*. Žilina: EDIS, 2015. ISBN 978-80-554-1144-6.
- [3] MELUZIN, H. 1973.: *Elektrotechnika*. Bratislava: Alfa - vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, 1978.

- [4] ROSS, A. 2011.: *Making Stirling Engines* [on line]. Ohio: 2011. [cit. 2016-05-03] Dostupné na: [https://docs.google.com/open?id=0B\\_t-6mPcD-IYOTc4M2M4NzAtYzFmNS00Nm11LTk2MDYtMWEzMmUxNDljNWQw](https://docs.google.com/open?id=0B_t-6mPcD-IYOTc4M2M4NzAtYzFmNS00Nm11LTk2MDYtMWEzMmUxNDljNWQw).
- [5] VEĽAS, A. 2010.: *Elektrické zabezpečovacie systémy*. Žilina: FŠI ŽU, 2010.
- [6] VEĽAS, A. 2015.: *Poplachové systémy: poplachové prenosové systémy a zariadenia*. Žilina: EDIS, 2015. ISBN 978-80-554-1134-7
- [7] VINEETH, C.S. 2011.: *Stirling Engines: A Begineers Guide* [on-line]. Thiruvananthapuram: 2011. [cit. 2016-05-02] Dostupné na: <http://www.scribd.com/doc/63235960/Stirling-Engine-a-Beginners-Guide>.
- [8] WALKER, G.: *Stirling engines*. Oxford: Oxford University Press, 1980.
- [9] XU, J. <jessica@wxnaier.com>. [2016-05-07]. *Permanent magnet generator-Jiangsu Naier Wind Power*. [E-mail to: Milan Kutaj, iqlogic3@gmail.com].

# Zvýšení hasební účinnosti nízkotlaké a středotlaké vodní mlhy PHZ a SHZ pomocí elektrického pole generovaného stejnosměrným vysokým napětím

## Increase the Efficiency of the Low and Medium Pressure Water Mist of Semi-Stable and Stable Fire Extinguishing System Using an Electric Field Generated by a DC High-Voltage

Ing. Petr Lukáš<sup>1</sup>

Ing. Jan Koller, Ph.D.<sup>1</sup>

Ing. Otto Dvořák, Ph.D.<sup>2</sup>

Ing. Pavel Hrzina, Ph.D.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ČVUT v Praze, Fakulta elektrotechnická  
Technická 2, 166 27 Praha 6 - Dejvice

<sup>2</sup>Univerzitní centrum energeticky efektivních budov ČVUT v Praze  
Trinecká 1024, 273 43 Buštěhrad  
lukaspe5@fel.cvut.cz, koller@fel.cvut.cz, HRZINAP@fel.cvut.cz,  
otto.dvorak@uceeb.cvut.cz

### Abstrakt

Tento příspěvek popisuje hasební experimenty aplikované na plamen zkušební nádoby s n-heptanem. Bylo posuzováno možné zvýšení hasební účinnosti nízkotlaké a středotlaké vodní mlhy s elektricky nabitým polem SVN. Výsledky experimentů potvrdily vliv velikosti napětí a zohledňují konfiguraci elektrod, velikost objemového průtoku vody, tlak vody a typ mlhové hlavice. Vyšší hasební účinek elektricky nabitých vodních mlh se vykazoval kratšími doby uhašení, menším objemem vody spotřebovaným k uhašení požáru a vyšším procentem úspěšných hasebních pokusů. Přínos: rychlejší a efektivnější hašení požáru s menším rizikem zranění osob a nižšími následnými škodami v chráněném prostoru.

### Klíčová slova

Interakce stacionárního elektrického pole s plamenem, elektricky nabitá vodní mlha, nízkotlaké a středotlaké mlhové hasicí zařízení, generátor SVN, katoda, anoda, doba uhašení.

### Abstract

It was considered possible to increase extinguishing efficiency low and medium pressure water mist electrically charged by the DC high-voltage. The experimental results presented confirm the effect of the voltage, taking into account the configuration of electrodes, the size of the water flow, water pressure and the type of a fog nozzle. Higher extinguishing effect electrically charged water mist is exhibited through shorter extinguishment time, a smaller volume of water consumed to extinguish the fire and a higher percentage of successful firefighting attempts. Contribution: faster and more efficiently extinguishing the fire with less risk of injury and subsequent lower potential damage in the protected area.

### Keywords

Interaction of stationary electric field with a flame, electrically charged water mist, low/intermediate pressure water mist fire extinguishing system, anode, cathode, extinguishment time.

### Úvod

Vedle konvenčních metod hašení v budovách existují další metody, které jsou předmětem výzkumu a řady studií. Jednou z dosud málo probádaných otázek je využití elektrického pole pro hašení požárů, ale dosud nebylo prakticky využito u komerčních hasicích systémů včetně polostabilních a stabilních hasicích

zařízení. Není obsaženo ani v příslušných normách pro jejich instalaci a provoz.

Tento příspěvek se zabývá ověřením využitelnosti elektrostatického pole pro nabíjení kapek vodní mlhy za účelem zvýšení hasební účinnosti. Vychází z teoretických předpokladů uvažujících plamen jako nízkoteplotní plazma.

Plamen lze přirovnat ke studenému plazmatu. Plazma je tvořeno různorodými částicemi, některé jsou elektricky neutrální a jiné mají elektrický náboj. Záporný náboj je přítomen nejčastěji formou volných nosičů - elektronů, vznikajících odtržením z elektronového obalu nebo produktem chemických reakcí. Dále jsou přítomny radikály, vysoce reaktivní částice vyznačující se absencí jednoho nebo více párových elektronů. Neionizované molekuly jsou elektricky neutrální, některým z jejich elektronů je dodána taková velikost energie, při které se dostanou tyto částice do excitovaného stavu. Tato energie je nejčastěji dodávána prostřednictvím tepla nebo záření. Příčinou přítomnosti většiny iontů jsou i samotné chemické reakce, jejichž produkty a meziproducty mají elektrický náboj [1 - 3].

Základním předpokladem pro interakci elektrického pole a plamene je přítomnost nabitých částic. Vznik těchto částic může probíhat více způsoby, mezi způsoby ionizace v plamenu patří:

- Ionizace srážkami (iniciace),
- Ionizace přestupem elektronu,
- ionizace přenosem excitační energie,
- chemická ionizace.

Tyto způsoby ionizace znázorňuje tab. 1. [4]

V případě ionizace srážkami dochází k uplatnění energie ze střetu částic a následnému odtržení elektronu. Rychlost generování iontů závisí na teplotě a složení hořlavé směsi, není však závislá na tlaku. Termický způsob tvorby iontů generuje pouze malou část nabitých částic z důvodu nízkých teplot plamenů požáru.

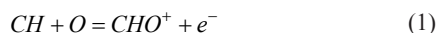
Ve všech spalovacích procesech uhlovodíků jsou přítomny kationty, příkladem mohou být  $\text{CH}_3^+$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{H}_5\text{O}_2^+$ ,  $\text{CHO}^+$ ,  $\text{C}_3\text{H}_3^+$ . Chemickou ionizací jsou produkovány ionty  $\text{CHO}^+$  a  $\text{C}_3\text{H}_3^+$  ze kterých vznikají všechny další kationty formou elektronové kolize nebo přestupem náboje prostřednictvím migrace elektronů. Tento jev byl vyzorován na základě vzájemné závislosti velikostí koncentrací iontů produkovaných chemickou ionizací a dalších kationtů. Největší koncentrace kationtů představuje  $\text{H}_3\text{O}^+$ , který je produktem reakce prvotních reaktantů chemické ionizace [4 - 7].

Tab. 1 Způsoby ionizace výše uvedených typů

$A + B \rightarrow A^+ + B + e^-$	$A + B^* \rightarrow A^+ + B + e^-$
$A + e^- \rightarrow A^+ + e^- + e^-$	$A + B \rightarrow C^+ + D + e^-$
$A + B \rightarrow A^+ + B^-$	$A + B \rightarrow C^+ + D^-$

Dominantním typem ionizace je chemická ionizace. Termální (srážková) ionizace při běžných teplotách spalovacího procesu nemůže být hlavním zdrojem nabitých částic, proto na základě výzkumů byla objevena ionizace vzniklá chemickými reakcemi. Při

chemické reakci zůstává alespoň jeden produkt nebo meziprodukt v ionizovaném stavu. Typickým příkladem může být elementární reakce (1) považovaná za příčinu ionizace uhlovodíkových plamenů:



Mezi dílčí nevýhodu MHZ obzvláště vysokotlakých patří malá hybnost vodních kapek, představující aplikační omezení. Pohyb těchto kapek může být ovlivňován silovými účinky vyvolanými okolními proudy vzduchu a vzestupnými proudy vzduchu v okolí plamene. Jedním z potenciálně využitelných mechanismů je využití příťažlivých a odpudivých Coulombovských sil elektricky nabitých částic a těles. Pokud by byly kapky nabitý, například pomocí interakce s elektrostatickým polem, resp. průchodem skrz toto pole, bylo by možné využít vzniklé účinky pro změnu hybnosti kapek ve směru požadovaného místa aplikace (2). Plamen se na venek jeví jako kladně elektricky nabitý z důvodu rozdílné hmotnosti kladných a záporných částic. Jedním z projevů je tzv. iontový vítr. Vodní mlha by tedy měla být nabíjena na záporné hodnoty náboje, aby docházelo ke vzájemné příťažlivosti [8].

$$\vec{F}_e = \vec{E}q_k \quad (2)$$

kde

$\vec{F}_e$  elektr. síla (vektor) působící na náboj kapky [N],

$\vec{E}$  intenzita elektr. pole (vektor) [N/C],

$q_k$  elektr. náboj kapky [C].

Předpokládané vzájemné silové působení mezi shodně nabitými kapkami by se mělo projevovat homogenizací rozložení kapek a změnou výtokové charakteristiky hlavice vodní mlhy (3). Důsledkem tohoto jevu by měl být ještě větší objemový podíl odpařené vody a tedy i větší odebrané skupenské teplo a větší snížení koncentrace kyslíku v oblasti hoření [9, 10].

$$\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \frac{q_{k1}q_{k2}}{l^3} \vec{l} \quad (3)$$

kde

$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  [C<sup>2</sup>/N.m<sup>2</sup>] je permitivita vakua,

$\epsilon_r$  relativní permitivita prostředí,

$l$  vzdálenost mezi kapkami [m].

Rozpad kapaliny do kapek je ovlivňován jejími vlastnostmi. Kapka vody nemůže nést nekonečně velký elektrický náboj. Jedno z omezení představuje konečně velké povrchové napětí vody. Viditelný důsledek existence povrchového napětí vody je snaha vody ve volném prostoru zaujmout co nejmenší objem, tedy tvar koule. Pokud celkový náboj kapky přesáhne limitní hodnotu povrchového napětí, kapka se rozdělí a vytvoří několik menších. (4) Při stejném objemu se zvětší povrch. Níže je uveden vztah pro velikost limitního náboje kapky v závislosti na povrchovém napětí. Případná fragmentace kapek může vést k lepšímu i horšímu hasebnímu účinku v závislosti na okolních podmínkách (zejména rychlost a charakter proudění plynů) [9].

$$Q_R = 8\pi(\sigma\epsilon_0)^{\frac{1}{2}} r^{\frac{3}{2}} \quad (4)$$

kde

$Q$  celkový el. náboj kapky [C],

$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  [C<sup>2</sup>/N.m<sup>2</sup>] je permitivita vakua,

$\sigma$  Stefan-Bolzmanna konstanta  $5,67 \times 10^{-8}$  [W/m<sup>2</sup>.K<sup>4</sup>].

Samotné elektrické pole okolo kapek může ovlivňovat chemické reakce v procesu hoření a ovlivňovat i tím množství produktů a meziproduktů podporující hoření. V současné době se mezi základní činitele hoření (vedle oxidačního činidla, hořlavé látky a tepla) zařazují i řetězové chemické reakce hoření. Jako jeden

s principů hašení lze tedy uvažovat i omezení těchto reakcí. Změna hasební účinnosti je závislá na okolních podmínkách, velikosti elektrické pole v okolí kapek a vzdálenosti přiblížení mezi kapkou a reakční zónou hoření. [11]

### Popis experimentu

Cílem experimentu bylo posoudit, zda dojde ke zvýšení hasebního účinku při hašení nabitou středotlakou a nízkotlakou vodní mlhou oproti použití konvenční hasicí mlhy. Experiment probíhal formou reálných hasebních zkoušek s použitím kapalné hořlavé látky n-heptan C<sub>7</sub>H<sub>16</sub> (tab. 2). Tato vysoce těkavá hořlavá kapalina má nízký bod vzplanutí a je používána k hodnocení hasební účinnosti hasicích přístrojů.

Výchozím dokumentem pro návrh a realizaci experimentů je užité vzor - Zařízení ke zvýšení hasební účinnosti vysokotlaké vodní mlhy u polostabilních a stabilních hasicích zařízení.

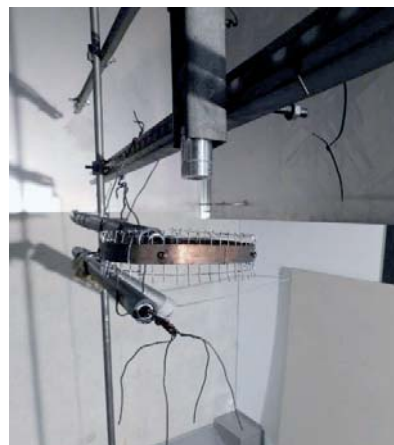
Tab. 2 Některé vlastnosti n-heptanu C<sub>7</sub>H<sub>16</sub>

Bod vzplanutí [°C]	Teplota vznícení [°C]	DMV [% obj.]	HMV [% obj.]	Hustota [kg/m <sup>3</sup> ]	Výhřevnost [MJ/kg]	HRO [g/m <sup>2</sup> .s]
-4	220	1	7	0,684	44,566	0,015

DMV ...dolní mez výbušnosti, HMV ...horní mez výbušnosti, HRO...hmotnostní rychlost odhořívání.

### Zkušební hasicí zařízení

Pro účely experimentu bylo zkonstruováno zkušební hasební zařízení s možností osazení jednou mlhovou hasicí tryskou (obr. 1). Uspořádání zkušebního zařízení a bylo voleno tak, aby simulovalo reálné podmínky a aplikace mlhového stabilního hasicího zařízení. Hasební zkoušky probíhaly v požární komoře UCEEB v Buštěhradu.



Obr. 1 Detail hlavice a elektrod

Výtoková mlhová hlavice byla umístěna v ose nad nádobou zkušební pánve. Pod touto hlavicí byly umístěny 2 elektrody, horní ve tvaru prstence o průměru 160 mm (2 cm široký měděný pásek) a dolní ve tvaru n - zubce (4 zubce) tvořenou měděnými dráty s průměry 1 mm s délkami okolo 10 cm. Regulace požadovaného tlaku v místě osazení hlavice probíhala formou škrcení na základě údajů manometru a ultrazvukového průtokoměru. (obr. 3) Vztah pro průměrnou hodnotu koeficientu  $K_f$  [dm<sup>3</sup>/bar<sup>1/2</sup>] hlavice (5):

$$K_f = \frac{\dot{Q}}{\sqrt{p}} \quad (5)$$

kde

$\dot{Q}$  průtok vody tryskou [dm<sup>3</sup>/min],

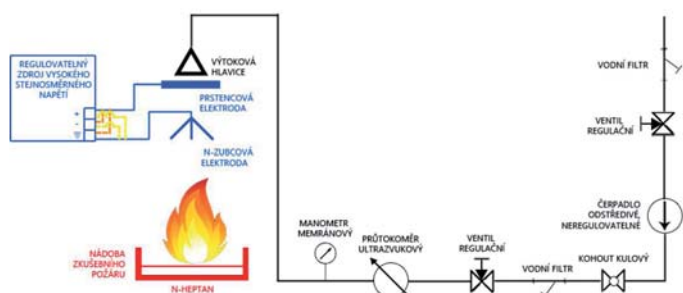
$p$  prac. tlak vody na trysce [bar].

Elektrody byly připojeny k regulovatelnému zdroji stejnosměrného vysokého napětí (0-25 kV) s proudovou pojistkou 300  $\mu$ A. Horní elektroda byla umístěna tak, aby výtokový proud procházel otvorem prstence a přes dolní elektrodu. Úlohou těchto elektrod je předání náboje kapkám.

Byla zkoušena mlhová hlavice C-FSFH provozovaná v režimu 5 (6-15) barů, a velikostí kapek (65-90)  $\mu$ m. Ukázala se jako vhodná pro realizaci experimentů (obr. 2).



Obr. 2 Použitá hlavice



Obr. 3 Zjednodušené schéma zkušebního hasicího zařízení

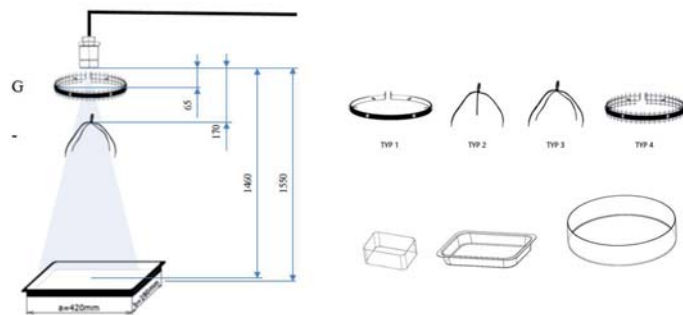
**Průběh a metodika experimentu**

Pro posouzení hasebních schopností jednotlivých měření byla experimentálně ověřována konfigurace zkušebního zařízení, u které nedojde k uhašení zkušebního požáru bez připojeného zdroje el. napětí do 1 min (výběr vhodné velikosti zk. nádoby, pozice elektrod a vzdálenosti trysky od zkuš. nádoby. Druhým kritériem byla měřená veličina času uhašení. Čas uhašení určoval přímo úměrně spotřebu vody (objemový průtok uvažován jako v čase konstantní).

Tab. 3 Přesnost měřených veličin

Název	Doba hašení [s]	tlak rozv. potrubí [bar]	Objemový průtok [l/min]	Spotřeb. množství vody [l]	Vel. nap. mezi elektrodami [kV]	Vzdálenost elektrod, nádoby [mm]
Přesnost	$\pm 0,5$ s	1,6 % z rozsahu	1,5 % z veličiny	-	$\pm 100$ V	$\pm 5$ mm

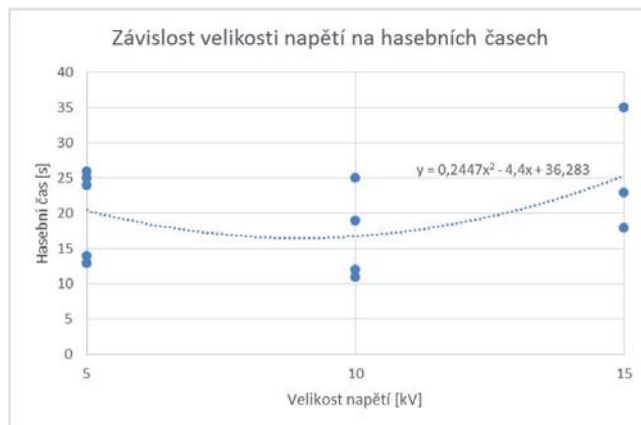
Pro hlavici C-FSFH byla nalezena hraniční konfigurace s níže uvedenými parametry. Pro tuto konfiguraci byla provedena sada zkoušek pro různé velikosti napětí.



Obr. 4 Hlavní posuzovaná konfigurace (vpravo), typy zkoušených elektrod a zkušebních nádob (vpravo)

**Výsledky**

Uvedené výsledky jsou posuzovány pro jednu geometrickou konfiguraci. Při různých napětích mezi elektrodami bylo možno vysledovat rozdílné hasební časy, viz [5]. Velikost napětí byla nastavována v třech úrovních - 5 kV, 10 kV, 15 kV. Při vyšších hodnotách napětí docházelo k častějším jiskrovým výbojům. Průměrný čas uhašení byl 21 s při velikosti kapek vodní mlhy v rozsahu (65 - 90)  $\mu$ m].



Obr. 5 Hasební časy v závislosti na napětí mezi elektrodami

Hasební zkoušky z největší zkušební nádobou kladly velké nároky na tepelnou odolnost zkušebního zařízení zejména na ramena elektrod a kabeláž (obr. 6). Zřídka docházelo k výstřiku části hořlavé kapaliny mimo zkušební nádobu při prvotním kontaktu proudu vodní mlhy s hladinou n - heptanu a tím i k rozšíření ohně mimo nádobu.



Obr. 6 Hašení zkušebního požáru n-heptanu

**Závěr**

Výsledky experimentů potvrdily možné zvýšení hasební účinnosti při hašení požáru n - heptanu vlivem interakce elektrostatického pole a nízkotlaké/středotlaké vodní mlhy. Viditelný rozptyl naměřených hodnot viz obr. 5 lze vysvětlit tím, že měření probíhalo většinou za podmínek reprodukovatelnosti.

Bylo zjištěno, že na hašení má značný vliv pozice a typ elektrod a to i nezávisle na velikosti napětí. Důvodem je např. rozdílná charakteristika proudu vodní mlhy způsobená třístěním o spodní elektrodu a rozdílný účinek indukce elektronů anodou a emise elektronů katodou. Z tohoto důvodu musely být různé poziciční konfigurace elektrod vyhodnocovány zvlášť a tím se zvýšil počet konfigurací a snížil počet porovnatelných měření. Dále bylo zjištěno, že nejlepší průměrných hasebních časů, výše uvedené konfigurace nebylo dosaženo s nejvyšším možným zkušebním napájecím napětím, ale s napětím mezi 5 kV a 15 kV. Rozptyl hodnot naznačuje nezhledné faktory a nutnost provedení dalších experimentů v této oblasti.

**Poděkování**

Tento projekt byl podpořen grantem ČVUT SGS 16/076/OHK3/1T/13.

**Použitá literatura**

- [1] DVOŘÁK, O.; KOLLER, J.; STANĚK, Z.: *Zařízení ke zvýšení hasebního účinnosti vysokotlaké vodní mlhy u polostabilních a stabilních hasicích zařízení*, Česká republika. Užité vzor, 29023. 2015-prosinec-28.
- [2] CHEN, F.F.: *Úvod do fyziky plazmatu*. Praha: Academia, 1984. Dostupné z: [http://is.muni.cz/el/1431/jaro2015/C6900/um/Chen-Uvod\\_do\\_fyziky\\_plazmatu.pdf](http://is.muni.cz/el/1431/jaro2015/C6900/um/Chen-Uvod_do_fyziky_plazmatu.pdf).
- [3] DVOŘÁK, O.; STANĚK, J.; KOLLER, J.; HRZINA, P.: *Interakce elektrického pole s plameny*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Sdružení požárního a bezpečnostního, 2014, s. 55-59.
- [4] CALL, T.S.; SCHWARTZ, D.B.: *Electric Fields for Flame Extinguishment*. Florida: Department of the NR Force, 1993.
- [5] CALCULATE, H.F.: *Ion production and recombination in flames*. Pasadena: Williams & Wilkins, 1961, s. 184-99 [cit. 2016-duben-04]. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=zEsZMwEACAAJ>.
- [6] BORGATELLI, F.; DUNN-RANKIN, D.: *Behaviour of a small diffusion flame as an electrically active component in a high-voltage circuit*. Pittsburgh: The Combustion Institute, 2011 [cit. 2016-duben-03]. doi: 10.1016/j.combustflame.2011.06.002. Dostupné z: <http://www.elsevier.com/locate/combustflame>.
- [7] Combustion and Flame.: *Pittsburgh: The Combustion Institute*, 1994, roč. vol. 94 [cit. 2016-duben-06]. ISSN 0010-2180. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001021809390125M>
- [8] JANALÍK, J.: *Obtékání a odpor těles*. Ostrava: VŠB - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2008. ISBN 978-80-248-1911-2. Dostupné také z: <http://www.338.vsb.cz/PDF/Janalik-Obtekani.pdf>.
- [9] OKUDA, H.; KELLY, A.J.: *American Institute of Physics. In: Electrostatic atomization-Experiment, theory and industrial applications* [online]. 13. December. 1995 [cit. 2016-duben-26]. Dostupné z: <http://scitation.aip.org/content/aip/journal/pop/3/5/10.1063/1.871674>.
- [10] FINK, R.L.; JIANG, N.: *Electrostatic atomizing fuel injector using carbon nanotubes*, US8245951 B2. 2012-duben-22 [cit. 2016-duben]. Dostupné z: <http://www.google.com/patents/US8245951>.
- [11] BERMAN, C.H.; P.; ANDERSEN, O.; HOENIG, S.A.: National Institut of Standards and Technology. In: *ELECTRICALLY CHARGED WATER MISTS FOR EXTINGUISHING FIRES* [online]. [cit. 2016-02-04]. Dostupné z: [http://www.nist.gov/el/fire\\_research/upload/Berman-Electrically-Charged-Water-Mists-for-Extinguishing-Fires-Final-report.pdf](http://www.nist.gov/el/fire_research/upload/Berman-Electrically-Charged-Water-Mists-for-Extinguishing-Fires-Final-report.pdf).

# System manažérstva bezpečnosti organizácie

## Security Management System in Organization

Ing. Ján Mišík

Ing. Jozef Kubás

prof. Ing. Ľubomír Belan, CSc.

Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva  
Ul. 1.mája 32, 010 26 Žilina, Slovenská republika  
Jan.Misik@fbi.uniza.sk, Jozef.Kubas@fbi.uniza.sk,  
Lubomir.Belan@fbi.uniza.sk

### Abstrakt

V článku je uvedená štruktúra a proces architektúry efektívneho manažérstva bezpečnosti organizácie, ktorá sa využíva pri riadení konkrétnej zložky bezpečnosti. Príspevok rieši problematiku manažérstva bezpečnosti, ktorého úlohou je vytvorenie systému manažérstva bezpečnosti organizácie. Cieľom uvedeného systému je zaistiť bezpečnosť všetkých činností na dosahovanie cieľov organizácie a zamedziť bezpečnostným rizikám spôsobiť poškodenie zdravia, straty životov, majetkové škody a škody na životnom prostredí.

### Kľúčové slová

Manažerstvo bezpečnosti, architektúra manažérstva bezpečnosti, systém manažérstva bezpečnosti organizácie.

### Abstract

This paper provides frameworks and processes that constitute effective architecture of security management in organizations applied to a particular element of security. This contribution deals with the concept of security management, the aim of which is establishing a system of managing the security in organization. The main purpose of the system is ensuring security of all operations that are essential for reaching the overall organizational objectives as well as preventing threats to security that can cause health and safety issues, loss of life, damage of tangible assets and environmental damage.

### Keywords

Security management, architecture of security management, Security Management System in Organization.

### Úvod

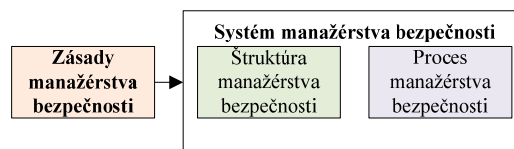
V organizáciách sa z funkčného hľadiska uskutočňuje veľké množstvo hlavných a podporných činností, ktoré vrcholovému manažmentu pri správnom riadení umožňujú dosahovať stanovené ciele vo výrobe alebo poskytovaní služieb. Tieto činnosti sa nevyskytujú vo všetkých organizáciách v rovnakom rozsahu. Niektoré špecifické činnosti sa uplatňujú len v určitých organizáciách (napr. výroba), mnohé z nich sa však vyskytujú prakticky v každej organizácii.

Medzi tie činnosti, ktorým musí vrcholový manažment každej organizácie venovať zvýšenú pozornosť patrí aj **manažerstvo bezpečnosti**, pretože do oblasti pôsobnosti a zodpovednosti manažmentu spadajú všetky, čo má vplyv na výkonnosť organizácie a na jej výsledky.

Manažerstvo bezpečnosti predstavuje sústavný, opakujúci sa súbor navzájom previazaných aktivít, ktorých úlohou je vytvorenie systému manažérstva bezpečnosti organizácie. Cieľom uvedeného systému je zaistiť bezpečnosť všetkých činností na dosahovanie cieľov a zamedziť bezpečnostným rizikám spôsobiť poškodenie zdravia, straty životov, majetkové škody a škody na životnom prostredí.

Súčasný manažérsky návod a procesy mnohých organizácií zahŕňajú zložky manažérstva bezpečnosti, ktoré však nerespektujú systémový prístup. Prijatie „oficiálneho“ procesu manažérstva bezpečnosti umožňuje zrealizovať kritické preskúmanie svojej jestvujúcej praxe a svojich procesov v oblasti bezpečnosti.

Architektúra manažérstva bezpečnosti organizácie je uvedená na obr. 1.

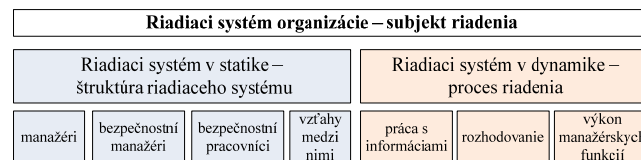


Obr. 1 Architektúra manažérstva bezpečnosti

### Systém manažérstva bezpečnosti organizácie

Základom pre chápanie manažérstva bezpečnosti organizácie je systémové myslenie. Aplikácia systémového prístupu k manažerstvu bezpečnosti umožňuje integrovať do tohto celostného pohľadu rôzne poznatky v záujme skvalitňovania bezpečnostného manažmentu organizácie.

Každý systém sa skladá z dvoch navzájom spojených podsystemov, ktoré v určitých reláciách pokladáme za systémy, ktorými sú: riadiaci podsystem (subjekt riadenia) a riadený podsystem (objekt riadenia). Subjekt a objekt riadenia organizácie je znázornený na obr. 2.



Obr. 2 Subjekt a objekt riadenia organizácie

### Štruktúra manažérstva bezpečnosti organizácie

Každá organizácia si podľa svojho poslania, vízií a účelu na úspešné dosahovanie stanovených cieľov vytvára **organizačnú štruktúru**. Jadro organizačnej štruktúry predstavuje základné prostredie pre vykonávanie všetkých hlavných a podporných činností a procesov, ktoré sú v organizácii zastúpené. Základný organizačný rámec uľahčuje úspech plnenia povinností zamestnancami organizácie, ktorí pracujú pod dohľadom zodpovedných manažérov [1].

Štruktúra organizácie má byť podľa [2] vytvorená podľa určitej logickej schémy, ktorá zahŕňa nielen všetky hlavné oblasti alebo činnosti, ale aj všetky podporné oblasti alebo činnosti. Každá uvedená oblasť hlavných a podporných činností tvorí samostatný sektor celej organizácie.

Súhrn jednotlivých komponentov bezpečnostnej štruktúry organizácie, fungovanie ktorých má byť založené na jej celkovej bezpečnostnej politike tvorí **sektor bezpečnosti organizácie**. Predstavujú ho špeciálne vytvorené subjekty bezpečnosti alebo súbory subjektov (oblastí), ktorých hlavným cieľom je dosiahnutie, zaistenie a upevňovanie trvalej celkovej bezpečnosti osôb, majetku a životného prostredia v organizácii. Bezpečnosť pre jednotlivé súčasti sektora bezpečnosti je zakotvená v legislatívnych bezpečnostných normách.

Sektor bezpečnosti organizácie je možné podľa subjektov ochrany rozdeliť na niekoľko podsektorov, ktoré sa obvykle v rôznej intenzite vyskytujú vo všetkých druhoch organizácií:

- Bezpečnosť osôb a majetku.
- Bezpečnosť životného prostredia (environmentálna bezpečnosť).
- Bezpečnosť podnikania (podnikateľská bezpečnosť). Bližšie k sektoru bezpečnosti organizácie pozri [3].

Úspech manažérstva bezpečnosti organizácie bude závisieť od efektívnosti štruktúry manažérstva poskytujúcej základy a usporiadanie, ktoré ho zavedú v celej organizácii na všetkých úrovniach. Štruktúra pomáha riadiť bezpečnosť efektívne prostredníctvom aplikácie procesu manažérstva bezpečnosti na rozličných úrovniach a v rámci konkrétnych súvislostí v organizácii. Štruktúra zabezpečuje, že informácie o bezpečnosti získané z procesu manažérstva bezpečnosti sa primerane oznamujú a využívajú ako základ prijímania rozhodnutí a zodpovednosti na všetkých príslušných úrovniach organizácie.

Vzťah medzi zložkami štruktúry manažérstva bezpečnosti organizácie je uvedený na obr. 3.



Obr. 3 Vzťah medzi zložkami štruktúry manažérstva bezpečnosti organizácie

### Proces manažérstva bezpečnosti organizácie

Zabezpečenie úspešnosti organizácie prostredníctvom rôznych systémov manažérstva podľa medzinárodne uznávaných štandardov sa v dnešnej zložitej ekonomickej situácii stáva čoraz viac samozrejmosťou. Na stanovenie postupnosti procesu manažérstva bezpečnosti je možné využiť všeobecnú normu, predpísanú pre systémy manažérstva - prílohu SL (predtým v ISO Guide 83) vytvorenú s cieľom priniesť zhodné a kompatibilné normy pre systémy manažérstva.

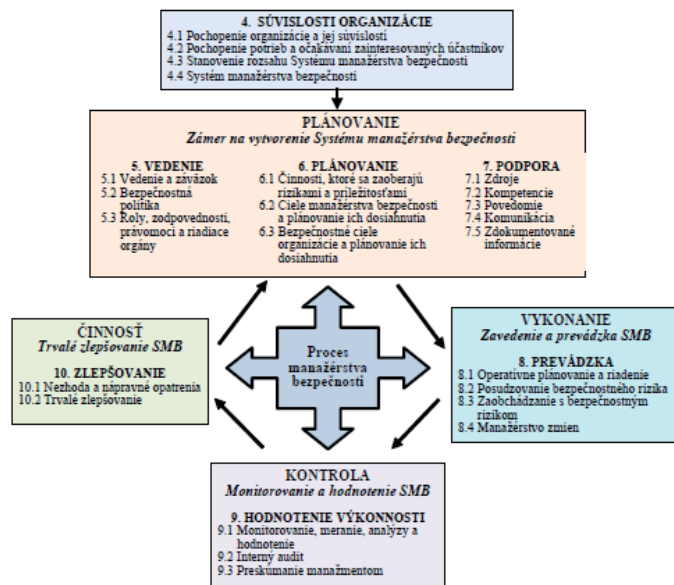
Proces manažérstva bezpečnosti organizácie je potom možné názorne zobrazit' s využitím PDCA cyklu, ktorý je vhodným modelom pre všetky typy manažérskeho zlepšovania procesov, kvality výrobkov, služieb, aplikácií, dát, prebiehajúci formou opakovaného vykonávania štyroch základných činností uvedených na obr. 4.

Podľa tejto prílohy sa budú riadiť všetky nové manažérske systémy a všetky aktuálne manažérske systémy budú na tento model prechádzať. V budúcnosti by všetky manažérske systémy mali byť konzistentné a kompatibilné - všetky budú mať rovnaký základ a prostredie, čo by mohol byť začiatok konca konfliktov, duplikácie, zmätkov a nepochopenia medzi rôznymi systémami. Toto pomôže zaistiť súdržnosť medzi budúcimi a revidovanými normami systémov manažérstva a umožní užívateľom normy ľahšie pochopiť. Bude tiež jednoduchšie a efektívnejšie na tomto základe integrovať viac noriem v rámci jednej organizácie.

### Záver

Manažerstvo bezpečnosti predstavuje sústavný, opakujúci sa súbor navzájom previazaných aktivít organizácie na plánovanie,

zavedenie, prevádzkovanie, monitorovanie, hodnotenie a trvalé zlepšovanie systému manažérstva bezpečnosti organizácie. Systém manažérstva bezpečnosti organizácie je súčasťou štruktúry organizácie, stáva sa súčasťou jej bezpečnostnej kultúry. Ukazuje, akým spôsobom majú zamestnanci vykonávať svoju prácu pri zachovaní bezpečnosti. Pre zvýšenie efektívnosti bezpečnosti sa musí stať súčasťou každodennej praxe.



Obr. 4 Proces manažérstva bezpečnosti organizácie

Zavedenie systému v organizácii umožní napr.: efektívnu činnosť bezpečnostných pracovníkov a využitie zdrojov organizácie, dosiahnutie bezpečnostných cieľov organizácie v jednotlivých oblastiach sektora bezpečnosti, pridelenie zodpovednosti za jednotlivé oblasti sektora bezpečnosti a dodržiavanie zásad, noriem a pravidiel bezpečnosti, vytvorenie komplexného systému ochrany na zachovanie bezpečnosti a ochrany života, zdravia, majetku, životného prostredia a iných dôležitých záujmov organizácie aj jednotlivcov, redukciu bezpečnostných incidentov atď.

Príspevok bol spracovaný v rámci riešenia projektu VEGA 1/0787/14, 1/0733/15 VEGA 1/0696/16 a IGP 201607, IGP 201610.

### Použitá literatúra

- [1] BELAN, L. 2015.: *Bezpečnostný manažment: Manažerstvo bezpečnosti*. EDIS UNIZA. 200 s. ISBN 978-80-554-1163-7.
- [2] SENNEWALD, CH.A. 2003.: *Effective Security Management*. Fourth edition. Elsevier-Science (USA), 395 p. ISBN 0-7506-7454-7.
- [3] MIŠÍK, J. 2016.: Bezpečnostný sektor organizácie. In. *Rozvoj Euroregionu Beskydy*. ISBN 978-80-554-1181-1. - CD-ROM, p. 70-76.
- [4] ANNEX SL (ISO Guide 83).
- [5] ŠTOFKOVÁ, J.; MADLEŇÁK, R.; REPKOVÁ ŠTOFKOVÁ, K. 2015.: *Business Management*. Bratislava: Dolis, 178 p., ISBN 978-80-970419-7-7.
- [6] MAJERNÍK, M.; DANESHJO, N.; REPKOVÁ ŠTOFKOVÁ, K. 2016.: Modelling the process of business management systems control. In: *Communications: Scientific letters of the University of Zilina*. ISSN 1335-4205. Vol. 18, no. 2 (2016), pp. 93-98.
- [7] GAŠPIERIK, L. a kol. 2010.: Efektívnosť preventívnych aktivít. In. *Prevenencia kriminality*. ISBN 978-80-8054-508-6. - s. 134-143.



# Výcvik a vzdelávanie príslušníkov Ozbrojených síl Slovenskej republiky do operácií medzinárodného krízového manažmentu

## Training and Education of the Armed Forces Members of the Slovak Republic into the International Crisis Management Operations

Ing. Veronika Mitašová

Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva  
Ul. 1.mája 32, 010 26 Žilina, Slovenská republika  
Veronika.Mitasova@fbi.uniza.sk

### Abstrakt

Príspevok sa zaoberá problematikou prípravy príslušníkov ozbrojených síl do operácií medzinárodného krízového manažmentu. V úvode vychádza zo základného členenia operácií vedených počas kríz, následne sa sústreďuje na vybraný druh, a to operácie na podporu mieru. Hlavná časť príspevku charakterizuje postup prípravy pred nasadením do operácie, bližšie opisuje štruktúru výcviku a vzdelávania zabezpečovanú v podmienkach Slovenskej republiky, určuje minimálne požiadavky na získané zručnosti, schopnosti a vedomosti. V závere definuje oblasti vyžadujúce si ďalšie skúmanie nevyhnutné na návrh opatrení za účelom zlepšenia súčasného stavu.

### Kľúčové slová

Výcvik, vzdelávanie, ozbrojené sily, operácia, operácia na podporu mieru, medzinárodný krízový manažment.

### Abstract

The paper deals with the issue of the armed forces members' preparation into international crisis management operations. The introduction is based on the crisis response operations classification, and then paper focuses on selected operations' type, namely the peace support operations. The main part of the paper describes the procedure of armed forces members' preparation before their deployment into operation, further outlines the structure of the training and education in the Slovak Republic and defines the minimum requirements for the skills, abilities and knowledge. In the conclusion are defined areas requiring further research, which is necessary to propose measures in order to improve the current state.

### Keywords

Training, education, armed forces, operation, peace support operation, international crisis management.

### Úvod

Úlohou organizácií medzinárodného krízového manažmentu je predchádzať vzniku kríz a riešiť už existujúce krízy. Za týmto účelom sú realizované operácie medzinárodného krízového manažmentu (ďalej len „MKM“). Operácie vedené v čase krízy majú charakter podporných operácií, cez operácie na podporu mieru až po operácie bojové. Všetky operácie vykonávané počas krízy predstavujú príspevok k efektívnemu krízovému manažmentu. Tento druh operácií môže byť rovnako náročný a intenzívny ako v prípade operácií vedených podľa článku 5 Washingtonskej zmluvy (operácie kolektívnej obrany členských štátov NATO). Často je totižto aj v prípade operácií v čase krízy potrebné použitie síl a prostriedkov NATO.

Ako už bolo spomenuté, súčasťou operácií v čase krízy sú operácie na podporu mieru (ďalej len „PSO“ - z anglického Peace Support Operation). Jedná sa o nestranné vedené operácie pod mandátom medzinárodnej organizácie (zväčša OSN a OBSE). Delenie PSO podľa charakteru aktivít vykonávaných počas nich je znázornené na obr. 1.



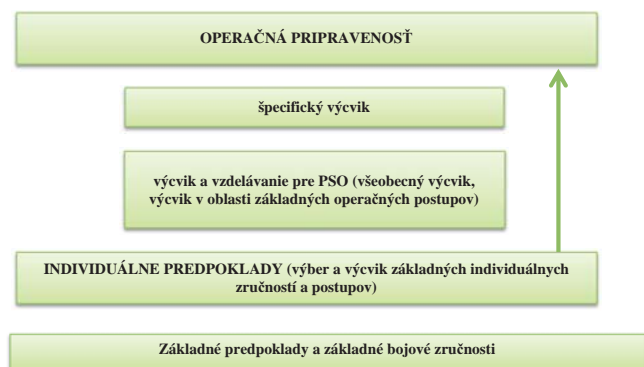
Obr. 1 Členenie PSO NATO [1]

Priemery znázornené medzi jednotlivými typmi PSO uvedenými na obr. 1 vyjadrujú, že tieto typy existujú samostatne iba ojedinele. V praxi by bolo možné vysvetliť to na príklade, kedy daná operácia začína ako PSO charakteru vytváranie mieru, no vplyvom meniacich sa podmienok a vývoja situácie sa postupne transformuje na PSO charakteru udržanie mieru, príp. post konfliktne budovanie mieru.

Humanitárne operácie sú v rámci obr. 1 uvedené s hviezdíčkou, pretože ich zaradenie medzi PSO je sporné. Ako súčasť PSO sú humanitárne operácie uvádzané v zdrojoch [1 - 4]. Iné zdroje [5, 6] však humanitárne operácie v kontexte aktivít na podporu mieru nespomínajú.

### Štruktúra prípravy príslušníkov ozbrojených síl do operácií MKM

Predpokladom na splnenie mandátu vedenej operácie a dosiahnutie stanovených cieľov je kvalitná príprava vysielaného personálu. Uskutočňované operácie MKM majú charakter mnohonárodných aktivít, pri ktorých je nevyhnutná vzájomná kompatibilita a interoperabilita nasadených síl. Z toho dôvodu je príprava vysielaného personálu usmerňovaná priamo zo strany organizácií MKM. Samotná príprava síce ostáva v zodpovednosti prispievateľskej krajiny, sú však definované minimálne požiadavky na schopnosti, zručnosti a vedomosti, ktorými musí pripravovaný personál po absolvovaní prípravy disponovať. V príspevku je pozornosť venovaná príprave personálu z radov príslušníkov ozbrojených síl. Základný koncept prípravy pozostávajúcej z výcviku a vzdelávania na nasadenie do operácie MKM (vrátane PSO) pozostáva zo vzájomne nadväzujúcich krokov uvedených na obr. 2.



Obr. 2 Koncept prípravy do operácií MKM [3]

Podľa Bučku [7] možno štruktúru výcviku príslušníkov ozbrojených síl pred nasadením do operácie MKM rozčleniť na nasledovné etapy:

- spoločný výcvik,
- odborný výcvik,
- záverečný výcvik.

V podmienkach Slovenskej republiky je spoločný a odborný výcvik zabezpečovaný Výcvikovou jednotkou vojenských misií (ďalej len „VJVM“), pričom na odbornom výcviku participujú aj konkrétne útvary. Záverečný výcvik prebieha v priestoroch vojenského obvodu Lešť.

### Obsah prípravy príslušníkov ozbrojených síl do operácií MKM

Ako bolo vyššie uvedené, príprava príslušníkov ozbrojených síl vysielaných do operácií MKM je v zodpovednosti prispievajúcej krajiny, no za účelom dosiahnutia interoperability pôsobiacich síl v operáciách MKM určujú organizácie MKM minimálne požiadavky schopnosti, zručnosti a vedomosti, ktorými musí pripravovaný personál po absolvovaní výcviku disponovať. Samotný výber jednotlivcov a ich osobnostné charakteristiky sú v konečnom dôsledku tým, čo vplýva na dosiahnutie operačnej pripravenosti a splnenie cieľov operácie. V rámci výberu je preto nutné dodržiavať nasledovné zásady:

- osoby musia byť profesionálne vhodné na danú pozíciu a plánované úlohy, musia byť schopné pôsobiť v rôznorodom prostredí,
- vojaci musia byť vo vyhovujúcej psychickej aj fyzickej kondícii,
- veliteľia jednotiek musia byť schopní svojich podriadených efektívne viesť - preukázať sa ako vodcovia,
- všetci, bez ohľadu na funkciu a hodnosť, musia porozumieť etickému rozmeru PSO, zásadám použitia sily a pravidlám nasadenia, musia disponovať základnými vedomosťami z oblasti medzinárodného humanitárneho práva a práva ozbrojeného konfliktu.

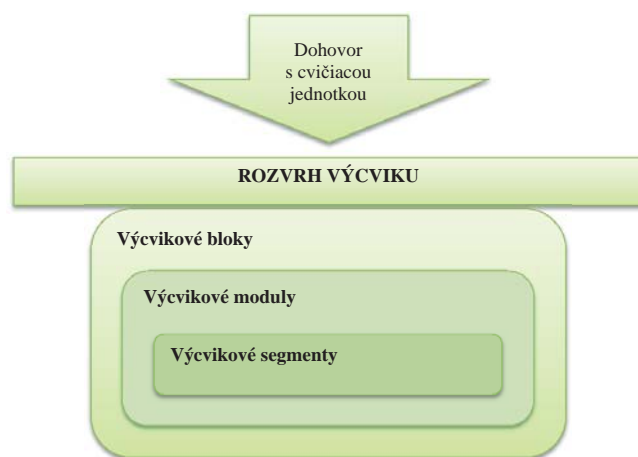
Počas výcviku zameraného na získanie individuálnych zručností a postupov si pripravovaný personál osvojuje vojenské zručnosti, a to:

- držanie a zaobchádzanie so zbraňou,
- zásady radiačnej, chemickej a biologickej ochrany (CBRN),
- prvú pomoc, poskytnutie prvej pomoci sebe, ale aj vzájomne, vrátane odsunu do bezpečného prostredia,
- orientáciu v teréne a navigáciu,
- využívanie komunikačnej techniky, so zreteľom na dodržiavanie štandardizovaných postupov pri podávaní hlásenia v anglickom jazyku podľa štandardov NATO,
- psychickú pripravenosť.

Kľúčový personál musí okrem vyššie uvedeného navyše ovládať:

- anglický jazyk, a to minimálne na úrovni STANAG 6001, pričom ovládanie ostatných jazykov je taktiež žiaduce,
- podávanie hlásení a správ v súlade so štandardmi NATO v anglickom jazyku,
- obsluha komunikačných a informačných systémov,
- zásady tzv. „stress managementu“.

Obsah všeobecného výcviku je rozdelený do deviatich výcvikových oblastí - **blokov**. Výcviková oblasť pozostáva z **modulov**, pričom je ich počet závislý od rozsahu a obsahu výcvikovej oblasti. Každý modul pozostáva z primárnych prvkov výcviku - **segmentov**. Práve vhodnou kombináciou segmentov je možné dosiahnuť efektívnosť a kvalitu výcviku príslušníkov ozbrojených síl vysielaných do jednotlivých operácií MKM. Koncepcia výcviku príslušníkov Ozbrojených síl Slovenskej republiky (ďalej len „OS SR“) do operácií MKM, ktorá spadá do zodpovednosti VJVM, je znázornená na obr. 3.



Obr. 3 Koncepcia výcviku príslušníkov OS SR do operácií MKM vo VJVM

Základné výcvikové oblasti, ktoré sú následne členené na moduly a tie na segmenty, sú nasledovné:

1. ochrana síl a bezpečnostné riziká,
2. štandardné postupy,
3. doplnkové úlohy,
4. právna aplikácia,
5. taktika,
6. kultúrne povedomie,
7. podpora reformy bezpečnostného sektora,
8. ďalšie vzdelávacie - doplnkové predmety,
9. opatrenia proti povstaniu.

Rozvrh výcviku je pripravovaný na základe dohovoru s cvičiacou jednotkou. Práve systém prípravy touto formou umožňuje pružne reagovať na požiadavky veliteľov cvičiacich jednotiek a dosiahnuť tak požadovaný profil pripravovaných, ako aj zohľadniť neustále vyvíjajúce a meniace sa bezpečnostné prostredie. Prostredníctvom takto koncipovanej prípravy sú v každom jednotlivom prípade zohľadnené špecifiká operácie MKM a v závislosti od nich vhodne zvolené segmenty (druh segmentu, počet hodín) výcvikových modulov, ako aj ich rozsah v počte hodín. Vyhodnotenie všeobecného výcviku je východiskom pre veliteľov jednotiek a inštruktorov na to, aby bol navrhnutý doplnkový špeciálny výcvik pre operácie - ďalšia z fáz výcviku.

Hodnotenie je neodmysliteľnou súčasťou celého procesu prípravy príslušníkov OS SR: Umožňuje porovnávať skutočný stav a úroveň pripravenosti s požadovanou úrovňou a stanovenými cieľmi výcviku. Hlavným cieľom výcviku a vzdelávania je dosiahnutie operačnej pripravenosti ešte pred samotným nasadením do operácie. Práve na základe výsledkov hodnotenia je v prípade potreby možné prijať včasné opatrenia na docvičenie potrebných oblastí, príp. spresnenie obsahu spoločnej fázy výcviku. V rámci celkového vyhodnotenia vykonaného výcviku príslušníkov OS SR do operácií MKM sa pozornosť venuje štyrom základným oblastiam, a to praktickým zručnostiam, teoretickým vedomostiam, jazykovej spôsobilosti a aplikácii základných bojových zručností.

Keďže sa OS SR aktívne zapájajú do celého spektra operácií MKM s rôznymi mandátmi, obsah ich prípravy sa mierne odlišuje. Sú však stanovené tzv. minimálne všeobecné požiadavky, ktoré musí spĺňať každý absolvent výcviku:

#### 1. poznať:

- mandát operácie,
- základné informácie o mieste nasadenia a priestore pôsobenia,
- hlavné úlohy a ciele operácie,
- zásady medzinárodného humanitárneho práva,
- hlásenia a spôsob odovzdávania hlásení,
- podriadenosť jednotky,
- zásady dodržiavania ochrany utajovaných skutočností,

#### 2. ovládať:

- plnenie úloh v mieste nasadenia,
- pravidiel použitia zbrane, stupňovania sily v súlade s pravidlami danej operácie,
- činnosť na vyhlásené bezpečnostné kódy,
- obsluhu spojovacích prostriedkov v operáciách,
- pohyb v nepreverenom teréne.

### Záver

Aktivity vykonávané organizáciami MKM za účelom dosiahnutia mieru a bezpečnosti vo svete prebiehajú v náročných podmienkach. Personál pôsobiaci v nich sa musí pred vyslaním do miesta nasadenia pripravovať na to, aby zvládol plniť úlohy a dosahovať tak ciele operácie v súlade s jej mandátom. Cieľom vykonávaného výcviku a vzdelávania je dosiahnutie operačnej pripravenosti pred vyslaním do operácie.

Príspevok sa zaoberá prípravou príslušníkov ozbrojených síl do operácií MKM. Bližšie sa venuje vybranému druhu operácií - PSO. Charakterizuje etapy prípravy vo všeobecnosti, následne uvádza špecifiká prípravy príslušníkov OS SR do PSO. Obsah a formy výcviku a vzdelávania do PSO sú na úrovni NATO upravené Manuálom na výcvik a vzdelávanie pre PSO, ktorý je vo forme viacerých pomôcok a postupov rozpracovaný aj pre Slovenskú republiku.

Výcvik a vzdelávanie formou modulov a segmentov je pružný a efektívny systém. Pri jeho plánovaní je možné vybrať tie segmenty, ktoré sú potrebné pre konkrétnu operáciu. Na druhej strane, tzv. minimálne požiadavky na schopnosti, znalosti a zručnosti musia byť splnené pre každú jednu operáciu MKM.

V súčasnej dobe platná a používaná koncepcia výcviku a vzdelávania je hodnotená prevažne pozitívne. Identifikovanie prípadných nedostatkov a s tým spojený návrh nápravných opatrení si vyžaduje ďalšie skúmanie, ktoré bude realizované v rámci spracovávanej dizertačnej práce. Najpravdepodobnejšou formou bude vykonanie expertného hodnotenia v spojitosti s dotazníkovým prieskumom.

### Použitá literatúra

- [1] *ATrainP-1 Training and Education for Peace Support Operations*. [on line]. North Atlantic Treaty Organization, NATO Standardization Agency, 2014. [cit. 2016-06-25]. Dostupné na: <http://nso.nato.int/nso/zPublic/ap/ATrainP-1%20EDB%20V1%20E.pdf>.
- [2] *Allied Joint Doctrine for Non - Article 5 Crisis Response Operations AJP - 3.4 (A)*. [on line]. NATO Standardization Agency, 2010. [cit. 2016-06-25]. Dostupné na: [www.kam.lt/download/14142/ajp-3.4\(a\)%20rd1.pdf](http://www.kam.lt/download/14142/ajp-3.4(a)%20rd1.pdf).
- [3] *Výcvik a vzdelávanie pre operácie na podporu mieru SPJ-3-24/Výcv*. 2014. Bratislava: Generálny štáb Ozbrojených síl Slovenskej republiky. 121 s.
- [4] *Štandardné operačné postupy pre výcvik personálu do operácií medzinárodného krízového manažmentu vo Výcvikovej jednotke vojenských misií SPS-3-40/Výcv*. 2012. Trenčín: Veliteľstvo síl výcviku a podpory Ozbrojených síl Slovenskej republiky. 114 s.
- [5] *NATO Glossary of Terms and Definitions (English and French)*. [on line]. North Atlantic Treaty Organization, NATO Standardization Office, 2015. [cit. 2016-06-25]. Dostupné na: <http://www.unap.ro/ro/news/aap6.pdf>.
- [6] *Allied Joint Doctrine for the Military Contribution to Peace Support AJP - 3.4.1*. [on line]. North Atlantic Treaty Organization, NATO Standardization Office, 2014. [cit. 2016-06-25]. Dostupné na: <http://nso.nato.int/nso/zPublic/ap/AJP-3.4.1%20EDA%20V1%20E.pdf>.
- [7] BUČKA, P.; RIŠIANOVÁ, A. 2010.: *Účast' ozbrojených síl Slovenskej republiky v mierových operáciách*. Liptovský Mikuláš: Tlačiareň Akadémie ozbrojených síl generála M. R. Štefánika, 2010. 178 s. ISBN 978-80-8040-412-3.

# Požární bezpečnost osobních kolejových vozidel: Analýza evakuace osob z dvoupodlažní jednotky CityElefant

## Fire Safety of Passenger Trains: Experimental Analysis of Evacuation from CityElefant Double-deck Unit

Ing. Hana Najmanová<sup>1</sup>

Ing. arch. Bc. Petr Hejtmánek<sup>2</sup>

Ing. Marek Bukáček<sup>3</sup>

<sup>1</sup>České vysoké učení technické v Praze, Univerzitní centrum energeticky efektivních budov  
Třinecká 1024, 273 43 Buštěhrad

<sup>2</sup>České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební  
Thákurova 7/2077, 166 29 Praha 6

<sup>3</sup>České vysoké učení technické v Praze, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská  
Trojanova 13, 120 00 Praha 2  
hana.najmanova@cvut.cz, petr.hejtmank@fsv.cvut.cz,  
marek.bukacek@jfifi.cvut.cz

### Abstrakt

Hlavním cílem požární bezpečnosti ve vozidlech veřejné kolejové dopravy je zajištění ochrany přepravovaných osob a jejich evakuace z vozidla nebo z požárem ohroženého prostoru na bezpečné místo. Stěžejním kritériem pro posouzení bezpečné evakuace je znalost chování osob a jejich pohybových charakteristik, které mohou být v tomto prostředí oproti běžným podmínkám v budovách odlišné. Článek představuje výsledky série experimentálních nouzových výstupů z dvoupodlažní jednotky EPJ671 (CityElefant), které byly uskutečněny v roce 2015 v Praze s cílem uvedené charakteristiky ve formě empirických dat získat. V rámci experimentu bylo na základě stanovených evakuačních scénářů uskutečněno za účasti 56 dobrovolníků 22 nouzových výstupů z vloženého vozu. V závislosti na počátečním rozmístění osob, dostupných únikových možnostech (výstup na úroveň volného terénu, přesun do sousedního vozidla) a evakuační strategii popisují prezentovaná data dobu evakuace osob a kapacitu únikových východů reprezentovanou tokem proudu osob. Výsledky ukazují, že tyto parametry závisí především na dostupnosti a šířce únikových východů a lokalitě, do které je únik směřován.

### Klíčová slova

Požární bezpečnost, evakuace, experiment, osobní vlak, tok proudu osob, doba evakuace.

### Abstract

In case of fire in passenger trains, a successful evacuation of people from the risk area to a safety place is required. Knowledge of movement characteristics and aspects of human behaviour are crucial for safety assessment; however, these parameters may differ comparing to evacuation from buildings because of specific evacuation conditions resulting from typical geometry and interior design of passenger trains. The current paper reports results of an experimental emergency egress from a double-deck electric unit class 671 (CityElefant) carried out in Prague in 2015. The main goal of this study was to collect empirical data on movement characteristics and human behaviour under experimental conditions. A series of 22 evacuation trials involving 56 participants was conducted under various evacuation scenarios considering different participants' starting locations, available exits (egress to the track level using side-doors or to the adjacent car), and evacuation strategy. Presented results are focused on evaluating total evacuation times and flow rates through pre-determined

checkpoints. Performed observations have shown particularly the dependency of above mentioned parameters on the width of available exits and a location where the egress took place.

### Keywords

Fire Safety, Evacuation, Experiment, Passenger Train, Flow rate, Total Evacuation Time.

### Úvod

Pro zajištění požadované úrovně bezpečnosti přepravovaných osob je v případě prostředků osobní železniční dopravy kladen zvláštní důraz na požární bezpečnost, jejíž požadavky musí být zohledněny již při návrhu a konstrukci samotných vozidel<sup>1</sup>. V případě mimořádné události je stěžejním požadavkem zajištění bezpečné evakuace osob z vozidla či jeho potenciálně ohrožených částí. Zvýšené požadavky jsou v tomto směru kladeny na zachování udržitelných podmínek pro unikající osoby. Primárním cílem je snížení pravděpodobnosti vzniku požáru na co nejnižší hodnotu a dále minimalizace případného rozhoření či dalšího šíření požáru v interiéru vozidla. Z tohoto důvodu jsou zvláštní nároky kladeny na chování použitých materiálů a produktů z hlediska rozvoje a šíření požáru. Vnitřní vybavení i konstrukce samotného vozidla (např. sedadla či stropní a stěnové panely) musí splňovat přísné požadavky stanovené na základě řady vědeckých výzkumů [1 - 8]. Klíčovou veličinou vstupující do bezpečnostního posouzení je z pohledu požárního inženýrství (Performance-based Design) čas potřebný pro evakuaci osob na bezpečné místo RSET (Required Safe Egress Time). K určení tohoto času se obvykle využívají preskriptivní postupy, výpočty založené na makroskopických hydraulických modelech či mikroskopické počítačové simulace [9, 10]. Fundamentální pohybové rovnice vycházející ze zjednodušených hydraulických modelů lidského toku, které jsou běžně používané pro stanovení doby evakuace z budov, je možné chápat jako funkce základních parametrů jako je rychlost osob, hustota osob, efektivní šířka či sklon únikové cesty ad. [11]. Tyto klasické metody a obecně používané vztahy stanovené ve většině případů na základě pozorování a experimentů v budovách nemusí být ovšem vhodné či aplikovatelné pro určení doby pohybu osob v případě specifických podmínek, které se vyskytují v prostředí transportních prostředků včetně osobních železničních vozidel.

Zásadní rozdíl spočívá v geometrii vnitřního prostoru vozidla, která je sice jednoduchá, nicméně značně stísněná, což implikuje vysokou koncentraci osob v prostředí tvořeném převážně úzkými koridory s omezeným počtem únikových východů s limitovanou průchozí šířkou. Odlišné jsou také podmínky provozu, kdy je v případě vzniku mimořádné události transportní prostředek s vysokou pravděpodobností v pohybu, tedy mimo stanici umožňující klasický výstup na nástupiště. Důležitou roli v tomto ohledu hraje zvolená evakuační procedura, která přímo ovlivňuje případné zdržení do zahájení úniku na volné prostranství. Zastavení vozidla v nejbližší stanici umožňující standardní výstup vede k prodloužení doby, kterou mohou být osoby vystaveny rizikovým podmínkám.

<sup>1</sup> V evropském prostředí v podobě technických specifikací pro intermobilitu (TSI) platných pro transevropský vysokorychlostní i konvenční železniční systém (Směrnice Evropského parlamentu a rady 2008/57/ES o intermobilitě železničního systému ve Společenství) a navazujících technických norem (především řady EN 45545-x).

Reálnou možností je také nutnost přesunu osob vnitřním prostorem z míst přímého ohrožení do prostoru relativně bezpečného (jiného vozidla soupravy). Na druhou stranu neprodlené zastavení vozidla vyvolává nutnost nouzového výstupu do nestandardního prostředí, což může být doprovázeno komplikacemi způsobenými výškovými rozdíly mezi podlahovou úrovní vozidla a volným terémem, povrchem terénu (např. šterk, svah) či dalšími extrémními případy (např. zastavení v tunelu, na mostě).

Vzhledem k výše zmíněným specifikům jsou problematice evakuace osob z osobních kolejových vozidel věnovány samostatné výzkumné aktivity realizované jak formou pozorování, tak experimentů za laboratorních i reálných podmínek. Pohybové charakteristiky osob při pohybu kolejovým vozidlem a zejména ve fázi výstupu byly sledovány v rámci projektů zaměřených na aktuální téma bezpečné evakuace z železničních tunelů či podzemních drah [12 - 15]. Sledovanými parametry byly zejména intenzita proudu osob východy či způsob výstupu z vozidel v případě omezeného či volného výstupního prostoru. V souvislosti s tímto tématem byla uskutečněna také pozorování pohybu cestujících při průchodu východovými dveřmi na nástupiště za běžného provozu, a to na základě analýzy videonahrávek na vlakových stanicích a stanicích metra v různých evropských městech [16]. Experimentální nouzové výstupy z vlakových jednotek byly uskutečněny v rámci projektů americké vládní organizace FRA (Federal Railroad Administration) [17] či španělské organizace RENFE Operadora [18]. Předmětem zájmu bylo získání podrobných dat pro hodnocení doby evakuace při různých evakuačních postupech v závislosti na podmínkách výstupu do různých lokalit (např. volný terén, nástupiště s různými výškovými rozdíly, sousední vozidlo), způsobu nouzového osvětlení, geometrie vozidla ad. Zjišťovanými parametry byly individuální doba reakce osob, celková doba úniku či pohybové charakteristiky osob jako je tok proudu osob východy či rychlost pohybu osob koridory. Za speciální případy lze považovat velkorozměrové experimenty zahrnující vliv snížené viditelnosti v důsledku zakouření vnitřního prostoru nebo řešení nouzového úniku z převráceného vozidla vlakové soupravy [19, 20].

Na základě uskutečněných výzkumů je možné shrnout, že v případě pohybu osob v železničních vozidlech je vzhledem k podmínkám limitovaného vnitřního prostoru a úzkých koridorů důležitou sledovanou proměnnou tok proudu osob kritickými místy, který závisí především na typu a počtu dostupných únikových východů. Zásadním faktorem je lokalita, do které je únik směřován, a způsob výstupu z vozidla. Zatímco tok osob při výstupu na nástupiště či do sousedního vozidla (přibližně 0,7-1,0 os/s) lze považovat např. experimenty jako konzistentní, rozdílné podmínky a strategie při výstupu na volný terén vedou k širšímu rozptylu hodnot (přibližně 0,1-1,0 os/s) [21]. Dalšími faktory významně ovlivňujícími průběh a efektivitu evakuace je geometrie vybavení vnitřního prostoru (počet a podlažnost oddělení pro cestující, vnitřní dispozice, rozmístění sedadel, širší koridorů, širší a sklon schodišť), vlastnosti participující populace (pohybové a orientační schopnosti, fyzická výkonnost, věk, pohlaví, znalost prostředí) a jejich motivace (soutěžní či nesoutěžní podmínky experimentu), prezence simulovaných podmínek požáru (např. umělé zakouření vozidla) a simulovaná evakuační procedura (asistence personálu a jeho trénovanost, vybavení bezpečnostními systémy).

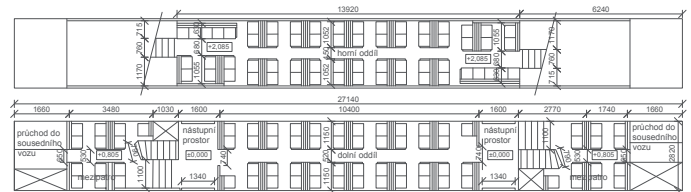
Přestože jsou empirická data klíčovým prostředkem pro stanovení kritérií bezpečného návrhu a rovněž nezbytným vstupem pro validaci matematických modelů, které jsou díky příznivým ekonomickým hlediskům v požárním inženýrství stále hojněji využívány [22 - 28], jsou dostupná a relevantní data popisující pohyb a lidské chování v prostředí osobních železničních vozidel vzácná. Tento článek představuje experimentální studii nouzového výstupu z vozidla příměstské dvoupodlažní elektrické jednotky typu EPJ671, známé častěji pod jménem CityElefant, uskutečněnou v červnu 2015 v Praze. Cílem této studie bylo shromáždit detailní empirická data popisující pohybové charakteristiky a chování

osob, a to na základě pozorování průběhu sady nouzových výstupů zahrnujících různé počáteční rozmístění osob, dostupné únikové možnosti (výstup na úroveň volného terénu s výškovým převýšením 750 mm, únik do sousedního vozidla) a evakuační strategie. Prezentovaná data v tomto příspěvku popisují parametry celkové doby evakuace a kapacitu únikových východů jako funkci toku proudu osob, jakožto stěžejního parametru pro výpočetní stanovení časového intervalu RSET. Prezentované výsledky jsou dále hodnoceny v porovnání s empirickými daty z dříve uskutečněných studií a legislativními požadavky, které jsou v tomto ohledu na diskutované parametry kladeny.

## Experiment: nouzový výstup z vloženého vozu elektrické jednotky CityElefant

### Popis experimentu

Data byla získána v rámci velkorozměrového experimentu uskutečněného v červnu 2015 v areálu Depa kolejových vozidel Praha v Praze Michli ve spolupráci Univerzity centra energeticky efektivních budov ČVUT v Praze a Výzkumného ústavu kolejových vozidel a.s. Experimentu se zúčastnilo celkem 56 osob bez známých zdravotních komplikací ve věku od 21 do 51 let (kvartily  $x_{0,25} = 23$  let,  $x_{0,5} = 25$  let,  $x_{0,75} = 30$  let), z toho 18 žen a 38 mužů. Účastníci experimentu byli rekrutováni z řad studentů a zaměstnanců ČVUT v Praze i širší veřejnosti pomocí sociálních sítí a informačních materiálů. Všichni účastníci byli předem informováni o celém průběhu experimentu a vyjádřili souhlas pořízením obrazových záznamů jejich osoby. Účastníci experimentu byli oblečeni v běžném oblečení odpovídajícím červnovému počasí, někteří měli při sobě příruční zavazadla (kabelky, batohy).



Obr. 1 Geometrie vloženého vozu

Experiment byl realizován jako nouzový výstup z vloženého vozu dvoupodlažní elektrické jednotky CityElefant (geometrie vozidla je znázorněna na obr. 1). Ve voze se nachází celkem 134 míst k sezení a 134 míst k stání umístěných v horním a dolním oddílu pro cestující. Horní oddíl pro cestující se částečně nachází i na mezipatrech umístěných na koncích vozu, ze kterých je možný průchod do sousedních vozidel. Výškový rozdíl mezi podlahou dolního oddílu a mezipatra je 805 mm, mezi podlahou mezipatra a horního oddílu 1280 mm. Podlaží jsou propojena jednoramennými schodišti o šířce 1000 mm (čistá průchozí šířka bez zábradlí 840 mm) z přízemního podlaží do mezipatra a dále jednoramennými schodišti o šířce 760 mm z části mezipater do hlavní části horního oddílu. Spodní oddíl je od nástupních prostorů oddělen posuvnými dveřmi šířky 740 mm, přičemž čistá průchozí šířka činí 650 mm (bez mechanismu otevírání dveří). Průchod do sousedních vozidel je umožněn na obou stranách vozu posuvnými dveřmi šířky 650 mm, resp. průchozí šířky 600 mm. Výstup na terén je umožněn dvojicí dvoukřídlých dveří umístěných symetricky na každé straně vozu v nástupních prostorech, jejichž dveřní křídla se otevírají vodorovným posunem do strany, šířka volného prostoru výstupních dveří je 1300 mm. Výškový rozdíl mezi úrovní podlahy vozu a temenem hlavy kolejnice je 550 mm. Veškeré dveře umístěné ve voze včetně dveří výstupních jsou otevírány automaticky po stisknutí tlačítka.

## Evakuační scénáře

S cílem zohlednit různé faktory ovlivňující proces evakuace byly zvoleny různé evakuační scénáře, kde základními proměnnými byly startovní pozice účastníků, dostupnost únikových cest a evakuační procedura.

Dle předdefinovaných počátečních pozic účastníků byly rozlišovány 3 scénáře, přičemž tyto pozice byly v každém scénáři neměnné.

- **Scénář A** představoval rovnoměrné obsazení celého vozu, tzn. dolního a horního oddílu včetně mezipater, viz obr. 2 (obsazenost míst k sezení činila v průměru 50 % kapacity prostor).
- **Scénář B** zahrnoval obsazení pouze dolního oddílu a mezipater (obsazenost míst k sezení tvořila 91 % kapacity prostor).
- **Scénář C** zahrnoval obsazení pouze horního oddílu bez mezipater (místa k sezení byla obsazena z 90 % celkové kapacity prostoru).



Obr. 2 Schéma evakuačního scénáře A-1-X (rovnoměrné rozmístění osob v horním a dolním oddílu pro cestující, evakuace umožněna dvojicí bočních dveří)

Evakuace z vozu byla umožněna výstupními dveřmi na volný terén bez prostorových omezení nebo průchodem do sousedního vozidla. Vzhledem k výškovému rozdílu mezi podlahou vozidla a terénem, který činil přibližně 750 mm, nebyly použity žádné nouzové prostředky pro vystoupení<sup>2</sup>. Dostupnost jednotlivých únikových možností byla zohledněna následovně:

- **Scénář 1** představoval situaci bez omezení, kdy byly k dispozici dvě únikové cesty výstupními dvoukřídlými dveřmi přímo na terén (obr. 2).
- **Scénář 2** simuloval podmínky, kdy byl prostor jednoho z nástupních prostorů blokován (včetně schodiště a východových dveří), a únik z vozidla byl tedy možný pouze jedněmi výstupními dvoukřídlými dveřmi na terén.
- **Scénář 3** modeloval situaci, kdy není možné opustit vůz přímo na terén nebo je nutné zajistit přesun cestujících uvnitř vlakové soupravy směrem od místa přímého nebezpečí do té doby, než jednotka zastaví. Tento scénář zahrnoval pouze jednu únikovou cestu do sousedícího vozidla.

Jako poslední faktor, který ovlivňuje průběh evakuace osob, byl v rámci experimentu zohledňován vliv odlišných evakuačních procedur.

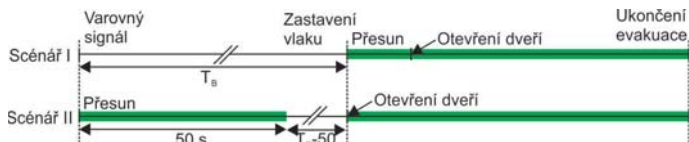
- **Scénář I** simuloval podmínky, kdy je únikový východ možné otevřít ihned po jeho dosažení první unikající osobou, což představuje situaci, kdy jsou osoby po obdržení varovného signálu vyzvány (např. na základě pokynů proškoleného personálu) k posečkání na svých pozicích do úplného zastavení vlaku a teprve poté zahájí přesun k únikovým východům. Vzhledem k tomu, že tento časový interval může být bez větších komplikací (např. v závislosti na konkrétních podmínkách jako je předpokládaná vzdálenost nejbližšího místa k zastavení) manuálně připočten, nebyl v rámci experimentu simulován.

<sup>2</sup> Nouzový prostředek pro vystoupení na terén musí být k dispozici, pokud je jmenovitá výška mezi temenem kolejnice a nejnižším bodem přístupným cestujícím z vnitřku vozidla na cestě dveřmi vyšší než 1,2 m. [29]

- **Scénář II** ilustroval situaci, kdy cestující opouští svá sedadla ihned po obdržení varovné informace (nepředpokládají se žádné jiné přímé pokyny), přesouvají se k východu z vozu a v nástupních či přílehlých prostorech čekají, než vlak zastaví a bude umožněn výstup na terén. Časové zpoždění do možnosti otevření výstupních dveří bylo v rámci experimentu simulováno intervalem 50 s. Tento interval neodpovídá přímo době do zastavení vlaku, nýbrž času, po kterém se předpokládá dokončení přesunu k východovým dveřím. Průběh evakuačních scénářů s odlišnou evakuační strategií je znázorněn na obr. 4.



Obr. 3 Nahoře: Výstup bočními dveřmi na volné prostranství (bod 08); dole: Mezipatro a místo průchodu do sousedního vozidla



Obr. 4 Schématické znázornění časového průběhu evakuačních scénářů s rozdílnou evakuační strategií; zelená linka znázorňuje intervaly simulované v rámci experimentu;  $T_B$  - doba do zastavení vlaku

Na základě kombinací výše uvedených podmínek bylo vytvořeno celkem 11 evakuačních scénářů, přičemž z důvodu získání stabilnější datové základny byla každá varianta uskutečněna ve dvou opakováních. Alarm na začátku každého výstupu byl vyhlášen smluveným verbálním signálem „Hoří“, který byl slyšitelný v celém prostoru vozu a představoval instrukce k bezodkladnému opuštění vozidla. Účastníci byli předem informováni o průběhu celého experimentu a byli obeznámeni

s umístěním potenciálního zdroje požáru a dostupnými únikovými východy. Všechny evakuační scénáře tedy předpokládaly okamžitou reakci osob odpovídající situaci, kdy cestující získají přímé pokyny od zodpovědného personálu. Aktivitu představující rozhodovací fázi před zahájením evakuace nebyly simulovány (např. zjišťování příčiny požáru, snaha o uhašení požáru). Série experimentálních výstupů byla uskutečněna za denního osvětlení bez aktivace nouzových systémů, mechanismus otevírání dveří odpovídal standardní situaci. Všechny nouzové výstupy se konaly za nesoutěžních podmínek, kdy nejrychlejší účastníkům nebyla přislíbena žádná odměna.

### Sběr a analýza dat

Průběh celého experimentu byl zaznamenáván pomocí videokamer umístěných na 10 pozicích tak, aby bylo možné sledovat pohyb osob po celou dobu průchodu vozidlem včetně jejich výstupu na volný terén. Pořízené videozáznamy byly následně podrobeny zpětné analýze pomocí nástroje GAMSplayer vytvořeného pro tyto účely.

### Výsledky

Následující kapitola shrnuje vyhodnocení kapacity únikových východů pomocí parametrů individuální a celkové doby evakuace osob a toku proudu osob kontrolními body. Pro názornost je vyhodnocení provedeno na kompletní sadě evakuačních scénářů typu A (účastníci zkoušky rovnoměrně rozmístěni v horním i dolním oddílu pro cestující) a pro možnost porovnání vlivu rozmístění osob také na vybraných scénářích B a C (osoby se nacházejí pouze v dolním, resp. horním oddílu).

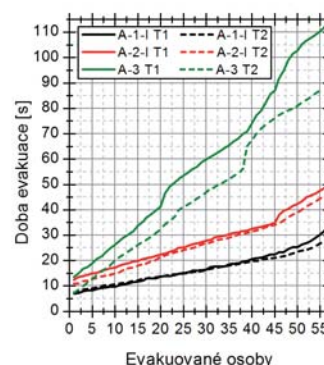
### Doba evakuace osob

Doba evakuace je definována jako časový interval mezi vyhlášením počátečního signálu a opuštěním vozidla. V případě úniku bočními dveřmi na volné prostranství je za ukončení evakuace uvažován moment, kdy osoba prochází rovinou příslušného východu (bod 04 a 08), tzn., že doba pro překonání výškového převýšení mezi podlahovou úrovní vozidla a terénu není v tomto čase zahrnuta. Při průchodu do sousedního vozu je za ukončení evakuace předpokládán okamžik, kdy osoba opouští sledovaný prostor dveřmi spojujícími obě vozidla (bod 09). Celková doba evakuace odpovídá času, kdy vozidlo opouští poslední osoba. Z důvodu lepšího popisu evakuačního procesu je jeho průběh znázorněn pomocí křivek závislosti počtu evakuovaných osob na čase (také arrival curves [30]), obr. 5 - 7.

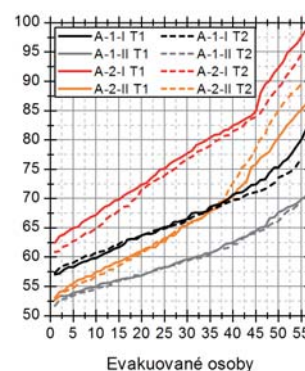
Z naměřených hodnot (obr. 5) je patrné, že nejrychlejších časů bylo dosahováno při dostupnosti obou bočních východů na volné prostranství (evakuační scénář A-1-I), kdy průměrná celková doba evakuace z obou opakování činila 29,7 s. V případě omezení dostupných únikových možností na jeden únikový východ bočními dveřmi (A-2-I) došlo k navýšení celkové doby evakuace v průměru na 47,0 s, tedy přibližně o 58 % ve srovnání s evakuačním scénářem A-1-I. Výrazný nárůst doby potřebné pro opuštění vozidla byl zaznamenán v situaci, kdy osoby unikaly jednou únikovou možností do sousedního vozu (evakuační scénář A-3). Celková doba evakuace v tomto případě činila v průměru 100,0 s, což představuje nárůst o 237 % ve srovnání s únikem dvojicí bočních východů a o 113 % než při úniku jedním východem na volný terén.

Při interpretaci výsledků evakuačních scénářů s odlišnou evakuační strategií (označeno římskou číslicí I nebo II) je nutné zohlednit jejich rozdílný časový průběh (viz popis v kapitole 2.2 a na obr. 4). Pro možnost přímého porovnání (obr. 6) je uvažováno teoretické časové zpoždění do zastavení vlaku  $T_B = 50$  s. Jak vyplývá z výsledků, doby evakuace jsou v případě scénářů II dle očekávání kratší, především díky absenci času přesunu, který byl na rozdíl od scénářů I realizován již ve fázi zastavování vozidla (přibližně 6 - 10 s). Vzhledem k tomu, že osoby měly možnost se na výstup delší dobu připravit a zaujmout pozice blíže východu,

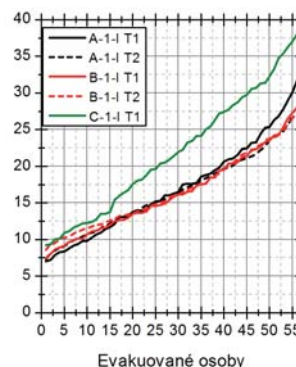
je možné zaznamenat i kratší doby vlastního výstupu (zejména u scénářů A-1-X, kde rozdíl tvoří až 7 s). Také v případě scénářů II je možné sledovat vliv počtu dostupných únikových možností, kdy při dostupnosti dvou bočních východů činil evakuační čas v průměru 70 s od vyhlášení počátku evakuace, v případě jednoho dostupného východu potom 88 s (o 26 % delší čas).



Obr. 5 Křivky závislosti evakuovaných osob na čase, evakuační scénář A-X (-1) (arabská číslice na druhé pozici označuje dostupné únikové možnosti)



Obr. 6 Porovnání křivek závislosti evakuovaných osob na čase evakuačních scénářů s odlišnými evakuačními strategiemi (I a II), teoretická doba do zastavení vlaku  $T_B = 50$  s



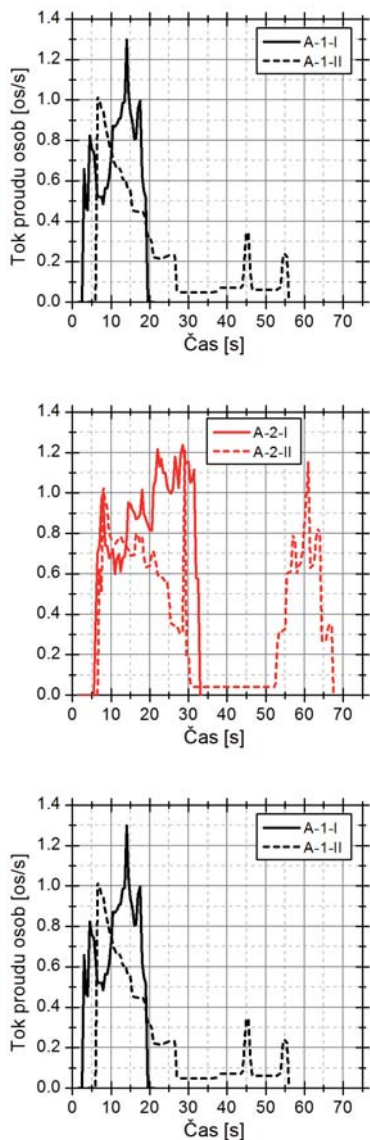
Obr. 7 Křivky závislosti evakuovaných osob na čase, srovnání evakuačních scénářů A, B, C (rozlišení různého rozmístění osob ve vozidle)

Porovnáme-li průběh evakuace z evakuačních scénářů zahrnujících různé počáteční rozestavení osob (obr. 7), nejkratší doba evakuace odpovídá evakuačnímu scénáři s rozmístěním osob pouze v dolním oddílu pro cestující (B-1-I) - přibližně 28 s, zatímco

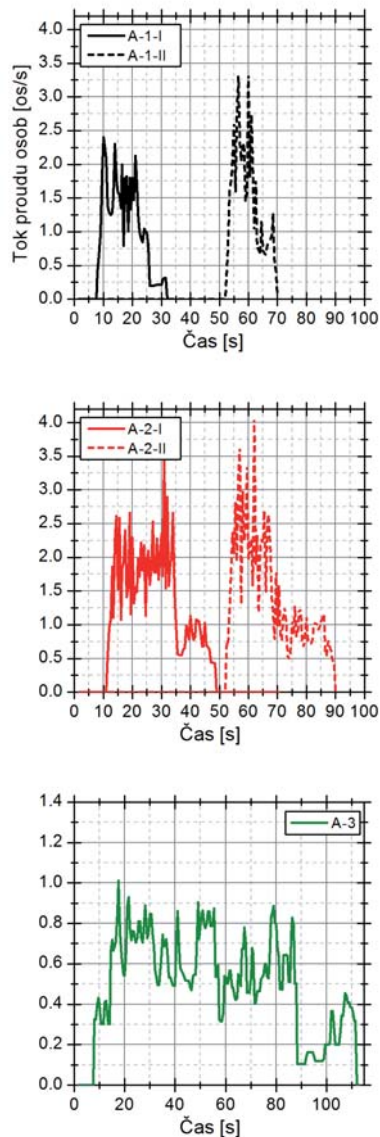
v případě umístění osob pouze v horním oddíle pro cestující (C-1-I) je doba evakuace nejdelší 38 s. Tento rozdíl je způsoben jak větší vzdáleností k východu, tak nižším tokem po úzkém schodišti. Z jednotlivých evakuačních křivek je dále patrné, že opakovaný pokus vedl v převážné většině k nižším časům evakuace, což je nutné interpretovat jako vliv tréninku a lepší znalosti prostředí ze strany účastníků zkoušky. Nejvíce je tento efekt patrný při srovnání prvního a druhého opakování evakuačního scénáře A-3 (při druhém opakování zkrácení času přibližně o 21 %).

### Tok proudu osob

Při hodnocení toku proudu osob při pohybu v železničním vozidle je podstatné rozlišovat, v jaké části vozidla je tok proudu osob sledován. Na základě experimentálních měření byly toky proudu osob vyhodnocovány: při průchodu vnitřními dveřmi na hranici dolního oddílu pro cestující a nástupního prostoru (bod 01), při výstupu z vozidla bočními dvoukřídlými dveřmi (bod 04) a při průchodu do sousedního vozidla (bod 09). Pro možnost sledování vývoje toků v každém kontrolním bodě byly jako průměr ze dvou opakování stanoveny aktuální hodnoty toku proudu osob, které jsou pro evakuační scénáře A zobrazeny na obr. 8, 9.



Obr. 8 Aktuální tok proudu osob v průchozím bodě 01 (vnitřní dveře čisté šířky 650 mm)



Obr. 9 Aktuální tok proudu osob při opuštění vozidla: průchozí bod 04 (boční dvoukřídlé dveře čisté šířky 1300 mm) scénáře A-1-X a A-2-X, průchod do sousedního vozidla (vnitřní dveře šířky 600 mm) scénář A-3

Průměrný tok byl stanoven jako poměr mezi počtem osob a dobou jejich průchodu předdefinovaným kontrolním bodem (specifický tok osob [os/s]). Vzhledem k tomu, že průchod dveřmi byl ve většině případů kontinuální (jak mimo jiné potvrzují křivky v předchozí podkapitole), byl tok posuzován pro celou skupinu jako celek (čas odpovídal rozdílu, kdy první a poslední osoba prošla kontrolním bodem). Hodnoty průměrného toku proudu osob shrnuje tab. 1.

Tab. 1 Průměrné hodnoty toku proudu osob naměřené v předdefinovaných průchozích bodech [os/s]

Evakuační scénář/ Průchozí bod	A-1-I	A-1-II	A-2-I	A-2-II	A-3
01 (650 mm)	0,9	0,48	0,97	0,44	0,67
04 (1300 mm)	1,42	1,63	1,59	1,59	-
09 (600 mm)	-	-	-	-	0,63



Průměrné hodnoty toku proudu osob průchozím bodem 01 dosahovaly při scénářích A-1-I a A-2-I hodnot 0,9-0,97 os/s, v případě scénáře A-3 je tato hodnota nižší (0,67 os/s). Rozdíl je způsoben odlišnými podmínkami při přesunu do sousedního vozu, kdy při scénáři A-3 je tok proudu osob přizpůsoben nízkému toku průchodovými dveřmi do sousedního vozidla s limitovanou šířkou 600 mm (0,63 os/s). Vzhledem k šířce průchozího bodu 01 procházely osoby v tomto místě v jednom proudu, který byl kontinuální. Výjimku tvořily scénáře II, kdy docházelo ke kongesci v nástupním prostoru, čemuž odpovídají také nízké průměrné hodnoty toků proudu osob, které fázi čekání na možnost dalšího pohybu zahrnují (přibližně 0,45 os/s).

Při pohledu na naměřené toky bočními východovými dveřmi (bod 04) je zřejmé, že se jedná o výrazně vyšší hodnoty v rozsahu 1,42-1,63 os/s. Během výstupu bylo pozorováno, že se osoby ve většině případů pohybovaly ve dvou částečně synchronizovaných proudech, resp. v párech, kde v každém páru byla jedna osoba částečně před druhou, a nedocházelo k efektu zipu, který by se dal předpokládat [12, 19, 31]. Na rozdíl od závěru [12, 19], že z vozidla vystupovala za jednotku času pouze jedna osoba, v případě prezentovaného experimentu běžně docházelo k situacím, kdy šířka dveří umožňovala výstup dvou osob zároveň (zejména v případě slučování proudů z horního a dolního oddílu a zvýšené hustotě osob v nástupním prostoru).

## Diskuze

Zjištěné výsledky je možné konfrontovat s dostupnými legislativními požadavky. Technická specifikace pro intermobilitu subsystému kolejových vozidel (TSI LOC&Pas 1302/2014 [32]) stavuje požadavek, že počet dveří a jejich rozměry ve vozidle osobní železniční dopravy musí umožňovat úplnou evakuaci cestujících bez zavazadel během 180 sekund a ověření tohoto požadavku musí být provedeno fyzickou zkouškou za normálních provozních podmínek. Standardy ATOC (Association of Train Operating Companies) stanovují přísnější požadavky na maximální dobu evakuace 90 sekund při plné kapacitě vozidla (tzn. obsazení veškerých míst k sezení i k stání) v případě evakuace na nástupiště (bez výškového převýšení) či do sousedního vozidla soupravy. Z výsledků je zřejmé, že navzdory nižšímu obsazení a homogenní mladé populaci bez zdravotních překážek nebyl požadavek na maximální dobu evakuace do navazujícího vozidla v případě prvního opakování scénáře A-3 splněn.

Standardy ATOC dále uvádějí požadavky na minimální hodnotu toku proudu osob v případě přesunu do sousedního vozu 0,67 os/s [33]. Naměřená hodnota 0,63 os/s toto kritérium splňuje (v rámci statistické chyby nicméně velmi těsně) a zároveň odpovídá hodnotám uvedeným v literatuře pro obdobný případ toku proudu osob uličkou, který byl stanoven jako 0,6 os/s [18] a 0,88 os/s [17]. V případě výstupu východovými dveřmi na volný terén byly zjištěny hodnoty toku proudu osob v rozsahu 1,42-1,63 os/s. V literatuře je možné se setkat s nižšími hodnotami toku osob, důležité je ovšem vždy zohlednit podmínky pro výstup z železničního vozidla. Průměrnou hodnotu toku proudu osob východem na volné prostranství 0,57 os/s uvádí [18], jednalo se ovšem o výstupní dveře s efektivní šířkou 510 mm a evakuace probíhala pomocí schůdků s výškou stupně 250 mm. Vliv geometrie východových dveří je dále zřetelný při srovnání hodnot publikovaných v [17]. Studie uvádí průměrný tok dvoukřídlými dveřmi (šířka není uvedena) na standardní nástupiště (bez výškového rozdílu) 0,88 os/s. Průměrný tok jednokřídlými dveřmi (šířka není uvedena), jejichž součástí jsou 4 stupně o výšce 229 mm, o výškovém převýšení mezi posledním schodem a nástupištěm 380 mm byl určen jako 0,69 os/s. Při výstupu ze stejného vozidla na volný terén, resp. na připravenou stoličku pro snížení výškového rozdílu od posledního schodu na 410 mm, byl stanoven tok osob dokonce 0,34 os/s. Ve voze jednotky CityElefant se u východových dveří nenachází schodišťové stupně, výškový rozdíl mezi nástupní plochou

a terénem 750 mm účastníci experimentu překonávali bez zjevných obtíží dvěma způsoby: přímým seskokem na terén nebo jedním dlouhým krokem. Obdobná strategie sestupu byla pozorována i v rámci experimentu výstupu z příměstského vlaku [19], kdy byly srovnatelné podmínky: výstup dvoukřídlými dveřmi šíře 1300 mm na volný terén o výškovém převýšení 650 mm, přičemž se jednalo o mladou populaci s průměrným věkem 25 let. Nadprůměrné průtoky osob jsou v této studii přisuzovány právě mladé věkové kategorii účastníků a jejich dobrému zdravotnímu stavu s předpokladem, že překonání výškového rozdílu může být více problematické pro starší osoby nebo osoby s omezenou schopností pohybu. Obdobné výsledky byly nicméně pozorovány v navazující studii zaměřené na výstup z vozu metra s výškovým převýšením 1000 mm a populací v průměrném věku 40 let [12]. Konkrétní hodnoty toků proudu osob nejsou ve zmíněných studiích bohužel uváděny.

## Závěr

Výsledky experimentální studie ukazují, že doba evakuace z vozidla závisí především na dostupnosti únikových východů a lokalitě, do které je únik směřován. Bylo pozorováno, že většina účastníků zvolila strategii sestupu přímým seskokem na terén nebo jedním dlouhým krokem ze snížené pozice, což bylo umožněno jednak nelimitovaným prostorem před vozidlem (není možné např. v železničním tunelu nebo v podzemní dráze) a dále fyzickou zdatností osob, která odpovídala věkovému složení populace (průměr 25 let). Tyto okolnosti, společně s šířkou východu umožňující průchod dvou proudů osob, vedly k vyšším tokům proudu osob, v průměru 1,4-1,6 os/s. Výrazně nižší toky byly naměřeny při přesunu do sousedního vozidla (v průměru 0,63 os/s), kdy je limitujícím faktorem především šířka uliček a vnitřních dveří. V tomto případě se jedná zároveň o časově nejnáročnější variantu evakuace (např. v porovnání s výstupem jednou únikovou možností na volný terén 2x delší doba evakuace). V patrnost musí být brán ovšem fakt, že během experimentu nebylo vozidlo v pohybu, což by v reálné situaci mohlo schopnost pohybu osob více zpomalit. Tato okolnost ovlivňuje také výsledek pozorování, že v porovnání rozdílných evakuačních procedur probíhá rychlejší evakuace, pokud osoby zahájí přesun k výstupním dveřím již během jízdy, neboť během jízdy by mohl být pohyb osob náročnější a případně i rizikovější. Při interpretaci dat musí být dále zohledněno, že přestože je velkorozměrová zkouška přímým (a často jediným) způsobem, jak získat potřebná empirická data, svou podstatou s sebou přináší řadu zjednodušení a nemůže zahrnovat všechny faktory, které se mohou vyskytnout při reálné situaci. Mezi základní zjednodušení patří především homogenní věková skupina účastníků experimentu (zejména studenti ve věku 20 až 30 let), jejich fyzická zdatnost a schopnost pohybu (bez fyzických omezení). Roli také hraje okolnost, že účastníci experimentu si byli vědomi toho, že se jedná pouze o cvičný výstup bez reálného ohrožení, jejich znalost terénu, do kterého byl únik směřován, možnost získání tréninku během opakovaných výstupů (zejména díky stejným startovním pozicím v jednotlivých scénářích). Je nutné předpokládat, že za přítomnosti pohyb ztěžujících podmínek (zranění osob, blokování únikové možnosti, doprovodné efekty požáru) by průběh výstupu značně zpomalil. Obdobně je nutné počítat se zdržením zahájení evakuace, které v reálné situaci může zahrnovat interpretační fázi, shromažďování rodinných příslušníků, majetku apod. Navzdory uvedeným zjednodušením představuje při zodpovědné interpretaci soubor empirických dat klíčová vstupní data pro validační studie a využití matematických modelů i dalších nástrojů požární inženýrských metod.

## Poděkování

*Tento článek byl vytvořen za podpory projektu Studentské grantové soutěže ČVUT v Praze č. GS16/130/OHK1/2T/11, SGS15/214/OHK4/3T/14, Univerzitního centra energetických*

budov a grantu GA15-15049S. Autoři by tímto rádi vyjádřili poděkování VÚKV a.s. a všem účastníkům zkoušky za spolupráci a zajištění podmínek pro realizaci experimentu.

#### Použitá literatura

- [1] BRAUN, E.: 'A Fire Hazard Evaluation of the Interior of WMATA Metrorail Cars', Center for Fire Research, Institute for Applied Technology, National Bureau of Standards, Washington, NBSIR 75-971, 1975.
- [2] BRAUN, E.: 'Fire Hazard Evaluation of BART Vehicles', Center for Fire Research, Institute for Applied Technology, National Bureau of Standards, Washington, NBSIR 78-1421, 1978.
- [3] PEACOCK, R.D.; BRAUN, E.: 'Fire Tests of Amtrak Passenger Rail Vehicle Interiors', Center for Fire Research, Institute for Applied Technology, National Bureau of Standards, Washington, NBS TN 1193, 1984.
- [4] PEACOCK, R.D.; BRAUN, E.: 'Fire Safety of Passenger Trains Phase I: Material Evaluation (Cone Calorimeter)', National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, NISTIR 6132, 1999.
- [5] PEACOCK, R.D.; RENEKE, P.A.; AVERILL, J.D.; BUKOWSKI, R.W.; KLOTE, J.H.: 'Fire Safety of Passenger Trains Phase II: Application of Fire Hazard Analysis Techniques', National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, NISTIR 6525, 2002.
- [6] PEACOCK, R.D.; AVERILL, J.D.; BUKOWSKI, R.W.; STROUP, D.W.; MADZYKOWSKI, D.; RENEKE, P.A.: 'Fire Safety of Passenger Trains Phase III: Evaluation of Fire Hazard Analysis Using Full-Scale Passenger Rail Car Tests', National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, NISTIR 6563, 2004.
- [7] GÖRANSSON, U.; LUNDKVIST, A. and Statens provningsanstalt (Sweden): 'Fires in buses and trains, fire test methods'. Borås: Statens provningsanstalt, 1990.
- [8] BRIGGS, P.; MÉTRAL, S.; GIL, P.; LE TALLEC, Y.; LE SANT, V.; TROIANO, D.; MARRUCCI, S.; MESSA, S.; BAIOCCHI, C.; BRUELET, H.: 'FIRESTARR Final report', FIRESTARR Consortium, Contract SMT4-CT 97-2164, 2001.
- [9] ROGSCH, C.; KLINGSCH, W.; SEYFRIED, A.; WEIGEL, H.: 'Prediction Accuracy of Evacuation Times for High-Rise Buildings and Simple Geometries by Using Different Software-Tools', in Traffic and Granular Flow '07, C. Apert-Rolland, F. Chevoir, P. Gondret, S. Lassarre, J.-P. Lebacque, and M. Schreckenberg, Eds. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009, pp. 395-400.
- [10] ROGSCH, C.; WEIGEL, H.; KLINGSCH, W.: 'Hand-Calculation Methods for Evacuation Calculation-Last Chance for an Old-Fashioned Approach or a Real Alternative to Microscopic Simulation Tools?', in Pedestrian and Evacuation Dynamics 2008, W. W. F. Klingsch, C. Rogsch, A. Schadschneider, and M. Schreckenberg, Eds. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010, pp. 523-528.
- [11] GWYNNE, S.M.; ROSENBAUM, E.R.: 'Employing the Hydraulic Model in Assessing Emergency Movement', in SFPE handbook of fire protection engineering, New York, NY: Springer Science+Business Media, 2015, pp. 2115-2151.
- [12] OSWALD, M.; KIRCHBERGER, H.; LEBEDA, C.: 'Evacuation of a High Floor Metro Train in a Tunnel Situation: Experimental Findings', in Pedestrian and Evacuation Dynamics 2008, W. W. F. Klingsch, C. Rogsch, A. Schadschneider, and M. Schreckenberg, Eds. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010, pp. 67-81.
- [13] FRIDOLF, K.; NILSSON, D.; FRANTZICH, H.: 'Fire Evacuation in Underground Transportation Systems: A Review of Accidents and Empirical Research', *Fire Technology*, vol. 49, no. 2, pp. 451-475, Apr. 2013.
- [14] FRIDOLF, K.; NILSSON, D.; FRANTZICH, H.: 'The flow rate of people during train evacuation in rail tunnels: Effects of different train exit configurations', *Safety Science*, vol. 62, pp. 515-529, Feb. 2014.
- [15] FRIDOLF, K.; NILSSON, D.; FRANTZICH, H.: 'Evacuation of a Metro Train in an Underground Rail Transportation System: Flow Rate Capacity of Train Exits, Tunnel Walking Speeds and Exit Choice', *Fire Technology*, vol. 52, no. 5, pp. 1481-1518, Sep. 2016.
- [16] Norén, A.; Winér, J.: 'Modelling Crowd Evacuation from Road and Train Tunnels - Data and design for faster evacuations', Department of Fire Safety Engineering Lund University, Sweden, Lund, Report 5127, 2003.
- [17] Markos, S.; Pollard H.; Pollard, J.K.: 'Passenger Train Emergency Systems: Single-Level Commuter Rail Car Egress Experiments', Research and Innovative Technology Administration John A. Volpe National Transportation Systems Center, Cambridge, MA, DOT/FRA/ORD-15/04, 2015.
- [18] CAPOTE, J.A.; ALVEAR, D.; ABREU, O.; CUESTA, A.: 'Analysis of evacuation procedures in high speed trains fires', *Fire Safety Journal*, vol. 49, pp. 35-46, Apr. 2012.
- [19] OSWALD, M.; LEBEDA, C.; SCHNEIDER, U.; KIRCHBERGER, H.: 'Full-Scale Evacuation Experiments in a smoke filled Rail Carriage - a detailed study of passenger behaviour under reduced visibility', in Pedestrian and Evacuation Dynamics 2005, N. Waldau, P. Gattermann, H. Knoflachner, and M. Schreckenberg, Eds. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2007, pp. 41-55.
- [20] GALEA, E.R.; GWYNNE, S.: *University of Greenwich, and Centre for Numerical Modelling and Process Analysis, Evacuating an overturned smoke filled rail carriage*. London: CMS Press, 2000.
- [21] MARKOS, S.; POLLARD, H.; POLLARD, J.K.: 'Passenger Train Emergency Systems: Review of Egress Variables and Egress Simulation Models', Research and Innovative Technology Administration John A. Volpe National Transportation Systems Center, Cambridge, MA, DOT/FRA/ORD-13/22, 2013.
- [22] GALEA, E.R.T.; BLACKSHIELDS, D.; FINNEY, K.M.; COONEY, D.P.: 'Passenger Train Emergency Systems: Development of Prototype railEXODUS Software for U.S. Passenger Rail Car Egress', Fire Safety Engineering Group, University of Greenwich, Washington, DOT/FRA/ORD-14/35, 2014.
- [23] CAPOTE, J.A.; ALVEAR, D.; ABREU, O.; LÁZARO, M.; CUESTA, A.: 'An Evacuation Model for High Speed Trains', in Pedestrian and Evacuation Dynamics, R. D. Peacock, E. D. Kuligowski, and J. D. Averill, Eds. Boston, MA: Springer US, 2011, pp. 421-431.
- [24] CAPOTE, J.A.; ALVEAR, D.; ABREU, O.; CUESTA, A.; ALONSO, V.: 'A Stochastic Approach for Simulating Human Behaviour During Evacuation Process in Passenger Trains', *Fire Technology*, vol. 48, no. 4, pp. 911-925, Oct. 2012.
- [25] ALONSO, V.; ABREU, O.V.; CUESTA, A.; SILIÓ, D.: 'A New Approach for Modelling Passenger Trains Evacuation Procedures', *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 160, pp. 284-293, Dec. 2014.

- [26] Klügl, F.; Klubertanz, G.; Rindsfuser, G.: 'Agent-Based Pedestrian Simulation of Train Evacuation Integrating Environmental Data', in *KI 2009: Advances in Artificial Intelligence*, vol. 5803, B. Mertsching, M. Hund, and Z. Aziz, Eds. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009, pp. 631-638.
- [27] ZARABOUTIS, N.; MARMARAS, N.: 'Design of formative evacuation plans using agent-based simulation', *Safety Science*, vol. 45, no. 9, pp. 920-940, Nov. 2007.
- [28] KINDLER, C.; SØRENSEN, J.G.; DEDERICHS, A.S.: 'Evacuation of mixed populations from trains on bridges', in *Bridge Maintenance, Safety, Management, Resilience and Sustainability: Proceedings of the Sixth International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management*, Stresa, Lake Maggiore, Italy, 2012, pp. 1573-1579.
- [29] ČSN EN 44545 - 4 - Drážní aplikace - Protipožární ochrana drážních vozidel - Část 4: Požadavky na konstrukci drážních vozidel z hlediska požární bezpečnosti. ÚNMZ, 2013.
- [30] CUESTA, A.; RONCHI, E.; GWYNNE, S.M.: 'Collection and Use of Data from School Egress Trials', in *6<sup>th</sup> Human Behaviour in Fire Symposium 2015*, Cambridge, UK, pp. 233-244.
- [31] BUKÁČEK, M.; HRABÁK, P.; KRBÁLEK, M.: 'Experimental Study of Phase Transition in Pedestrian Flow', *Transportation Research Procedia*, vol. 2, pp. 105-113, 2014.
- [32] NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1302/2014 ze dne 18. listopadu 2014 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému kolejová vozidla - lokomotivy a kolejová vozidla pro přepravu osob železničního systému v Evropské unii. 2014.
- [33] *ATOC Vehicles Standard AV/ST9002, Vehicle Interiors Design for Evacuation and Fire Safety*. on behalf of Association of Train Operating Companies (ATOC) by RailwaySafety, 2002.

# Přístupy k hodnocení kritických prvků území v závislosti na základních lidských potřebách

## Approaches to Critical Elements Evaluation in the Territory on the Basis of Human Basic Needs

Ing. Veronika Nešporová

Ing. Michaela Dopaterová

Ing. Simona Slivková

Ing. Petr Novotný

doc. Ing. David Řehák, Ph.D.

VŠB - TU Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství

Lumírova 13, 700 30 Ostrava-Výškovice

veronika.nesporova@vsb.cz, michaela.dopaterova.st@vsb.cz,

simona.slivkova@vsb.cz, novotny.petr@vsb.cz, david.rehak@vsb.cz

### Abstrakt

Článek se zabývá problematikou určování kritických prvků infrastruktur přístupem bottom-up. První část příspěvku rozděluje základní potřeby společnosti podle fyziologických aspektů vztažených k velikosti a charakteru sídelních aglomerací. K vybraným potřebám společnosti jsou přiřazeny nezbytné služby, které jsou poskytovány jednotlivými infrastrukturami. Následující kapitola se zabývá systémem určování prvků infrastruktur, které lze označit jako kritické pomocí vybraných kritérií. Určení kritického prvku je provedeno na základě potřeb společnosti s přihlédnutím k technickému charakteru prvků a poskytované službě. V závěru příspěvku je uveden návrh určování kritických prvků dle potřeb společnosti.

### Klíčová slova

Základní lidské potřeby, kritická infrastruktura, kritický prvek.

### Abstract

This paper focuses on the issue of identification of the critical infrastructure elements by way of approach "bottom-up". The first part deals with basic needs of society on the basis of physiologic aspects, size and character of human agglomeration. The next chapter defines assigning of basic services to selected basic needs of society. The next chapter deals with the identification of critical infrastructure elements. The identification of critical infrastructure elements is implemented on the basic needs of society, technical parameters of elements and provided services. In the end of this article is a suggestion of an identification of critical infrastructure elements according to needs of society.

### Keywords

Human basic needs, critical infrastructure, critical element.

### Úvod

Koncept lidských potřeb byl a stále je ohniskem oblastí filozofie i psychologie, stejně jako politických, ekonomických a sociálních věd. Společnost se musí naučit uspokojit své potřeby nezávisle na vývojovém stupni lidské společnosti, nebo území, na kterém žije, nehledě ani na vymoženosti a zvyklosti moderní doby.

Je nasnadě, že právě různé oblasti života, jiné společenské zvyklosti či podnební podmínky mohou způsobovat rozdíly z hlediska prioritace potřeb [16]. Co je pro jednu část společnosti podstatné, může být pro jinou část společnosti na druhém konci pyramidy. Z hlediska historického vývoje lze konstatovat, že základní lidské potřeby se příliš nezměnily. [6]

Výše řečené je důvodem, proč následující článek využívá přístupu bottom-up, tj. snaží se přistupovat k problematice kritické infrastruktury z pohledu zajištění základních potřeb. Na základě této identifikace lze pak určit kritické prvky, neboť kritická infrastruktura by neměla být nic jiného, než jeden ze základních nástrojů společnosti pro uspokojování nezbytné potřeby člověka.

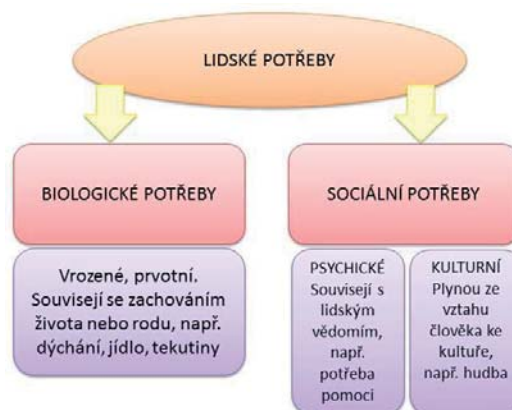
### Základní lidské potřeby

Potřeba je projevem nějakého nedostatku, jehož odstranění je pro člověka žádoucí. Prožívání nedostatku ovlivňuje veškerou psychickou činnost člověka. Pokud není potřeba dlouhodobě dostatečně uspokojována, může vzniknout situace označována jako strádání (deprivace). Lidské potřeby nejsou neměnné, vyvíjejí se v čase a kultivují (dítě má jiné potřeby než dospělý) a každý člověk své potřeby uspokojuje různým způsobem. Základní potřeby však zůstávají v každé vývojové fázi stejné.



Obr. 1 Pyramida potřeb (upraveno dle [9, 13])

Význam dané potřeby pro jedince lze spatřovat ve vztahu k psychice ve 3 oblastech: biologicky potřeba vyjadřuje narušenou homeostázu organismu, z ekonomického hlediska jde o potřebu něco vlastnit, a z psychologického pohledu je potřeba vyjádřena požadavky sociální sféry. [9, 13]



Obr. 2 Rozdělení potřeb [14]

Jedním z možných dělení potřeb ukazuje tzv. „Maslowova Pyramida potřeb“ (viz obr. 1), založená na hierarchizaci jednotlivých kategorií potřeb v závislosti na prioritě plnění.

Jak již bylo zmíněno výše, základní fyziologické potřeby (tedy potřeby uvedené v pyramidě nejnižší) jsou neměnné. Potřeby uvedené v pyramidě výše mohou měnit svou závažnost a potřebnost s vývojem společnosti.

Dalším ze základních rozdělení je také rozdělení lidských potřeb dle Petrakise [14] (viz obr. 2).

Max-Neef [8] klasifikuje základních lidských potřeb, které uvádí tab. 1.

Tab. 1 Základní potřeby (upraveno dle [8])

Potřeba	Popis, příklady
Živobytí	Tělesné a duševní zdraví, potrava, přístřeší, ošacení, odpočinek
Ochrana	Péče, přizpůsobivost, samostatnost, sociální a zdravotní bezpečí
Náklonnost	Respekt, láska, přátelství, rodina, vztahy s přírodou
Porozumění	Kritická kapacita, zvědavost, intuice, literatura, učení, politika, vzdělávání
Účast	Vnímavost, smysl pro humor, odpovědnost, povinnost, práce, práva
Volný čas	Představitost, klid, spontánnost, hry, večírky, odpočinek
Tvořivost	Představitost, vynalézavost, zvědavost, schopnosti, dovednosti
Identita	Pocit sounáležitosti, sebeúcta, společné znaky (jazyk, náboženství), práce, zvyky, hodnoty, normy
Svoboda	Samostatnost, rovnoprávnost, sebeúcta, otevřenost
Reprodukce	Péče o děti, těhotenství, rodičovství, výchova
Duchovno	Přístup k přírodě, účast ve společenství víry
Kreativita	Hry, fantazie, vynalézavost, umělecké tvorba

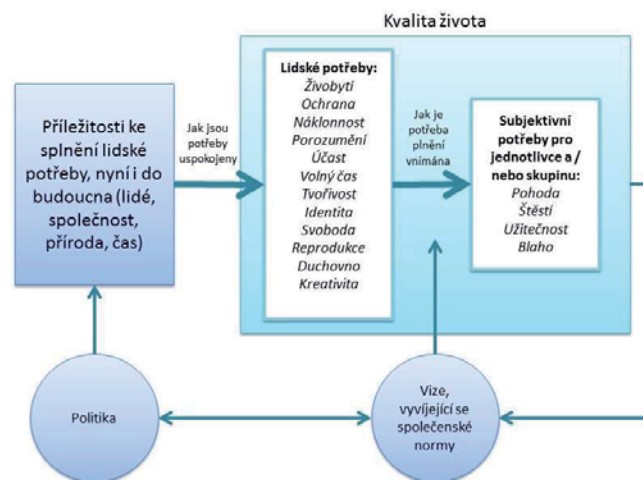
Lidské potřeby jsou stejné pro všechny lidi po celém světě (tj. univerzální lidské potřeby). Nicméně, každá společnost může uspokojit potřeby za použití různých metod a infrastruktur. [8]

Každý územní celek poskytuje společnosti jiné možnosti, služby, infrastruktury i příležitosti v závislosti na požadavcích dané společnosti. Rozdílnost sociálních potřeb tedy závisí na odlišnostech krajů, regionů nebo obcí a jde převážně o strukturu věku, zdravotní stav, schopnosti obyvatelstva a míru jejich potřeby pomoci (nezaměstnanost, chudoba). [10]

Základní potřeby obyvatelstva se jistě liší nejen v závislosti na tom, kde obyvatelstvo žije, ale také na charakteru a vývojovém stupni společnosti. Lidé v tradiční společnosti, která je založena převážně na zemědělské výrobě, se snaží o uspokojení pouze základních fyziologických potřeb, jako jsou např. potraviny, přístřeší, oblečení a nic víc. Naopak společnost ve „věku masové spotřeby“ zkouší moderní komfort společnosti, během něhož se zaměřuje na konstantní konzumaci spotřebního zboží. Je potřeba ovšem podotknout, že se jedná pouze o vyšší potřeby, základní potřeby zůstávají pro všechny členy různých společností, jak je možno vidět z již řečeného, stejné. Lišit se v tomto případě bude pouze prostředek či možnosti jejich naplňování. S tímto aspektem blízko souvisí hodnocení kvality života (viz obr. 3). [17]

Pod pojmem kvalita života si lze představit úroveň, jak dobře jsou splněny lidské potřeby, nebo do jaké míry jednotlivci nebo skupiny vnímají spokojenost či nespokojenost v různých oblastech života. Schopnost člověka uspokojovat své základní potřeby pochází z dostupných příležitostí, které získává ze společnosti

(pravidla a normy, spolupráce apod.), okolních staveb (nástroje, zařízení, služby apod.), lidského (znalosti, informace) a přírodního kapitálu (obnovitelné a neobnovitelné zdroje, služby ekosystému apod.) a také času. [3]



Obr. 3 Kvalita života (upraveno podle [3, 8])

### Kritéria určování kritických prvků dle základních potřeb společnosti

Současná společnost je závislá na správném fungování infrastruktur, které vytvořila. Některé z těchto infrastruktur jsou považovány za kritické. Kritické infrastruktury jsou tedy organizace, instituce a služby, které slouží pro veřejné blaho, jejichž narušení nebo porucha by vyústila v dlouho trvajícím omezení dodávek, dopady na životy, zdraví a hospodářský aspekt života lidí a státu [1]. V kritických infrastrukturách jednotlivých států bývají určovány prvky na základě specifikovaných kritérií.

Při určování kritického prvku se také pracuje s pojmem kritičnost. Tento aspekt je při identifikaci a určování kritického prvku zásadní, jelikož vyjadřuje míru důležitosti prvku v infrastruktuře. Pohled na kritičnost lze zaujímat ze dvou hledisek, tj. z hlediska technické poruchovosti nebo z hlediska společenského. [15]

Z hlediska technické poruchovosti se může jednat např. o kritéria jako obnovitelnost, zranitelnost, vliv na chod systému nebo nahraditelnost. Z hlediska společenského např. kritérium zdraví a života, času, velikosti, smluvní a regulační kritérium nebo kritérium ekonomického dopadu. [5, 11, 15]

Např. německá analýza kritičnosti [2] nebo Fekete [4] uvádí kritéria rozsahu, času, kvality, života a zdraví nebo ekonomické dopady. Ve Velké Británii faktory kritičnosti zahrnují dopady na poskytování základních služeb národa, hospodářský dopad nebo dopady na život [18]. Francie za kritické prvky považuje prvky, které mohou vlivem jejich poškození způsobit válku, ekonomické zatížení, ohrožení bezpečnosti národa nebo vážné narušení zdraví obyvatelstva, nezastupitelnost a doba potřebná na obnovu [7]. Polsko určuje kritické prvky na základě dopadů a to dle systémového kritéria (vztahuje se k parametrům prvku) a kritéria průřezového, které hodnotí dopad na základě počtu obětí, finančních dopadů, potřeb evakuace, ztráty služeb, doby zotavení, mezinárodní vliv a jedinečnost [12].

### Nezbytné služby jako prostředek pro plnění základních lidských potřeb

Na základě výše zmíněného je možno sestavit přehled základních kritérií, která je třeba brát v úvahu při sestavování obecného systému „kritické“ infrastruktury pro společnost, a to pro fyziologické potřeby a potřebu jistoty a bezpečí.

Tab. 2 Shrnutí fyziologických potřeb a potřeby jistoty a bezpečí

Potřeba	Plnění	Podmínky fungování
Vzduch	Speciální systémy (systémy podpory života)	
Teplo	Speciální systémy (systémy podpory života)	
Voda	Infrastruktura zásobování vodou	Energie
	Náhradní zásobování	Doprava
	Vlastní zdroje	Vlastní technické prostředky
Strava	Zásobování potravinami	Energie, Doprava
	Vlastní zdroje	Vlastní možnosti získávání potravin
Odpočinek	Vlastní možnosti	
	Zajištění prostor pro odpočinek (např. nařízená evakuace)	Zajištění dostatečného a odpovídajícího vybavení (ze strany nařizujícího orgánu)
Vyprazdňování	Odpadní infrastruktura	Energie, doprava (v závislosti na rozvoji společnosti)
Čistota	Dle rozvoje společnosti	Doprava, Energie
Jistota a bezpečí	Veřejná i soukromá sféra, bezpečnostní složky	Energie, Doprava, ICT (v závislosti na rozvoji společnosti)

V tab. 2 jsou v posledním sloupci uvedeny různé oblasti. Jedná se o oblasti, u nichž by měla být zabezpečena funkce pro plnění základních potřeb. Je-li v tabulce zmíněna „energie“, jedná se zejména o elektrickou energii. Je-li v tabulce zmíněna doprava, jedná se zejména o celistvost dopravní sítě a možnost zásobování. Je-li v tabulce zmíněna zkratka ICT, jedná se o komunikační systémy sloužící pro veřejnou i soukromou sféru a také pro činnost bezpečnostních složek.

Návrh tohoto článku se bude dále zabývat pouze primárními potřebami, tedy vzduch, voda, strava a teplo. Ačkoliv by se mohlo zdát, že zbývající potřeby uvedené v tab. 2 jsou nezbytné k životu, odpovídají pouze životní úrovni moderní společnosti, a tudíž bez nich společnost může existovat v omezené míře.

#### Návrh určování kritických prvků dle potřeb společnosti

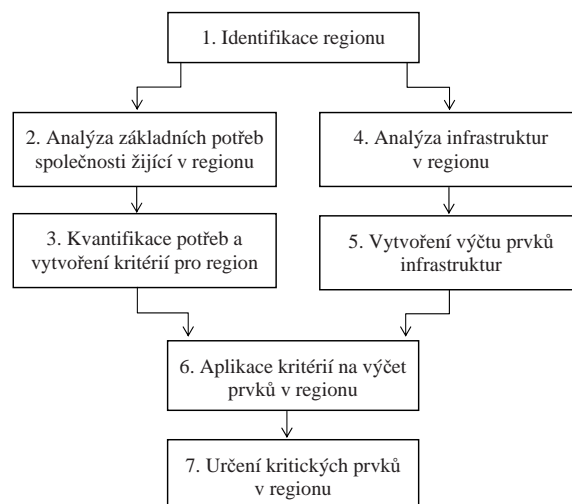
Určování kritických prvků podle potřeb společnosti vychází z myšlenky, že každá společnost se snaží uspokojit své základní potřeby, které vychází z jejího historického vývoje, stupně modernizace, lokace, možností regionu apod. V závislosti na stupni jejího vývoje má dostupný určitý systém pro plnění základních potřeb. Tento systém lze označit jako množinu prvků a vzájemných vazeb. Lze tedy předpokládat, že právě díky této provázanosti může za jistých okolností dojít k tomu, že základní potřeby nebudou naplňovány.

Pro určování kritických prvků je potřeba znát vztah mezi základní potřebou a nezbytnou službou (infrastrukturou), resp. prostředkem jejího plnění. Stanovení kritických prvků by mělo být provedeno na základě předem stanovených kritérií, která se vztahují k jejich technickému charakteru a společenskému významu vzhledem k míře plnění základních potřeb (viz obr. 3).

Na obr. 4 je uveden obecný postup při určování kritických prvků, který je sestaven ze 7 kroků.

V kroku 1 se nejprve identifikuje vybraný region. Součástí identifikace je analýza společnosti. Základními parametry analýzy jsou např. věk obyvatelstva, počet a hustota obyvatel jednotlivých částí regionu. V následujícím kroku 2 je nutné zanalyzovat základní potřeby společnosti (tj. vzduch, voda, strava a teplo), která žije ve vybraném regionu. V kroku 3 se provede kvantifikace vybraných potřeb na základě informací získaných analýzou regionu a vytvoří se tak seznam kritérií, která jsou klasifikována do tří kategorií:

- I. kategorie jsou kritéria vztahující se k hodnocení prvků zajišťujících základní lidské potřeby (tj. voda a energie - elektroenergetika, teplotní a plyn),
- II. kategorie jsou kritéria vztahující se k hodnocení prvků, které jsou nezbytné pro fungování prvků uvedených v první kategorii (tj. ICT, doprava, ropa a ropné produkty),
- III. kategorie jsou kritéria vztahující se k hodnocení všech zbývajících prvků identifikovaných v daném území.



Obr. 4 Obecný návrh určování kritických prvků dle potřeb společnosti

Krok 4 představuje analýzu infrastruktur, které se nachází v regionu. Její součástí je přehled prostředků a služeb poskytovaných společností. Takto vytvořený seznam se dále v následujícím kroku rozčlení na jednotlivé prvky infrastruktur, které jsou významné pro správnou funkci infrastruktury.

Následující krok slučuje výsledky kroku 3 (seznam kritérií) a kroku 5 (seznam prvků). V návaznosti na krok 6 jsou dále určeny kritické prvky ve vybraném regionu.

#### Závěr

Při určování kritických prvků by se mělo přihlížet také k základním potřebám člověka, potažmo celé společnosti, neboť od nich se odvíjí míra kvality života. Je zřejmé, že lidské potřeby by měly být základním pilířem celého procesu určování kritických prvků. Základní lidské potřeby by se tedy měly primárně odrážet v kritériích určování kritických prvků infrastruktur.

Tento příspěvek obsahuje pouze obecný návrh určování kritických prvků z hlediska základních potřeb. Navrhovaný algoritmus je možné použít i na jiné infrastruktury, které zabezpečují plnění základních potřeb.

#### Použitá literatura

- [1] *Analysis of Critical Infrastructures* [online]. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2004. [cit. 2016-06-06]. 8 s. Dostupné z: [https://www.bsi.bund.de/DE/Home/home\\_node.html](https://www.bsi.bund.de/DE/Home/home_node.html).
- [2] *Bevölkerungsschutz Kritische Infrastrukturen (BKI)*. Bonn: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, 2014. 60 s. ISSN 040-7154.
- [3] COSTANZA, R. et al.: Quality of life: An approach integrating opportunities, human needs, and subjective well-being. *Ecological Economics*, Vol. 61, 2007. 267-276 p. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2006.02.023.

- [4] FEKETE, A.: *Common Criteria for the Assessment of Critical Infrastructures*. Bonn: Federal Office of Civil Protection and Disaster Assistance, 2011. 10 p.
- [5] *FMEA a risk management* [online]. Ikvalita.cz [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <http://www.ikvalita.cz/tools.php?ID=51>.
- [6] Human Needs.: *Exploration: Then and Now*. NASA and Jamestown Education Module. 17 p. EG-2006-09-25-LaRC.
- [7] *Instruction Generale Interministerielle Relative A La Securite Des Activites D'Importance Vitale*. Secretariat General De La Defense Nationale, 2008, 60 p.
- [8] MAX-NEEF, M.: *Human scale development - conception, application and further reflections*. New York and London: The Apex Press, 1991. ISBN 0-945257-35-X.
- [9] MASLOW, A.H.: A theory of human motivation. In: *Psychological Review*, Vol 50(4), 1943. 370-396 p. Dostupný z: <http://dx.doi.org/10.1037/h0054346>.
- [10] MATOUŠEK, O. a kol.: *Metody a řízení sociální práce*. Praha: Portá, 2008. 384 s. ISBN 978-80-7367-502-8.
- [11] *Metoda CARVER* [online]. growjob.com, [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <http://www.growjob.com/clanky-personal/metoda-carver/>.
- [12] *Narodowy Program Ochrony Infrastruktury Krytycznej*. Polsko: Ministerstwo spraw wewnętrznych, 2013, 53 p.
- [13] Ošetrovatelství: *Kategorie lidských potřeb a jejich uspokojování*. Zápisy z přednášek. Ošetrovatelství.info, 2009. Dostupné z: <http://www.osetrovatelstvi.info/>.
- [14] PETRAKIS, P.E.: *Culture, Growth and Economic Policy*. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014. 11 p. DOI: 10.1007/978-3-642-41440-4\_2.
- [15] PROCHÁZKOVÁ, D.: *Bezpečnost kritické infrastruktury*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2012. 318 s. ISBN: 978-80-01-05103-0.
- [16] ROSENFELD, P.; CULBERTSON, A.; MAGNUSSON, P.: *Human needs, a literature review and cognitive life span model*. Navy Personnel and Development Center. Program Element 0603707N, 1992. 29 p.
- [17] ROSTOW, W.W.: *The process of economic growth*. London: Oxford University Press, 1960. 300 p.
- [18] *Strategic Framework and Policy Statement on Improving the Resilience of Critical Infrastructure to Disruption from Natural Hazards* [online]. London: Cabinet Office, March, 2010 [cit. 2016-5-10]. Dostupné z: [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/62504/strategic-framework.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/62504/strategic-framework.pdf).

# Návrh přístupu k určování regionálních subjektů a prvků kritické infrastruktury

## Proposal of Approach for Regional Critical Infrastructure Elements Determination

Ing. Petr Novotný

VŠB - TU Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství  
Lumírova 13, 700 30 Ostrava-Výškovice  
petr.novotny@vsb.cz

### Abstrakt

Príspevek se zabývá problematikou určování prvků kritické infrastruktury. Na základě zkušeností ze světových zemí je prezentován obecný systémový přístup k určování prvků kritické infrastruktury. Následně jsou detailně představeny dílčí části celého procesu, a to včetně metod sloužících pro řešení konkrétních kroků. V závěru příspěvku je uvedeno shrnutí a diskuse orientovaná na navrhovaný přístup určování prvků kritické infrastruktury regionu a možnou využitelnost navrhovaného řešení.

### Klíčová slova

Kritická infrastruktura, region, určování.

### Abstract

This contribution is focused on critical infrastructure elements determination. On the basis of world's countries experience the general systems approach for critical infrastructure elements determination is presented. Subsequently there are detailed presented all partial sections of the process and methods using during this process. Summary and discussion oriented to proposing approach for regional critical infrastructure elements determination and possibilities for using this solution are adduced in conclusion of this contribution.

### Keywords

Critical infrastructure, region, determination.

### Úvod

V souvislosti s hospodářským rozvojem byla kvalita infrastruktur a rozvoj společnosti chápán jako totéž (Mozga, 2010). Obdobně z hlediska historických souvislostí na našem území docházelo v minulém století ke „zodolňování národního hospodářství“, což lze vykládat jako zvyšování kvality infrastruktur. Postupem času bylo zjišťováno, že některé infrastruktury jsou důležitější, tzn. klíčové neboli „kritické“ a tyto byly sdružovány pod pojem „kritická infrastruktura“. Samotný termín „kritická infrastruktura“ byl ve světových zemích v širší míře zaveden až v průběhu 90. let minulého století (Report, 1997).

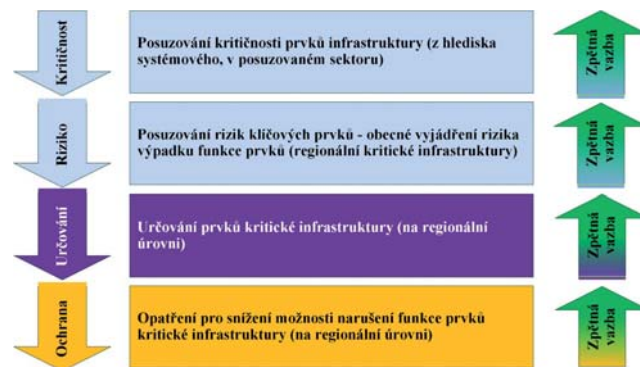
Pohled na kritickou infrastrukturu byl vnímán jako pohled odpovědnosti celé společnosti. To bylo základem pro současné vnímání kritické infrastruktury jakožto základní odpovědnosti států (CIRAS, 2015). Naopak vědecký pohled prošel postupných vývojem. Přístupy ke zkoumání kritické infrastruktury byly logicky vyvíjeny (Kathi, 2006; Jönsson, 2008; Taquechel, 2012) a postupně docházelo k rozšiřování nejen teoretického aparátu, avšak i k různým praktickým krokům a tvorbě nástrojů různého charakteru, které sloužily právě pro výzkum oblastí kritické infrastruktury (Zaharia, 2012; Ouyang, 2015). Výzkum kritické infrastruktury a jeho výsledky by měly být základem pro tvorbu příslušných právních předpisů zahrnujících taktéž oblast kritické infrastruktury.

Systém určování prvků kritické infrastruktury je z hlediska procesního přístupu nastaven v platných právních předpisech nejen pro úroveň České republiky, ale taktéž i pro evropskou úroveň (Zákon, 2010; Směrnice, 2008). Tento systém bohužel pouze zmiňuje mezisektorové vazby, z toho důvodu se nejedná o čisté systémové řešení kritické infrastruktury. Z platných právních předpisů (Směrnice, 2008; Zákon, 2010; Nařízení vlády, 2010) vyplývá, že je kritická infrastruktura „de jure“ vnímána spíše jako ekonomický nástroj pro udržení zaběhlých standardů společnosti, tedy s nepřímou vazbou na samotné obyvatelstvo. Jako nepřímý šťastný pohled na kritickou infrastrukturu v České republice se jeví přístup „top-down“ (Novotný, 2016). Přímá vazba spatřovaná v potřebách společnosti na úrovni bližší obyvatelstvu, tedy regionální úrovni, zde bohužel schází. Obyvatelstvo je zmiňováno pouze v souvislosti s dopady, avšak ne v souvislosti s určitými potřebami. Odvětví kritické infrastruktury by měla lépe reprezentovat zmíněné potřeby obyvatelstva, avšak vyvstává otázka, zdali vůbec lze potřeby obyvatelstva plošně unifikovat, či bude vhodnější se přizpůsobit podmínkám regionu (Slivková a kol., 2016).

Současný model hodnocení kritické infrastruktury na úrovni Evropské unie není nikterak pružný a obdobně i stávající systém na úrovni národní (tedy České republiky). Možnost hodnocení kritické infrastruktury na regionální úrovni je v tomto kontextu zcela opomíjena. Z toho důvodu schází komplexní systém, který by mohl sjednocovat postupy pro určování prvků (a subjektů) kritické infrastruktury na regionální úrovni. Obdobně současný systém hodnotících kritérií neodpovídá potřebám (Koncepce, 2013). Navržení systémového hodnocení kritické infrastruktury (nejen) na regionální úrovni a stanovení vhodných hodnotících kritérií by na jedné straně mělo respektovat současné světové trendy a na straně druhé by mělo umožňovat zlepšení stávajícího systému kritické infrastruktury. Využitím takového fungujícího systému hodnocení by došlo ke zvýšení zabezpečení kontinuity dodávek služeb obyvatelstvu a také celkově ke zvýšení bezpečnosti v příslušném regionu.

### Východiska systémového přístupu

Na základě rešerše literatury, zahraničních dostupných zdrojů a zkušeností z vyspělých zemí (Novotný, 2016) je možno sestavit návrh systémového přístupu k určování kritické infrastruktury (nejen) na regionální úrovni (viz obr. 1). Návrh systémového přístupu byl již konzultován a na základě prezentace taktéž vybrán pro publikování v uznávaném impaktovaném periodiku.



Obr. 1 Systémový přístup k určování regionální kritické infrastruktury - původní koncept (Novotný, 2016) doplněn a upraven



Systémový přístup spočívá v logickém sledu nalezení kritických míst infrastruktury, následném posuzování rizik pro takto nalezená místa, dalším krokem je poté určování objektů kritické infrastruktury a neopomenutelným krokem systémového přístupu je ochrana těchto objektů. Zároveň je v návrhu vyhrazen prostor pro zpětnou vazbu a kontrolu.

### Posuzování kritičnosti prvků

Kritická infrastruktura je tvořena dílčími odvětvími, která spolu mohou interagovat (např. závislost na jiném odvětví). Avšak k interakci nedochází pouze mezi odvětvími samotnými, ale i mezi prvky v jednom odvětví nebo mezi prvky různých odvětví (Rinaldi, 2001; Leontief, 1986), či k interakci zvenčí (např. živelní pohromy). Z toho důvodu je v první části systémového přístupu zahrnuto nejen posuzování kritičnosti, ale i posuzování rizik klíčových prvků.

V rámci první části systémového přístupu (viz obr. 1) dojde k **posuzování kritičnosti prvků/infrastruktury**. Pomocí posouzení kritičnosti je možné prioritizovat prvky/ infrastruktury (Fekete, 2010). Nejprve je vhodné posuzovat významnost sektoru (tedy některé z infrastruktur) jako celku. Zde se jeví jako vhodné využít část metody SYNEFIA (Řehák, 2016), pomocí které je možné vymezit aktivitu či pasivitu jednotlivých sektorů. Následně je pro posouzení vzájemných závislostí možné využít analýzu souvztažností (Bernatík, 2010; Ouyang, 2014). Navazující body posouzení míry kritičnosti prvku a posouzení vzájemných závislostí (již pouze v rámci posuzovaného sektoru) mohou být vyjádřeny pomocí několika veličin (vlastností).

Při analýze literárních zdrojů výzkumu zabývajících se kritičností je možné dohledat publikace zmiňující některé veličiny (např. EGAN, 2007; Jönsson, 2008; Fekete, 2010; Hokstad, 2013). Tyto veličiny mohou například popisovat změnu ve fungování infrastruktury (ztrátu funkce), nahraditelnost prvku v rámci příslušné infrastruktury a možnost jeho obnovitelnosti. Jak vyplývá z příslušného výzkumu (Pederson, 2006; Lewis, 2006; Fekete, 2010), je možno nalézt mnoho přístupů ke kritičnosti a taktéž i mnoho definic. Zároveň existují další přístupy zahrnující i širší oblasti (Rinaldi, 2001) s příklady praktické aplikace (např. Novotný, 2015). Na základě výše zmíněného se však jeví jako vhodné vybrat uvedené veličiny pro posuzování kritičnosti.

### Posuzování rizik klíčových prvků

**Posuzování rizik** (viz obr. 1) by mělo logicky navazovat na prvky podrobené procesu posuzování kritičnosti. Z mnoha přístupů k problematice posuzování rizik je možno nalézt sjednocující pohled na tuto problematiku v rámci The Society for Risk Analysis (SRA). Toto uskupení tvoří přední světoví odborníci v problematice rizik. Obecné vyjádření rizika dle SRA je možno využít taktéž i pro oblast kritické infrastruktury (Aven, 2014). Obdobně je využíváno i v dalších oblastech (Birkmann, 2013), a dokonce i některé mezivládní organizace využívají obdobný přístup k analýze rizik (IPCC, 2012). Dále je vhodné v rámci procesu posuzování rizik uplatnit princip „peer-review“ pro ověření kvality procesu, eventuálně k následnému zvýšení jeho kvality (Spier, 2002).

Z hlediska stanovení kontextu (Novotný, 2015) se jeví jako vhodné vysvětlení kontextu vnitřních rizik, tedy přímo souvisejících s infrastrukturou a její funkcí (např. výpadek bezpečnostních prvků), a vnějších rizik jako faktorů zvenčí přímo nesouvisejících s funkcí infrastruktury, avšak ovlivňující její funkci (např. živelní pohromy).

### Postup určování prvků regionální kritické infrastruktury

Třetí část systémového přístupu (viz obr. 1) se bude zaměřovat na postup určování prvků kritické infrastruktury. Podklady pro určování by měly být předcházející kroky, tedy výsledky z posuzování kritičnosti a z posuzování rizik. Jednotlivými kroky této části je klasifikace prvků do skupin, doplnění o přímé určení a prioritizaci prvků pro účel ochrany (viz obr. 2).



Obr. 2 Část systémového přístupu týkající se určování prvků regionální kritické infrastruktury

Nejprve je třeba provést **klasifikaci prvků** do několika skupin, přičemž je možno nalézt příklady podobné klasifikace (např. Šenovský, 2007). Jako vhodné se jeví čtyři skupiny pro prvky, přičemž první z nich reprezentují prvky zvláštní úrovně. Do této úrovně by měli spadat takové prvky, jejichž nezařazení do kritické infrastruktury vyšší úrovně by se mohlo jevit jako nežádoucí (např. výpadek funkce prvku může mít rozsáhlé následky, může splňovat kritéria pro zařazení do vyšší úrovně kritické infrastruktury). Takové prvky by tedy měly být znovu přezkoumány pro zařazení do vyšší úrovně kritické infrastruktury (viz zpětná vazba).

Druhá skupina poté reprezentuje kritickou infrastrukturu regionu, tedy takové prvky, které jsou pro bezproblémové fungování regionu nezbytné (kritické). Třetí skupinou jsou objekty „důležité infrastruktury regionu“, přičemž se může jednat o objekty, které mohou ohrozit fungování KI regionu za určitých okolností. Rozdíl mezi těmito skupinami je v důležitosti prvků/objektů pro infrastrukturu (např. výpadek jediného prvku KI regionu může poškodit fungování celé infrastruktury regionu, naopak výpadkem jednoho z celkem dvou objektů „důležité infrastruktury regionu“ může dojít k přetížení zbývajících funkčních objektů a taktéž k poškození fungování celé infrastruktury). Obdobu lze nalézt v dostupné literatuře u již fungujícího systémového řešení, kde jsou zmiňovány pro infrastruktury termíny „životní“ a „neživotní“ (Luijff, 2003). Zbývající objekty, které není možné klasifikovat do žádné skupiny vyjmenovaných objektů, poté tvoří skupinu „nezařazených“ (neboli „dalších“) objektů.

Některé objekty však mohou být z pohledu stakeholderů (v češtině volně přeloženo jako „zainteresovaných akterů“) shledány taktéž jako velice důležité pro fungování celého regionu. Z toho důvodu by zde měl být ponechán prostor pro **preferenci stakeholderů**. Implementaci je možné provést například přímým určením určitých regionálních subjektů, které odpovědný orgán shledává jako velice významné (nebo dokonce „kritické“) pro zachování funkcí příslušného území. Na základě zkušeností ze zahraničí (např. CDEM Act, 2012) je tento přístup funkční, a dokonce tak bývají přímo určovány některé objekty nebo jejich vlastníci (subjekty). Obdobně by zde bylo možno zařadit objekty např. vysokého kulturního významu (obdobně jako tzv. „Assets“ v CDEM Act, 2012). V navrženém systémovém přístupu by tak mohly být přímo určovány prvky spadající do kategorie „kritická infrastruktura regionu“ nebo objekty do kategorie „důležitá infrastruktura regionu“. Zvláštní kategorie a nezařazené objekty již nemohou spadat mezi prvky kritické infrastruktury regionu.

Třetím krokem je **prioritizace prvků** a zde je třeba uvažovat s některými skutečnostmi, z nichž může být sestavena vhodná škála pro zařazení prvků do příslušných kategorií (obdobně je uvedeno v Šenovský, 2007). Taková škála pro zařazení prvků by mohla být nastavena na základě výše zmíněného například následovně:

- „Předání“ na vyšší úroveň, jelikož výpadek funkce prvku by mohl způsobit nefunkčnost infrastruktury na vyšší úrovni - obecně málo pravděpodobné, avšak nelze vyloučit; příklad Blackout v Severní Americe 2003 (Report, 2003).
- „Priorita 1“ znamená, že výpadek funkce prvku může způsobit výpadek dostupnosti služby sítě poskytovanou (např. výpadek jediného centrálního prvku, apod.).

- c) „Priorita 2“ znamená, že objekt se za určitých okolností může stát v rámci sítě „kritickým“ (předpokládáme-li existenci dvou kritických cest, přičemž nelze vyloučit situace, že jedna z nich bude nedostupná, může dojít k přeměrování toku na jedinou zbývající kritickou cestu) a způsobit tak výpadek dostupnosti služby sítě poskytovanou.
- d) „Bez priority“, tedy výpadek objektu není z hlediska kontinuity poskytování služby v rámci sítě znatelný.

Klasifikaci objektu do skupiny se zvláštní prioritou je možno chápat jako podklad k ověření pro zařazení mezi prvky kritické infrastruktury vyšší úrovně. Klasifikaci prvku do skupiny s prioritou 1 je možno označit jako „přímou závislost“ výpadku funkce prvku a výpadku dostupnosti služby v rámci sítě. Naopak klasifikaci objektu do skupiny s prioritou 2 je možno označit jako „nepřímou závislost“ (taktéž možno nalézt v: Luijff, 2003). Klasifikace objektu do skupiny s nejnižší prioritou znamená, že za současných podmínek nastavených pro určení objektů kritické infrastruktury na regionální úrovni existují v rámci celé sítě infrastruktury takové objekty, na něž je třeba primárně (a sekundárně) zaměřit ochranu. Není však vyloučeno dodatečné určení objektů z této skupiny při využití preferencí stakeholderů.

### Ochrana prvků regionální kritické infrastruktury

Čtvrtá částí systémového přístupu (viz obr. 1) k problematice regionální kritické infrastruktury je její ochrana. Jedná se o opatření pro snížení možnosti narušení funkce prvků kritické infrastruktury na regionální úrovni. Tato část se sestává ze třech hlavních kroků, kterými je posouzení stávající úrovně ochrany, identifikace nových vhodných příležitosti k ochraně a návrh nových vhodných opatření. Zároveň je v této části vymezen prostor pro další vhodná opatření.

Prvním krokem je **posouzení stávající úrovně ochrany**, která může spočívat v ochraně samotných prvků nebo v řešení na úrovni ochrany celého systému. Zmapování opatření již provedených a právě prováděných pro ochranu je základním podkladem pro rozhodování. Dalším z podkladů může být **identifikace nových vhodných příležitosti** (opatření) pro ochranu a **navrh nových vhodných opatření**. Všechny tyto podklady je vhodné posoudit s přihlédnutím k předchozím krokům, tedy zaměřit se na vstupní údaje a nalézt kořenové příčiny nežádoucích jevů. Ochrana by tedy měla být založena na snížení zranitelnosti celého systému (Šenovský, 2007). Zároveň je třeba klást důraz na strany zainteresované do ochrany kritické infrastruktury představující odlišné role (stát, vlastníci/provozovatelé, obyvatelstvo). V některých světových zemích má oblast ochrany kritické infrastruktury delší tradici a fungují zde taktéž propracované systémy ochrany (informace lze nalézt např. v Luijff, 2003; Lewis, 2006; Šenovský, 2007; Mozga, 2010; Procházková, 2012; Mills, 2014; Novotný, 2016).

Výše zmíněné podklady tvoří základy pro běžné rozhodovací procesy, avšak v problematice ochrany kritické infrastruktury je doporučováno provádět **další opatření**. Jedním z mnoha příkladů může být zavádění kontinuity činnosti (Business Continuity Management) např. dle BS25999, nebo se může jednat o jiný způsob podpory ochrany kritické infrastruktury. Jedním z příkladů může být podpora ve formě slevy na dani pro vlastníky/provozovatele, kteří zlepšují ochranu infrastruktury (Isager, 2016). Výše zmíněné přístupy korespondují s doporučeními (např. Luijff, 2003; Mozga, 2010), tedy mimo jiné s nutností posilování vztahů mezi veřejným sektorem (státem) a vlastníky/provozovateli (tzv. PPP „public-private partnership“).

### Zpětná vazba a kontrola

Poslední, avšak neméně důležitou součástí systémového řešení, je zpětná vazba a kontrola (viz obr. 8). Pro zjednodušení je vhodné implementovat systém kontroly do každé ze čtyř částí navrženého systémového řešení.

Zpětná vazba (Ramprasad, 1983) tedy může zpětně ovlivňovat vstupy do jednotlivých částí systémového přístupu. Zpětná vazba může působit kladně a tehdy bude využita pro zkvalitnění procesu - validace postupů a výsledků procesu. Naopak záporná zpětná vazba může v případě výskytu nepravdivosti (výchyly) působit proti této a pomoci takovou nepravdivost potlačit. V obou případech se jedná o zkvalitnění celého systémového přístupu.

Kontrola by tedy měla být prováděna u všech čtyř částí systémového přístupu s důrazem na neopomíjení její plynulosti a konečnosti zároveň (mělo by dojít k napravení nepravdivosti). Obdobně je třeba vnímat určité zpoždění ukazatelů účinnosti zpětné vazby. Zpětná vazba je součástí dynamického systému, požadované změny se proto v rámci celého systému mohou projevit s určitým zpožděním. (Ramprasad, 1983)

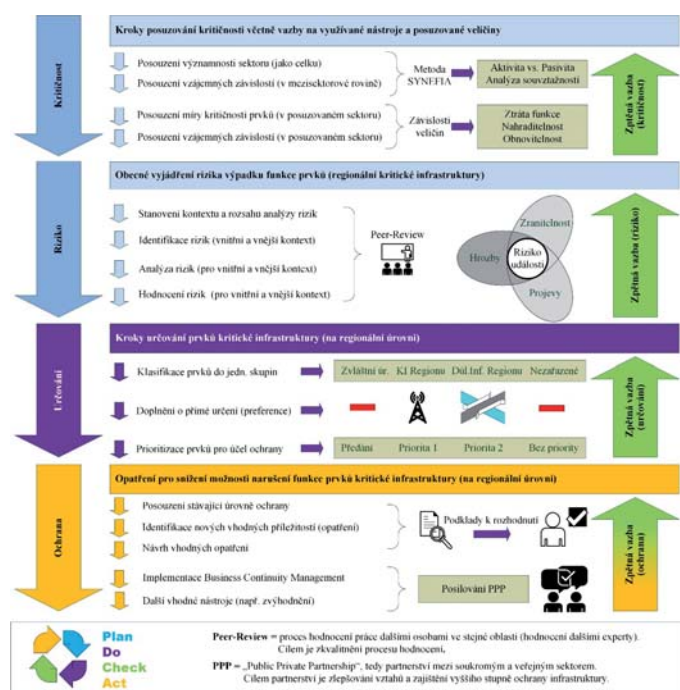
V procesu kontroly je vhodné zaměřit se na funkci a úplnost předcházejících řešení, tedy zda byly určeny všechny prvky, které mohou být z hlediska zachování funkce infrastruktury stěžejní (Luijff, 2003). Pro tento účel je vhodné navrhnout vhodné metriky pro kontrolu jednotlivých částí systémového řešení.

### Shrnutí a diskuse

Oblast ochrany kritické infrastruktury je v České republice z hlediska vědy a výzkumu, jsou-li pominuty dřívější snahy o zvyšování odolnosti národního hospodářství, nepříliš tradičním oborem. Zároveň je nutno podotknout, že některé rozvinuté státy (např. Velká Británie, Spojené státy americké, Austrálie a Nový Zéland) mají mnohem více zkušeností s výzkumem v této oblasti. Samozřejmě i v České republice existuje zřejmý zájem o výzkum v oblasti kritické infrastruktury. I přes tento fakt však bohužel prozatím nebylo v širší míře vyvíjeno systémové řešení určování kritické infrastruktury na regionální úrovni.

Na základě výše uvedeného vysvětlení jednotlivých kroků navrženého systémového řešení je možno sestavit souhrnný přehled všech kroků a zmiňovaných nástrojů a postupů (viz obr. 3). Jednotlivé navrhované kroky systémového řešení mohou být taktéž prezentovány jako implementace tzv. „Shewhartova“ nebo také „Demingova“ cyklu (Shewhart, 1939; Deming, 1986). Cyklus je také nazýván jako „PDCA“ z anglického plan-do-check-act (plánování-provedení-kontrola-akce) a i přesto že byl primárně využíván v oblasti řízení jakosti, je pro své výhody využíván i v mnoha dalších oblastech. Cyklus popisuje posloupnost kroků zlepšování procesů. Cílem je shromáždění dat o hlavních problémech a zaměřit se na hlavní příčiny problémů, dále navrhnout možná řešení a naplánovat provedení nejvhodnějších řešení. Jelikož se jedná o systémový přístup, je třeba na problematiku kritické infrastruktury pohlížet jako na systém zahrnující i jiný typ vazeb, nežli pouze technických (např. vazby sociálního charakteru).

Navrhovaný systémový přístup se skládá z pěti částí (viz obr. 3) a vzhledem ke komplexnosti řešení je vhodné také zmínit odpovědnost za řešení příslušných částí. Posuzování kritičnosti a rizik by měla provádět „pracovní skupina“ odborníků složených z hodnotitelů z řad veřejné správy s odpovídajícími znalostmi a dále ze zástupců vlastníků/provozovatelů. Proces určování je rozhodnutí, které náleží odpovědným orgánům, avšak příprava celého procesu může spadat taktéž „pracovní skupině“. Čtvrtou částí je ochrana určených prvků regionální kritické infrastruktury. Zde přichází na řadu primárně vlastníci/provozovatelé, avšak jako vhodná se jeví spolupráce s „pracovní skupinou“. Pátou část tvoří zpětná vazba a kontrola, která je pro lepší možnost dohledu nad celým procesem implementována do každého z předcházejících třech kroků. Rozdělení odpovědnosti za kontrolu jednotlivých částí procesu je rozděleno obdobně jako u jejich řešení.



Obr. 3 Návrh systémového přístupu ke kritické infrastruktuře regionální úrovně - původní koncept (Novotný, 2016) doplněn a upraven

Navrhované systémové řešení bude podrobeno ověření na modelovém regionu, kde bude zároveň ověřen návrh způsobu určování regionálních subjektů a prvků kritické infrastruktury.

Základem případové studie by mělo být důkladné a správné přiřazení vazeb nejen v rámci infrastruktury, ale také uvnitř celého systému (v modelovém regionu). Vstupními údaji pro praktické ověření navrhovaného způsobu řešení mohou být veřejně dostupné databáze (jako např. sčítání dopravy 2010) nebo informace poskytnuté přímo provozovateli infrastruktur (jako např. SŽDC) a v neposlední řadě také data dostupná z průzkumů Českého statistického úřadu.

Aplikací získaných poznatků na modelový region by měla být ověřena funkčnost navrženého modelu a zároveň následně zhodnoceny výsledky zmíněného ověření.

*Príspevek byl zpracován v rámci projektu s identifikačním číslem SP2016/99 a názvem „Definování resilience systému kritické infrastruktury“ poskytovatele Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy České republiky.*

#### Použitá literatura

- [1] AVEN, T.; ZIO, E. (2014): Foundational Issues in Risk Assessment and Risk Management: Perspectives. *Risk Analysis*. Vol. 34, No. 7, pp. 1164-1172. DOI: 10.1111/risa.12132.
- [2] BERNATÍK, A.; MALÉŘOVÁ, L. (2010): *Analýza rizik území*. 1. vydání. Ostrava: SPBI. 79 s. ISBN 978-80-7385-082-1.
- [3] BIRKMANN, J. (2013): *Measuring vulnerability to natural hazards: towards disaster resilient societies*. Second edition. Tokyo: United Nations University Press. 686 p. ISBN 978-92-808-1202-2.
- [4] CIRAS Project, 2015, Project proposal of the 8<sup>th</sup> Framework Programme called HORIZON 2020.
- [5] Civil Defence Emergency Management Act 2002 (CDEM Act, 2002). In No 33. The Ministry of Civil Defence and Emergency Management, New Zealand.

- [6] *Critical Foundations: Protecting America's Infrastructures*. (Report, 1997). The Report of the President's Commission on Critical Infrastructure Protection, 1<sup>st</sup> edition. Washington D.C.: United States Government Printing Office, 1997, 101 p.
- [7] DEMING, W.E. (1986): *Out of the Crisis*. MIT Centre for Advanced Engineering Study. ISBN 0-911379-01-0.
- [8] EGAN, M.J. (2007): Anticipating Future Vulnerability: Defining Characteristics of Increasingly Critical Infrastructure-like Systems. *Journal of Contingencies and Crisis Management*. Vol. 5, No. 1, pp. 4-17. DOI: 10.1111/j.1468-5973.2007.00500.x
- [9] FEKETE, A. (2010): Criticality analysis of Critical Infrastructures (CI) - developing criteria for identifying and evaluating the relevance of CI for society. In *International Disaster and Risk Conference (IDRC)*, Switzerland: Davos, 30<sup>th</sup> May - 3<sup>rd</sup> June. 3 p. (Extended Abstract).
- [10] HOKSTAD, P.; UTNE, I.B.; VATN, J. (2013): *Risk and Interdependencies in Critical Infrastructures: A Guideline for Analysis*. Springer. 252 p. ISBN 978-1-4471-4661-2.
- [11] Interim Report on the August 14, 2003, Blackout (Report, 2003). New York Independent System Operator. January 8, 2004. Retrieved September 16, 2008. 76 p.
- [12] IPCC (2012): *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. New York: Cambridge University Press, 2012. 582 p. ISBN 978-1-107-02506-4.
- [13] ISAGER, E.B. [personal statement]: Norwegian municipalities, Bergen, West Norway. 26<sup>th</sup> January 2016.
- [14] JÖNSSON, H., JOHANSSON, J., JOHANSSON, H. (2008): Identifying Critical Components in Technical Infrastructure Networks. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: *Journal of Risk and Reliability*. Vol. 222, No. 2, pp. 235-243.
- [15] KATHI, BROWN, A. (2006): *Critical Path: A Brief History of Critical Infrastructure Protection in the United States*. Washington D.C.: Spectrum Publishing Group. First printing, 220 p.
- [16] *Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2020 s výhledem do roku 2030* [online]. (Koncepce, 2013). Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky, 2013. 61 s. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/soubor/koncepce-ochrany-obyvatelstva-2020-2030-pdf.aspx>.
- [17] LEONTIEF, W. (1986): *Input-output Economics*. 2<sup>nd</sup> edition. United Kingdom: Oxford University Press. 448 p. ISBN 978-0-19-503527-8.
- [18] LEWIS, T.G. (2006): *Critical Infrastructure Protection in Homeland Security: Defending a Networked Nation*. Wiley-Interscience, p. 486. ISBN 978-0-471-78628-3.
- [19] LUIJF, E.; BURGER, H.; KLAVER, M. (2003): *Critical Infrastructure Protection in the Netherlands: A Quick scan*. Denmark, Copenhagen: U.E. Gattiker (Ed.), EICAR Conference Best Paper Proceedings, 19 p. ISBN 87-987271-2-5.
- [20] MILLS, L.O.; ATTOH-OKINE, N. (2014): Sustainability of civil infrastructure systems: The past, the present, and the way forward. In *International Conference on Sustainable Development of Critical Infrastructure, IC-SDCI 2014*. China: Shanghai, American Society of Civil Engineers (ASCE), 16-18 May, pp. 79-90. ISBN 978-078441347-0.
- [21] MOZGA, J.; KOVÁŘÍK, F. (2010): Několik poznámek k ochraně kritické infrastruktury. *The Science for Population Protection*, roč. 3, č. 1, s. 49 - 74. ISSN 1803-568X.

- [22] Nařízení vlády č. 432/2010 Sb. ze dne 22. prosince o kritériích pro určení prvků kritické infrastruktury, ve znění pozdějších předpisů.
- [23] NOVOTNÝ, P.; MARKUCI, J.; ŘEHÁK, D.; ALMARZOUQI, I.; JANUŠOVÁ, L. (2016): Critical Infrastructure Designation in European Union Countries: Implementation of Systems Approach. *Communications - Scientific Letters of the University of Zilina*, Vol. 18, No. 2, pp. 163-169. ISSN 1335-4205.
- [24] NOVOTNÝ, P.; MARKUCI, J.; TITKO, M.; SLIVKOVÁ, S.; ŘEHÁK, D. (2015): Practical Application of a Model for Assessing of Railway Infrastructure Elements. *Transactions of the VŠB - Technical University of Ostrava, Safety Engineering Series*. Vol. 10, No. 2, pp. 26-32. ISSN 1801-1764. ISSN 1805-3238. DOI: 10.1515/tvsbses-2015-0010.
- [25] OUYANG, M.; WANG, Z. (2015): Resilience assessment of interdependent infrastructure systems: With a focus on joint restoration modelling and analysis. *Reliability Engineering & System Safety*, Vol. 141, pp. 74-82. ISSN 0951-8320. DOI: 10.1016/j.res.2015.03.011.
- [26] PEDERSON, P.; DUDENHOEFFER, D.; HARTLEY, S.; PERMANN, M. (2006): *Critical Infrastructure Interdependency Modeling: A Survey of U.S. and International Research*. USA, Idaho: Idaho National Laboratory. 116 p.
- [27] PIDHANIUK, L. [osobní sdělení]: Odbor civilní nouzové připravenosti a strategií, generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky, Praha. Sděleno 19.2.2016.
- [28] PROCHÁZKOVÁ, D. (2012): *Bezpečnost kritické infrastruktury*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze. 318 s. ISBN 978-80-01-05103-0.
- [29] RAMPRASAD, A. (1983): On the Definition of Feedback. *Behavioral Science*. Vol. 28, No. 1. Last accessed 16 March 2012.
- [30] RINALDI, S.M.; PEERENBOOM, J.P.; KELLY, T.K. (2001): Identifying, Understanding and Analyzing Critical Infrastructure Interdependencies. *IEEE Control Systems Magazine*, Vol. 21, No. 6, pp. 11-25. ISSN 1066-033X. DOI: 10.1109/37.969131.
- [31] ŘEHÁK, D.; MARKUCI, J.; HROMADA, M.; BARČOVÁ, K. (2016): Synergistic Effect in the Critical Infrastructure System, *International Journal of Critical Infrastructure Protection*. ISSN 1874-5482 (in assessing process)
- [32] SHEWHART, W.A. (1939): *Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control*. New York: Dover. ISBN 0-486-65232-7.
- [33] Směrnice Rady 2008/114/ES ze dne 8. prosince 2008 o určování a označování evropských kritických infrastruktur a o posouzení potřeby zvýšit jejich ochranu.
- [34] SLIVKOVÁ, S. a kol.: *Definování resilience systému kritické infrastruktury*. [Průběžná zpráva projektu SP2016/99]. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, 2016. 9 s.
- [35] SPIER, R. (2002): The history of the peer-reviews proces. *Trends in Biotechnology*. Vol. 20, No. 8, pp. 357-358. DOI: 10.1016/S0167-799(02)01985-6.
- [36] ŠENOVSKÝ, M.; ADAMEC, V.; ŠENOVSKÝ, P. (2007): *Ochrana kritické infrastruktury*. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 141 s. ISBN 978-80-7385-025-8.
- [37] TAQUECHEL, E.F.; LEWIS, T.G. (2012): How to quantify deterrence and reduce critical infrastructure risk. *Homeland security affairs*, Vol. 8, No. 1. ISSN 1558-643X.
- [38] ZAHARIA, S.A. (2012): „Critical Infrastructure“ Concept's Evolution and Prospects within the Euro Atlantic Framework. *Strategic Impact*, No. 45, pp. 59-72. ISSN 1841-5784.
- [39] Zákon č. 430/2010 Sb., kterým se mění zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon), ve znění pozdějších předpisů.

# Vliv legislativních požadavků v oblasti BOZP pro malé a střední podniky

## The Influence of the Legislative Requirements of OSH for SMEs

Ing. Vladimíra Osadská

VŠB - TU Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství  
Lumírova 13, 700 30 Ostrava-Výškovice  
vladimira.osadska@vsb.cz

### Abstract

Tak ako mnohí predtým, aj ja sa zaujímam o problematiku bezpečnosti malých a stredných podnikov. Nakoľko stále existujú nedostatky nielen v národných legislatívach, ale aj snaha európskej únie cez komisiu. Ani vydaním rámcovej smernice nedošlo k zjednoteniu metodík hodnotenia rizík a ani k vývoju metodiky hodnotenia pracovných rizík pre malé a stredné podniky. V minulosti bola snaha cez projekt ARAMIS, ktorý bol však viac zameraný na prevenciu závažných havárií. Na posudzovanie pracovných rizík sa používajú metodiky vhodnejšie na technologické riziká, ktoré si hodnotitelia upravujú. Uvedomujem si, že v dnešnej dobe by nebolo rozumné hodnotiť riziká „klasicky“, a to cez upravené metodiky hodnotenia technologických rizík. Na riadkoch nižšie je zhrnuté doterajšie hodnotenie a zákony vplyvajúce na túto oblasť. Každá krajina má iné legislatívne požiadavky na podniky. Článok sa zameriava na ukázanie odlišností legislatívnych požiadavkou vo vybraných krajinách, najmä však v Českej republike.

### Klíčová slova

BOZP, legislatívne požiadavky, metódy analýzy rizík, metodiky hodnotenia.

### Abstract

Like many before us, we have also been interested in the issue of security of small and medium-sized enterprises (SMEs). The main motivation is that there are still shortcomings in not only national laws but also the effort of the European Union through the Commission. Even after the issuance of the Framework Directive, there is still no unified risk assessment methodologies, and neither the development of methodology for evaluation of occupational risks for SMEs. In the past, there was an attempt with the ARAMIS project, but this project was mainly focused on the prevention of major accidents. To assess occupational risks, there are used methodologies more suited to the technological risks that are treated by the evaluators to suit their needs. We realized that nowadays it would not be reasonable to assess risk in "classic" way through the modified methodology for the assessment of technology risks. In the paper, we summarize the existing evaluation and laws affecting this area. Each country has different regulatory requirements on businesses. The text aims to present the differences in legal requirements in selected countries, but it is mostly focused on the Czech Republic.

### Keywords

OSH, methodic, legislation requirements, methods for risk analysis.

### Introduction

Should the health protection be one of the most important elements in human life? Definitely, the answer is yes and not only in everyday life but also in the work process. This is what the European Union tries to follow in their legislations which define the essential safety requirements for nearly all kinds of human activities. Under the direction of the EU it is also OSHA (European Agency for Safety and Health at Work), seeking to ensure the highest possible level of health and safety of employees at work.

This system was particularly entrenched in the programs ESENER and ESENER2 launched in 2009 and 2014, respectively. It is also an effort to develop a tool to assist the risk assessment, especially through tools provided by Online assessment interactive risk (OiRA). Through this approach, the European Union responded to the global trend of development of preventive measures to protect health. However, in the case of Czech Republic, there are still only available hairdressing tools through OiRA until now.

Independent Czech legislation deals mainly with greater and large by entities are trying to be under scrutiny. Small and medium-sized enterprises (SMEs) are often because of the need fulfill the legal requirements on the verge of bankruptcy. Assess the current status analysis of occupational risk in these subjects.

### European Agency for Safety and Health at work (EU-OSHA)

EU-OSHA is the European Union information agency for occupational safety and health. Their work contributes to the European Commission's Strategic Framework for Safety and Health during 2014-2020 and other relevant EU strategies and programmes, such as Europe 2020. Their efforts focus to make European workplaces safer, healthier and more productive for the benefit of businesses, employees and governments. They promote a culture of risk prevention to improve working conditions in Europe. The agency issued a Framework Directive on OSH. They implemented the directive into their legislation.

Individual directives tailor the principles of the Framework Directive to:

- specific tasks - manual handling of loads,
- specific hazards at work - exposure to dangerous substances or physical agents,
- specific workplaces and sectors - temporary work sites, extractive industries, fishing vessels,
- specific groups of workers - pregnant women, young workers, workers with a fixed duration employment contract,
- specific work-related aspects - organization of working time.

Moreover, we should not forget that the single directive is relatively young. Separately and specifically, it began to take shape since the mid-80s of last century. Nowadays, most organizations take OSH for granted.

EU-OSHA's European Survey of Enterprises on New and Emerging Risks (ESENER) is an extensive survey looking at how safety and health risks are managed in European workplaces. Representatives of thousands of businesses and organisations across Europe respond to ESENER questionnaires, which focus particularly on:

- general OSH risk and how they are managed,
- psychological risks - such as stress, bullying and harassment,
- drivers of and barriers to action in OSH management,
- worker participation in OSH.

The interactive survey dashboard allows users to visualise and share ESENER data and it helps users to explore the responses to a selection of questions of ESENER in detail, by country, sector type and establishment size. On the basis of this research, it confirmed that between countries data vary significantly. Based on this observation, they have developed tools OiRA. These tools are intended to facilitate risk assessment. [1]

### Online assessment interactive risk - OiRA

OiRA is instruments web platform for risk assessment for small (micro) businesses. This project is the first initiative at EU level to support Europe's small (micro) enterprises. In the project are involved in particular Member States and social partners at EU and national level. [2]

Objectives OiRA are mainly these:

- increase the number of such enterprises in the EU that that assess and manage their business risks,
- contribute to the reduction of occupational accidents and occupational diseases,
- improve the competitiveness of enterprises.

Where can a OiRA assist?

- keep the workers healthy and motivated, employers may need to identify the risks in order to address them in a suitable way by taking appropriate preventive measures,
- it is not only a legal obligation, in accordance with European, national or local laws or in accordance with applicable collective labor agreements,
- it is paying extra attention to staff's health is worthwhile and pays off. Staff members fall ill less, and there is less staff turnover.

The reasons why OiRA is easy to use:

- it offers support to conduct the risk assessment,
- it provides adequate proven control and prevention measures. You can select what is applicable to your specific situation,
- it encourages to choose measures and set up an action plan based on the identified risks and the respective measures,
- the action plan includes the possibility to add responsibilities, deadlines and allocated budget,
- the whole risk assessment report as well as the action plan can be downloaded and printed for documentation,
- the risk assessment can be repeated with respect to former assessments and it can be adapted easily.

The registered users working with this tool are able to use the sidebar link to each region. When clicking on the area responding to the questions in advance and at the same time there is the possibility of direct verification with the legislation. That is the reason why some of the participating countries refer to this tool directly on their site. Some of them give a choice between this instrument and alternative instruments (for instance Finland, Belgium, and Norway).

The accessibility of specific tools varies from country to county. For example, in the case of hairdressing tools, the areas which could be found here are Slovakia, Poland, Germany, Austria, since they neighbour the Czech Republic. The remaining countries were selected because of provided higher levels of safety equipment.

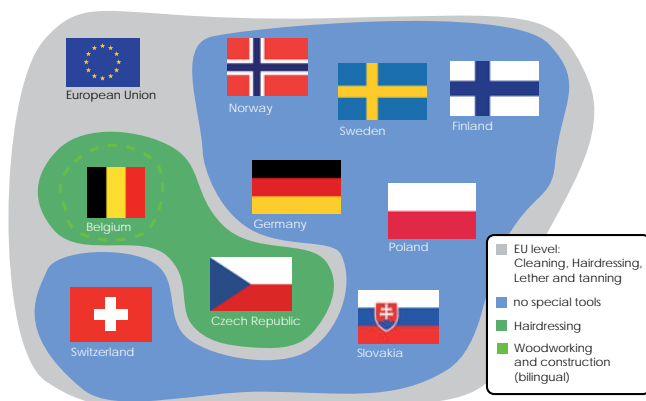


Fig. 1 The utilization of OiRA tools in selected countries

### Risk assessment methods

There are many diverse methods for risk assessment. Moreover, none of the known methods is anchored in the law. Therefore, each committee may use the one that is the most convenient for considered situation. Evaluations are recognized throughout the European Union, but national legislation differs. [15]

On the line below a list of some of the basic and most commonly used methods of risk analysis:

- Check list analysis,
- Safety audit,
- Rapid ranking,
- Relative ranking,
- Routine tests,
- What if analysis,
- FMEA (FMECA),
- HAZOP.

In the current technologized time, people started to be more considered in the development and assessment of ergonomic aspects of the workplace and they desire to eliminate the stress factors in the workplace. However, such evaluations are still under development. These are the most frequent differences between the types of used methods:

- different uses according to the size and complexity of the process,
- provide various kinds of results,
- different inner procedures subject to intensive team work and time.

Some methods follow one by another or they are overlapping, others are incomparable. The selection of method is influenced by several factors, for instance the destination and type of study, working team experience, availability of necessary information and, of course, the economic costs of the study.

### Legislation requirements

The general principles of prevention listed in the directive are the following:

- avoiding risks,
- evaluating the risks,
- combating the risks at source,
- adapting the work to the individual,
- adapting to technical progress,
- replacing the dangerous by the non- or the less dangerous,
- developing a coherent overall prevention policy,
- prioritizing collective protective measures (over individual protective measures),
- giving appropriate instructions to the workers.

The Framework Directive with its general principles continues to apply in full to all the areas covered by the individual directives, but where individual directives contain more stringent and/or specific provisions, these special provisions of individual directives prevail. [1, 2]

As an example, we chose Finland, which, although is involved in the development of OiRA tools, but it does not use them itself. It has a dual system of control as shown in Fig. 2. [3 - 5]

The dual control system similar to Finland is used in Switzerland, Austria, and Germany. Belgium is also a dual system based region, but it also has its own brochure which is recommended just like OiRA tools. [2, 6 - 8]

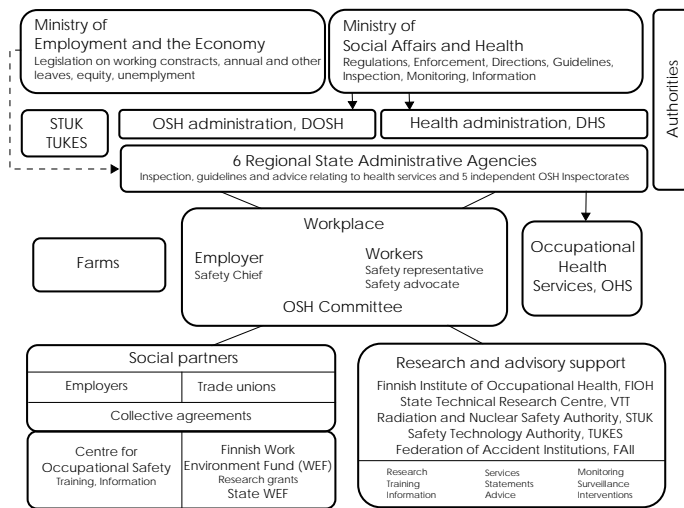


Fig. 2 OHS law enforcement authorities in the dual system of control [3]

The Czech Republic has a different system. OHS is in charge of the Ministry of Labour and Social Affairs. It has its regulatory bodies, which are presented in a simplified diagram in Fig. 3. [9, 10]

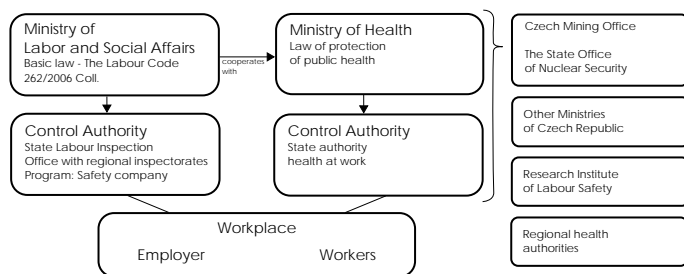


Fig. 3 Simplified diagram of the configuration of active bodies in OSH

Poland and Slovakia have a similar system as the Czech Republic. They are involved in the survey ESENER, however, they are not using OiRA tools at all. In Fig. 4, we present an example of the interconnectedness of legislation under the Basic Law, which is entrenched in the Labour Code.

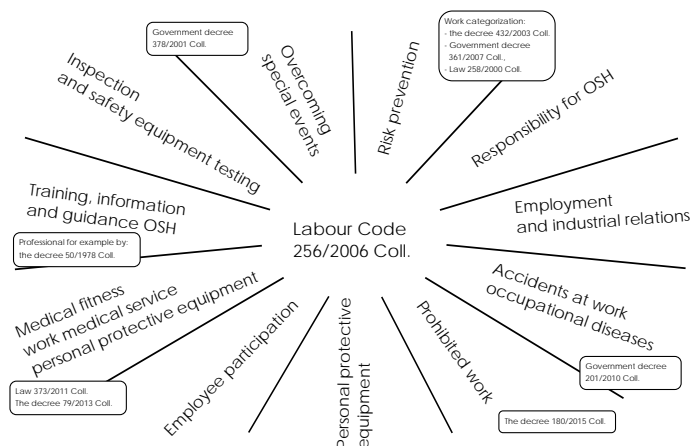


Fig. 4 Rules based map of the Labour Code

### Small and medium enterprises - SMEs

The concept of enterprise is defined in European law. Following the definition, enterprise means any entity engaged in an economic activity, regardless of its legal form (company, individuals - entrepreneurs, communities ...). [13]

It will not address the economic and business side as well as non-business activities, which may in certain circumstances also impede business as if it complies with Section 2 of Act no. 513/1991 Coll., Commercial Code, as amended. The definition of SME is also contained in Annex I to Commission Regulation no. 800/2008. The article focus on small and medium enterprises, whose primary criterion for assessing are their size, number of employees, size of annual turnover and annual balance sheet (asset size). [14, 15]

In addition to SME, there is also the definition of micro and large enterprises. Tab. 1 shows the distribution of these enterprises.

Tab. 1 The size categorization of enterprises (guide for applicants and beneficiaries - Integrated Operational Programme) [13]

Number of employees	annual turnover	Annual balance sheet	enterprise category
< 10	≤ 2 million. EUR	≤ 2 million. EUR	microenterprise
< 50	≤ 10 million. EUR	≤ 10 million. EUR	small business
< 250	≤ 50 million. EUR	≤ 43 million. EUR	SME

Small and medium-sized enterprises make up almost 99 % of all enterprises in the EU. This accounts for approximately two thirds of jobs in the private sector and contributes more than a half of the total value-added produced by all enterprises in the EU. This type of business operates mainly at national level. However, despite this fact, they are affected by EU legislation in various fields. Each type of business has specific advantages and disadvantages.

#### Advantages:

- the speed of response to changes,
- innovation,
- creating new jobs,
- resistance to the market downturn and the economy,
- the speed of adoption of business decisions.

Moreover, SMEs are much more scoped to creating confidential relationship.

#### Disadvantages:

- High labor intensity and less favorable working conditions,
- no advantage of scale,
- smaller funds for promotion and advertising of products or services,
- state funding.

Perfectly for inclusion of establishments in these categories is necessary to determine whether the enterprise is:

- independent,
- partner,
- linking.

Therefore, we must take account all of the relationships that company has with other companies. This question is important for providing information on the size of the company in an effort to gain support for the development from the European Union. Moreover, this information is important for the classification of commitment into the correct size category. [13 - 15]

### Future development

In our opinion, one of the major problems with risk evaluation is based on large subjective assessment. Therefore, further work will deal with the possibility of elimination of at least partial subjective evaluation during the process. We have already started with FMEA and its ability to interface with the statistical method DEA. Our work will continue on also in the dissertation. We will focus on simplifying the legislative requirements for small and medium-sized enterprises. Case studies will try to draw attention to the inadequacy certain requirements of, which difficult fulfill these companies.

### Conclusion

As you can see from the paper, national legislations differ. They are partly based on EU directives, but they still vary from country to country to be adjusted to the conditions of the specific needs of the region. Moreover, national OiRA tools are also quite different. Not all countries are equally treated. The problem (the question) is whether it would be appropriate to create a unified assessment methodology for SMEs to provide more competitiveness. Of course, not only on the European level but also at national level. However, this way is based on the principal that there is no large nuances of meaning clear.

### Acknowledgements

*This article was written in connection with student project Development tool risk assessment OHS, reg. no. SP2016/105. Author would like to express her special thanks to prof. Dr. Ing. Aleš Bernatík (VŠB - TU Ostrava) for supervising the work.*

### References

- [1] European Agency for Safety and Health at work.: *European Agency for Safety and Health at work* [online]. [cit. 2016-01-17]. Dostupné z: <http://www.osha.europa.eu/en>.
- [2] Online assessment interactive risk.: *OiRA* [online]. [cit. 2016-02-01]. Dostupné z: <http://www.oiraproject.eu/oira-tools>.
- [3] Ministry of Social Affairs and Health FINLAND. *OiRA* [online]. [cit. 2016-06-01]. Dostupné z: <http://stm.fi/en/frontpage>.
- [4] The Centre for Occupational Safety [online]. [cit. 2016-06-07]. Dostupné z: <http://www.ttk.fi/en>.
- [5] The Central Organisation of Finnish Trade Unions [online]. [cit. 2016-06-07]. Dostupné z: <http://www.sak.fi/english>.
- [6] Service public federal emploi, travail et concertation sociale BeSWIC [online]. [cit. 2016-06-08]. Dostupné z: <http://www.beswic.be/fr>.
- [7] SECO - State Secretariat for Economic Affairs [online]. [cit. 2016-06-09]. Dostupné z: <https://www.seco.admin.ch/seco/en/home.html>.
- [8] SUVA insurance plus [online]. [cit. 2016-06-09]. Dostupné z: <http://www.suva.ch/english/startseite-en-suva.htm>.
- [9] Ministry of the interior of the Czech Republic [online]. [cit. 2016-06-10]. Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/mvcren/>.
- [10] Státní úrad inspekce práce [online]. [cit. 2016-06-11]. Dostupné z: <http://www.suip.cz/informacni-materialy/bezpecnost-prace/>.
- [11] Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v.v.i. [online]. [cit. 2016-06-12]. Dostupné z: <http://www.vubp.cz>.
- [12] BERNATÍK, A.: *Prevence závažných havárií I*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006. ISBN 80-86634-89-2.
- [13] European Union Agency for Network and Information Security [online]. [cit. 2016-06-12]. Dostupné z: <https://www.enisa.europa.eu/topics/threat-risk-management/risk-management/approaches-for-smes/infosec-smes/pilot-study>.
- [14] Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs [online]. [cit. 2016-06-13]. Dostupné z: [http://ec.europa.eu/growth/smes/business-friendly-environment/sme-definition/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/growth/smes/business-friendly-environment/sme-definition/index_en.htm).
- [15] OECD, Statistics portal, SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES (SMES) [online]. [cit. 2016-06-14]. Dostupné z: <https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=3123>.



# Specifikace faktorů ovlivňujících cenu informačního systému v rámci poskytování pojištění proti kybernetickému riziku

## Specifications of Factors Affecting the Price Information System in the Context of Providing Insurance against Cyber Risk

Lukáš Pavlík

Univerzita Tomáše Bati, Fakulta aplikované informatiky  
Nad Stráněmi, 4511, 760 05 Zlín  
lpavlik@fai.utb.cz

### Abstrakt

Článek pojednává o problematice pojištění informačních systémů proti kybernetickému riziku. V první části je specifikována oblast pojištění proti kybernetickému riziku a vymezení důležitosti a aktuálnosti této problematiky. Druhá část textu je zaměřena na specifikaci faktorů, které mohou mít vliv na utváření hodnoty informací v informačním systému. Na závěr je formou diskuse provedeno shrnutí problematiky s nástinem možného budoucího vývoje.

### Klíčová slova

Kybernetické pojištění, riziko, informace, hodnota, faktor, zisk, újma.

### Abstract

The article discusses the issue of insurance information systems against cyber risk. The first part is specified by the insurance against cyber risk and defining the importance and urgency of this issue. The second part is focused on the specification of the factors that may affect the formation of the value of information in the information system. Finally, it is a discussion sums up the problems with an outline of possible future developments.

### Keywords

Cyber insurance, risk information, the value factor, gain, loss.

### Úvod

Pojištění proti kybernetickému riziku je v současné době celosvětovým trendem, kterému je třeba věnovat zvýšenou pozornost. Čím dál častější a sofistikovanější kybernetické útoky na soukromou i veřejnou sféru jsou důkazem toho, že informační systémy jsou jedním z hlavních aktiv organizace. Informace je dnes velmi cenná komodita, se kterou je možné obchodovat stejně, jako jakýkoliv jiným typem zboží. Pro podnikovou sféru, je samozřejmě velmi důležité, aby si svá podniková data chránila, jelikož představují know-how každého podniku.

Oblast pojištění informačních systémů proti kybernetickému riziku propojuje více vědeckých disciplín. Je tedy třeba, aby se na tento vědní obor nahlíželo jako na kombinaci informatiky, ekonomie, financí a práva. Nejedná se tudíž pouze o otázku technickou, jak by se mohlo na první pohled zdát ale o interdisciplinární oblast vědeckého zájmu.

Rozšířenost a zájem o tuto oblast se v různých oblastech světa liší. V USA, Německu a Velké Británii se jedná již o běžný produkt na pojistném trhu, zatímco ve střední a východní Evropě je tato problematika teprve na pomalém vzestupu. Tato situace je způsobena tím, že vznik oblasti pojištění informačních systémů, má své kořeny právě v západní části světa, především v USA. Seznam pojišťoven a pojistných produktů, zaměřených na oblast kybernetické bezpečnosti v celosvětovém kontextu, je uveden v tab. 1.

Tab. 1 Seznam pojišťoven nabízejících pojištění proti kybernetickému riziku

Společnost	Produkt kybernetického pojištění
ACE	Dataguard Advantage
Aegis	Cyber Resilience
Aegis	Cyber Resilience+
AIG	CyberEdge
Allianz	Cyber Protect
Ascent Underwriting	CyberPro
Aspen	ARML
Aviva	Cyber Cover
Axis	PRO PrivaSure
Barbican	eRisk
Beazley	Beazley Breach Response
Brit	Global Cyber, Privacy & Technology (GCPT)
Canopus	Cyber Liability
Chubb	Cyber Security
Hartford Munich Re	Cyber One
Hiscox	E-Risks
Liberty Mutual	Liberty Mutual Data Compromise CyberOne™ Endorsements LIU Tech, Data and DataPro Insure™
JLT	Instangibles protection insurance plus (iPi+)
Markel	Privacy, data-breach and electronic risks (PDE)/ComTech
Marsh	Cyber Gap Insurance
QBE	Cyber Response
Swiss Re CRS	Cyber risk protection
Travelers	Cyber First/CyberRisk
Verisk	ISO Businessowners Program
Willis	FINEX Global Cyber Cover
XL Catlin	Cyber and Data Protection
Zurich Insurance UK	Cyber Protect

Při poskytování pojištění proti kybernetickému riziku, je samozřejmě klíčovou oblastí metodický postup hodnocení informačních systémů. Tato problematika je také předmětem mé disertační práce. Specifikovat faktory, které přímo ovlivňují cenu informačního systému, není snadná záležitost. Do procesu hodnocení vstupuje velké množství vlivů, které musí být zahrnuty v metodickém postupu hodnocení. Je ale nutné se zabývat pouze těmi faktory, které jsou nezbytné pro objektivní hodnocení informačního systému a ty redundantní vyloučit. Z mého provedeného výzkumu lze sestavit následující postup pro stanovení ceny informačního systému, který může být použit jako platforma pro vývoj metodického postupu. [3, 4]

### 1. Specifikace citlivých dat a jejich doba expozice

V této části analýzy postupu hodnocení, je nutné si odpovědět na následující otázky:

- **Jaký druh informací organizace vlastní?**
- **Kde jsou data uložena?**
- **Kdo má k datům přístup?**
- **Kdo by k datům měl mít přístup?**

#### a) *Jaký druh informací organizace vlastní?*

Zde je třeba definovat, co jsou pro organizaci citlivá data. Mohou to být samozřejmě různá know-how, v podobě technologických a výrobních postupů. Stejně tak to ale mohou být osobní údaje a zaměstnancích. Pokud by někdo neoprávněně zneužil osobní data, týkající se osob, zaměstnaných v organizaci, mohlo by to mít neblahé dopady na ochranu jejich identity. [3]

#### b) *Kde jsou data uložena?*

V této části posouzení je důležité, na jakém místě jsou data uložena. Zde bude hrát roli, jakým způsobem je zajištěno jejich uložení. Bude záležet na tom, zda organizace vlastní server, na kterém jsou data uložena nebo jestli se jedná o vzdálený server, který je provozován prostřednictvím outsourcingu. Také zde bude důležité zjistit, jestli jsou data ukládána centralizovaně, tedy jejich uložení je soustředěno na jednom místě anebo si jej každé pracoviště (oddělení) ukládá zvlášť. Tedy pokud je ve firmě např. osm oddělení, pak bude existovat osm uložišť dat. [3]

#### c) *Kdo má k datům přístup?*

Zde je třeba analyzovat a posoudit režimová opatření, která jsou v dané organizaci zavedena. Bude samozřejmě záležet na přidělených oprávněních a způsobech zabezpečení přístupu k citlivým informacím. Také je nutné provést analýzu stávajících bezpečnostních opatření, která souvisí s přístupem k datům. Jestli jsou např. data uložena na konkrétním místě (server) a v konkrétní místnosti. Tedy zde by mohlo být např. režimové opatření, v podobě zabezpečeného elektronického vstupu, který by byl realizován např. prostřednictvím čipové karty nebo zadáním bezpečnostního kódu. Pokud by měl každý útvar v organizaci uložen svá data zvlášť, pak by mohlo být režimovým opatřením nastavení uživatelského jména a hesla do databáze počítače každého oddělení. [3, 5]

#### d) *Kdo by k datům měl mít přístup?*

U této otázky je důležité si odpovědět na to, zda současná přidělená práva osob, týkající se jejich přístupu k datům, jsou relevantně přidělena. Je také důležité si uvědomit, zda by neměly mít přiděleny přístupové údaje i další osoby, které v současné době tento přístup povolen nemají apod. [3]

Výsledkem provedené analýzy, týkající se specifikace citlivých dat, by mělo být získání podkladů, které by měly být použity pro další postup, týkající se hodnocení informačního systému a stanovením jeho skutečné hodnoty. Samozřejmě, že problematika specifikace citlivých dat, je pouze jedna část celého metodického postupu. I když jsou data tím nejcennějším, co firma vlastní, přesto je třeba se zaměřit také na jiné oblasti v organizaci, které mají přímý vliv na hodnotu informačního systému. [3]

#### **Složitost organizace**

Do skupiny složitost organizace je třeba zařadit oblasti, které přímo souvisí se stanovením výše pojistného krytí. Tato částka, která je stanovena na základě analýzy této skupiny, by měla pokrýt hlavní náklady na obnovení systému a finanční vyrovnání hodnoty ztracených nebo poškozených dat. Mezi hlavní oblasti, týkající se této problematiky, patří:

- **Obraty**
- **Zaměstnanci**
- **Hardware**
- **Software**

#### a) *Obraty*

Obrat lze definovat jako množství finančních prostředků, které jsou přijaty ekonomickým subjektem za konkrétní období. Např. u obchodníka je to souhrn toho, co zákazníci zaplatili za zboží. Podle výše obratu za určité období, lze tedy usoudit, o jak velkou částku by firma přišla. Podle této částky lze tedy stanovit přibližnou hodnotu pro pojistné krytí daného informačního systému. [5]

#### b) *Zaměstnanci*

Ve skupině zaměstnanci je třeba vycházet ze skutečného počtu zaměstnanců, který je v organizaci k dispozici. Při určení hodnoty, kterou každý zaměstnanec vložil do práce s každým dokumentem, je velmi složité vycházet relevantních údajů. Výsledkem by měla být hodnota, která se co nejpřesněji blíží skutečné hodnotě, kterou zaměstnanec svou prací do dokumentu vložil. Jednou z možností, která může být použita jako výchozí postup, pro stanovení tohoto kritéria, je následující vzorec:

$$\text{Hodnota dokumentů vložená zaměstnanci} = t \cdot C_z$$

kde

$t$  čas strávený zaměstnanci na tvorbě dokumentů,

$C_z$  průměrné náklady na práci zaměstnanců.

#### **Čas strávený zaměstnanci na tvorbě dokumentů**

Určení času, stráveného zaměstnanci na tvorbě dokumentů, je většinou stanovený na dobu pěti let. Je to z toho důvodu, že pět let je nejběžnější skartační doba, pro dokumenty v organizaci. [5]

#### **Průměrné náklady na práci zaměstnanců**

Jedná se výši hodinové mzdy, která je určena pro práci zaměstnance ve firmě.

Z výše navrženého vzorce lze zjistit přibližnou hodnotu, která je ukazatelem hodnoty informací a dokumentů, se kterými zaměstnanci za uplynulou dobu v organizaci pracovali. Hodnota informací je tedy do určité míry relativní, nicméně je možné tento způsob ocenění aktiv v organizaci použít tak, aby bylo dosaženo hodnoty, se kterou je možné pracovat dále.

#### c) *Hardware*

Do oblasti hardware lze zařadit v tomto případě nejen počítače a jejich příslušenství, ale také jakékoliv strojní a technické vybavení, které souvisí s informačním systémem organizace. V této skupině lze vypočítat tzv. ušlý zisk, který je indikátorem hodnoty, o kterou organizace přišla za určité časové období. Ušlý zisk může nastat např. vlivem vyřazení nebo narušení informačního systému na určitou dobu. Za tuto dobu, kdy informační systém nefunguje, může být narušena výrobní kapacita, což může vést ke ztrátě firmy. Z těchto faktorů, lze sestavit následující vzorec, pro stanovení hodnoty aktiv:

$$\text{Ušlý zisk} = C_z + C_v + O$$

kde

$C_z$  průměrné náklady na práci zaměstnanců,

$C_v$  ušlý výnos za výrobky, které nebyly vyrobeny,

$O$  odpis majetku.

#### **Průměrné náklady na práci zaměstnanců**

Tato položka je již charakterizována v předchozí podkapitole zaměstnanci.

#### **Ušlý zisk za výrobky, které nebyly vyrobeny**

K této situaci může dojít v tom případě, že organizace má nastavený určitý počet výrobků, který musí vyrobit za přesně stanovenou časovou jednotku. V případě vyřazení nebo narušení informačního systému, je narušena také funkce výroby. Tato situace může vyústit v ušlý výnos, který je také důležitou položkou, při stanovení celkové hodnoty ušlého zisku. [3]

## Odpis majetku

Pokud dojde k narušení informačního systému, jehož důsledkem je i narušení výroby např. na výrobní lince, je potřeba do ušlého zisku započítat také odpisy daného stroje, který je vyřazen mimo provoz. Tato hodnota vyjadřuje cenu daného aktiva pro konkrétní časový údaj. [5]

### d) Software

Do kategorie software je možné zařadit veškeré programové vybavení, které vlivem narušení funkce informačního systému, může být smazán nebo nevratně modifikován. Oblast software lze poměrně snadno ohodnotit díky pořizovacím nákladům, které slouží jako podklad pro ohodnocení této kategorie. [5]

## Závěr

Stanovení ceny informačního systému a informací, které jsou do něj vloženy, je velmi složitý proces. Určení všech klíčových faktorů s následným přiřazením hodnot je do jisté míry subjektivní. Lze ale konstatovat, že informace jsou stejně měřitelnou veličinou, jako např. fyzikální zákony a proto je možné objektivně stanovit jejich hodnotu. Tato hodnota by měla sloužit jako podklad nejen pro organizaci samotnou, ale také pro pojišťovny, které by se rozhodly, poskytnout dané firmě pojištění proti kybernetickému riziku. Pro stanovení ceny informačního systému, se obvykle používají tzv. metodiky in-house. Jedná se o metody, které byly vyvinuty konkrétní společností a jejichž aplikace je určena výhradně pro tuto organizaci. Tyto metodiky jsou většinou kombinací již existujících nástrojů a postupů, které mohou poskytnout relevantní údaje o informačním systému. Jedná se např. o metriky typu COBIT v kombinaci s frameworkem NIST, který byl vyvinut pro hodnocení kritické infrastruktury, z pohledu kybernetické bezpečnosti, v USA. Závěrem lze říci, že problematika pojištění informačních systémů proti kybernetickému riziku je trendem, který se v důsledku stále častějších kybernetických útoků, stává čím dál více důležitějším oborem. Z mého dosavadního výzkumu vyplývá, že většina firem a institucí je spíše zaměřena na prevenci, než na řešení důsledků a minimalizaci škod, vzniklých realizací rizika. Na jednu stranu je to dobře, že prevence je brána jako jeden z hlavních pilířů, jak předcházet nežádoucím událostem, spojených s informačním systémem organizace. Na druhou stranu je ale také třeba počítat s tím, že prevence může být nedostačující a může dojít k ohrožení informačního systému i informací, které jsou do něj vloženy. Tato oblast může efektivně vyřešit právě pojištění proti kybernetickému riziku, prostřednictvím kterého může organizace překlenout období mezi krizí, způsobenou narušením činnosti informačního systému a znovunastolením rovnováhy, díky které bude informační systém opět stabilní a bezpečný. [1, 2]

## Použitá literatura

- [1] ŠATAVA, J.: *Implementace směrnice řídící fyzickou bezpečnost počítačové sítě v prostředí státní správy*. Zlín, 2015. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Lubomír Macků, Ph.D.
- [2] NIST Cybersecurity Framework [online]. USA, 2015 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://www.nist.gov/cyberframework/>.
- [3] AIG, Cyber Edge [online]. 2015 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <https://www.aig.cz/pojisneni-pro-firmy/business-categories/pojisneni-financnich-rizik/pojisneni-kybernetickych-rizik-cyberedge>.
- [4] Allianz, Cyber Protect [online]. 2016 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <http://www.agcs.allianz.com/services/financial-lines/cyber-insurance/>.

- [5] JARKOVSKÝ, A.: *Pojištění kybernetických rizik*. Systém Online [online]. Praha, 2014, (2), 3 s. [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <http://www.systemonline.cz/it-security/pojisneni-kybernetickych-rizik.htm>.
- [5] CARLY, J.: *10 key facts you need to know about cyber insurance*. *We live security* [online]. USA, 2015, , 3 s. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [http://www.welivesecurity.com/2015/10/14/10-key-facts-need-know-cyber-insurance/?utm\\_source=feedburner&utm\\_medium=feed&utm\\_campaign=Feed%3A+eset%2Fblog+%28ESET+Blog%3A+We+Live+Security%29](http://www.welivesecurity.com/2015/10/14/10-key-facts-need-know-cyber-insurance/?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+eset%2Fblog+%28ESET+Blog%3A+We+Live+Security%29).
- [6] Cyber risk insurance. Tennant Risk Services [online]. USA, 2016 [cit. 2016-04-09]. Dostupné z: [http://www.tennant.com/insurance/products\\_cyber.php](http://www.tennant.com/insurance/products_cyber.php).
- [7] Cyber insurance for small business. Munich Re [online]. Mnichov, 2016 [cit. 2016-04-09]. Dostupné z: <https://www.munichre.com/HSB/cyber-insurance/index.html>.
- [8] LEIGH, T.; FINKLE, J.: *Insurers struggle to get grip on burgeoning cyber risk market*. Reuters [online]. USA, Boston, 2014 [cit. 2016-04-11]. Dostupné z: <http://www.reuters.com/article/us-insurance-cybersecurity-idUSKBN0FJ0B820140714>.

# Požární zkouška hašení směrovaným proudem plynu z rozvodu SHZ

## Fire Extinguishing Test of Directed Gas Flow from Fixed Fire Extinguishing System

Ing. Pavla Pechová, Ph.D.

doc. Ing. Bohumír Garlík, CSc.

ČVUT v Praze, Fakulta stavební  
Thákurova 7, 166 29 Praha 6  
pavla.pechova@fsv.cvut.cz

### Abstrakt

Príspevek je zaměřen na požární zkoušky, ve kterých bylo vyzkoušeno hašení směrovaným proudem dusíku. Byly provedeny 3 zkoušky pro třídu požáru C (metan). Pro účely požární zkoušky byl vytvořen zmenšený model místnosti s okenním a dveřním otvorem a klopná hasicí tryska umístěná v úrovni stropu. V úrovni podlahy bylo u každé zkoušky umístěno jedno ohnisko požáru, představované Bunsenovým kahanem. Ohnisko požáru se nachází v takové pozici, že hasicí tryska musí být sklopena o úhel 26° vůči stropu. Zkoušky se od sebe lišily použitým tlakem hasicího plynu. Sledovanými parametry při požární zkoušce byla teplota nad plamenem, teplota v rohu místnosti, koncentrace kyslíku u ohniska požáru a koncentrace kyslíku v rohu místnosti.

### Klíčová slova

Požární zkouška, hašení dusíkem, hašení směrovaným proudem dusíku, hoření metanu.

### Abstract

This article is focused on fire tests where extinguishing by directed nitrogen flow were tested. Three tests for class C (methane) fires were performed. A scale model of a room with a window and a door opening and a tilting extinguishing nozzle mounted at the ceiling level were created for the purpose of fire tests. Source of the fire represented a Bunsen burner were placed at the floor level in each test. A fire source is located in such position that the extinguishing nozzle has to be tilted by an angle of 26° to the ceiling. The flame temperature, the temperature in the corner of the room, the oxygen concentration at the fire source and the oxygen concentration in the corner were monitored parameters during the fire tests.

### Keywords

Fire test, extinguishing by nitrogen, extinguishing by directed gas flow of nitrogen, methane burning.

### Úvod

Plynové hasicí látky využívají dva různé způsoby, kterými může být požár uhašen. Prvním je inertizace prostoru, kdy je obsah kyslíku snížen na minimální koncentraci potřebnou pro hoření, druhým je zásah do chemických reakcí hoření.

Jedním z nejučinnějších plynových hasiv byl halon 1301, ale kvůli negativnímu dopadu na životní prostředí, především na ozónovou vrstvu, je dle Montrealského protokolu nahrazován jinými hasicími látkami. [10] Dobrou alternativu k halonu 1301 poskytují dusík nebo směsi dusíku jakými jsou například IG-55 (50 % dusík, 50 % argon), nebo IG-541 (52 % dusík, 40 % argon, 8 % oxid uhličitý). [11] Vliv dusíku na plamenné hoření metanu je představeno například v práci [12]. Plynové hasicí látky jsou většinou používány tam, kde použití vody, vodní mlhy, či práškových hasiv není možné, nebo by mohlo způsobit škody (muzea, serverovny atd.).

**Minimální koncentrace kyslíku**, v literatuře často označovaná jako MOC (odvozené z anglických slov Minimum Oxygen Concentration), je koncentrace kyslíku ve vzduchu, kdy již hoření hořlavých látek neprobíhá. Pokud je množství kyslíku v prostoru při požáru sníženo pod tuto hranici, hoření již dále nemůže pokračovat a požár ustává. Kyslík v prostoru je redukován pomocí inertních plynů, a to tak, že dochází k jeho vytlačování a nahrazování inertním plynem.

Obecně lze říci, že minimální koncentrace kyslíku musí být v prostoru snížena pod 15 %. [14] V místnostech vybavených hypoxickými systémy pro požární ochranu, kde je koncentrace kyslíku snížena na 17,0 - 14,8 % je lidské tělo vystaveno podobným vlivům jako při pobytu v nadmořské výšce kolem 1700 - 2600 m, což je zároveň výška, kdy tělo vykazuje první reakce na hypoxii. Lidské tělo reaguje již na nadmořskou výšku 1500 m mírným zvýšením tepové frekvence v klidu. Při některých běžných činnostech jsou lidé vystaveni dokonce vyšším nadmořským výškám, např. lyžování (Evropa do 3800 m.n.m), silniční doprava (Evropa téměř 3000 m) nebo letecká doprava. Za normálních okolností se každý, včetně těhotných žen a dětí, bude cítit i v těchto nadmořských výškách dobře. Výjimku tvoří pouze lidé, kteří mají zdravotní problémy. [15]

V současné době je princip funkce plynových stabilní hasicí zařízení (SHZ) založen na aplikaci hasiva do celého požárem zasaženého prostoru, a v tomto celém prostoru je snaha vytvořit takové podmínky, aby hoření nemohlo dále pokračovat. Případně se jedná o technologická SHZ. V tomto článku je představena požární zkouška lokální aplikace hasiva z rozvodu SHZ.

Aby bylo možné požární zkoušku provést, bylo nutné zajistit místnost s požárem a hasicím zařízením, které by umožňovalo směřovat hasivo. Pro účely požární zkoušky byl vytvořen zmenšený model místnosti a bylo sestaveno zařízení, které umožňovalo směřovat hasivo na předem určenou pozici ohniska požáru. Detekce ohniska požáru nebyla předmětem zkoušky.

### Cíl požární zkoušky

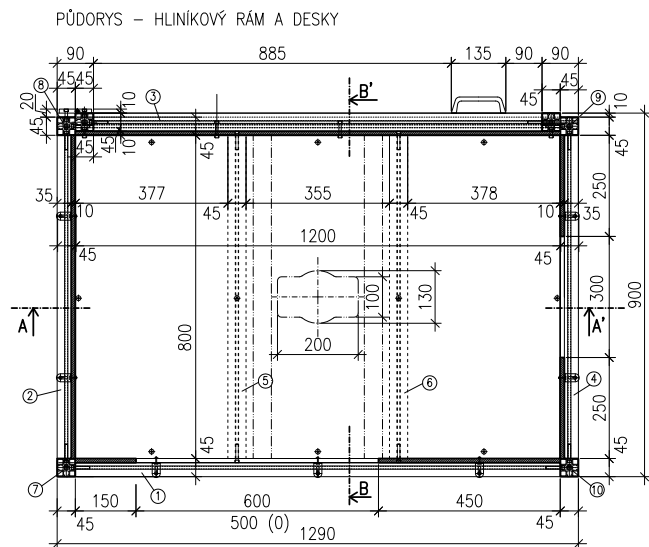
Cílem požární zkoušky bylo potvrdit nebo vyvrátit, zda je možné lokalizovaný požár uhasit směrovaným proudem hasicího plynu z rozvodu SHZ. Dále zjistit jakým způsobem k uhašení dochází. Jestli se například potvrdí hypotéza, která předpokládá uhašení na základě dusivého efektu hasicí látky tj. koncentrace kyslíku u kahanu poklesne pod minimální koncentraci, zatímco koncentrace kyslíku v rohu místnosti se změní minimálně. Další hypotéza se týkala průběhu teplot nad plamenem, kde byl předpoklad, že termočlánek, který je nejbližší kahanu bude vykazovat nejvyšší naměřené teploty. Termočlánek s rostoucí vzdáleností od kahanu, budou vykazovat teploty postupně klesající. Termočlánek v rohu místnosti budou vykazovat nárůst teplot se zpožděním.

### Zmenšený model místnosti

#### Geometrie

Byl navržen a sestaven model místnosti o vnitřních rozměrech 1,2 x 0,8 x 0,8 m. Na nosnou konstrukci bylo použito hliníkových profilů Alutec 45 x 45 mm. Profily Alutec byly zakoupeny jako 6-ti metrové tyče a napeřeny a začištěny v dílně eForce. Profily tyčí byly k sobě navzájem přišroubovány. Hliníková konstrukce tvoří nosný rám, na který byly uchyceny stěny v podobě desek Promatec-H.

Byly použity desky Promatec-H v jednotné tloušťce 10 mm a s třídou reakce na oheň A1. Rám podlahy a stropu byl navíc opatřen dalšími 2 profily, které ztužují rám v podélném směru. U stropu tyto přidávané profily tvoří pomocnou konstrukci, na kterou bylo uchyceno zařízení, představující směrovatelnou trysku. Na stěny bylo použito 6 desek Promatec-H. Jejich uchycení bylo provedeno pomocí šroubů a matic, které byly podloženy karosářskými podložkami. V jedné desce byl navržen otvor představující okno 0,6 x 0,5 m, ve druhé desce byl navržen otvor představující dveře 0,3 x 0,6 m. Jak si lze povšimnout, také rozměry otvorů byly zmenšeny úměrně k rozměrům místnosti. Oba otvory byly ponechány bez výplně. Do třetí desky bylo potřeba vyříznout otvor pro konstrukci zařízení představující trysku. Protože navržená konstrukce trysky neměla pravidelný tvar, také otvor v desce Promatec-H nebyl pravidelných pravoúhlých tvarů, proto bylo nutné k jeho vyříznutí použít vodní paprsek. Všechny otvory do desek byly nařezány v závodu firmy Promat v Lovčicích.

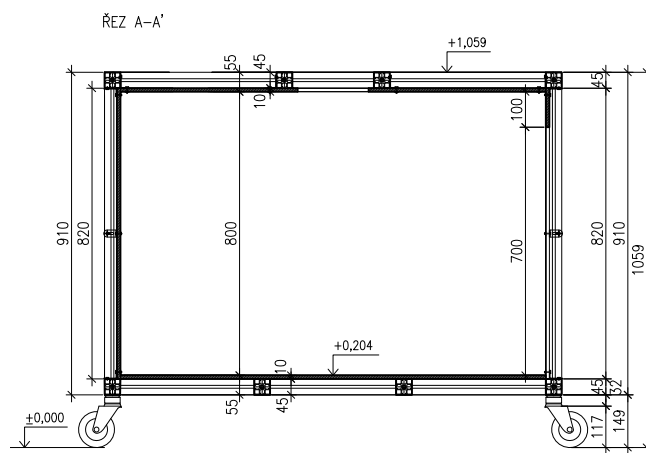


Obr. 1 Půdorys zmenšeného modelu místnosti

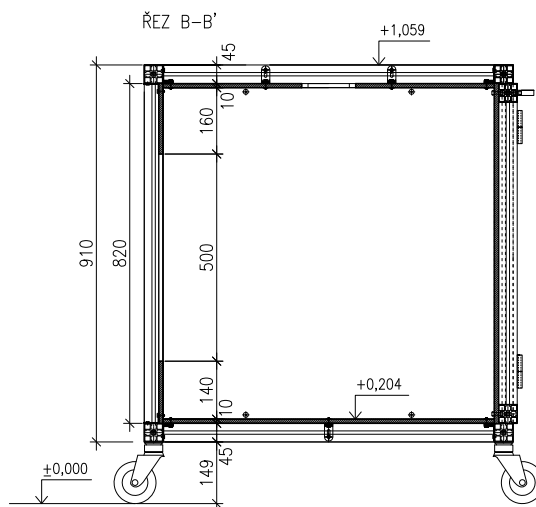


Obr. 2 Fyzický zmenšený model místnosti

Pro snadnější manipulaci byl vytvořený model místnosti umístěn na otočnou aretovatelná kolečka, která byla přišroubována k nosnému rámu modelu. Aby byl snadnější přístup do vnitřní části modelu, byla celá zadní strana (strana bez otvoru) navržena jako otevíravá s 2 panty na kratší straně desky. Otevíravá část je z vnější strany opatřena přišroubovaným plastovým madlem.



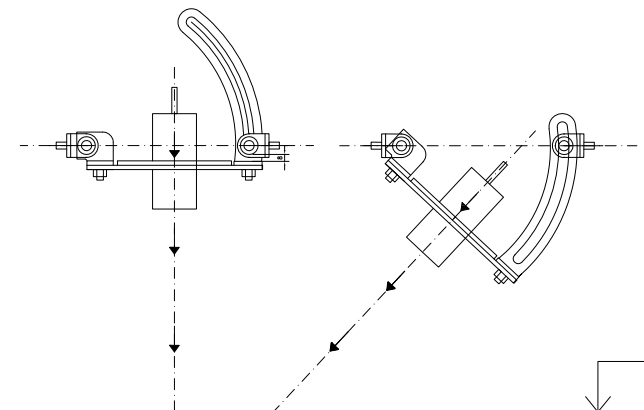
Obr. 3 Řez A-A' modelem místnosti



Obr. 4 Řez B-B' modelem místnosti

### Hasicí zařízení (tryska)

Bylo navrženo a smontováno zařízení, které pro účely požární zkoušky představuje hasicí trysku. Navržené zařízení je klopné v 1 směru v rozsahu 0 - 43°. Tryska je tvořena trubkou s přivařenou deskou. K hliníkovým profilům v úrovni stropu je přišroubována na 4 místech (v rozích desky přes ohyby dané desky). Místa uchycení, které jsou přišroubovány ke stejnému hliníkovému profilu, jsou vzájemně spojeny závitovou tyčí. Jedna ze závitových tyčí slouží jako osa klopení této trysky. Pomocí druhé závitové tyče lze nastavit úhel naklonění. Schéma dvou hraničních pozic trysky je na obr. 5, kde šipky naznačují směr proudění hasiva.



Obr. 5 Princip směřování (klopení) hasicího zařízení pro účely požární zkoušky

## Zdroj požáru

Primárně byla zkouška zaměřena na zdroj požáru představovaný hořlavým plynem (metanem) tj. třídu požáru C a jeho hašení hasicím plynem (dusíkem). Dále byly provedeny zkoušky s hořlavou kapalinou (technický lih) a hořlavou pevnou látkou (dřevěná hranice). V tomto článku jsou představeny pouze 3 zkoušky s hořlavým plynem, kdy ohnisko požáru představované Bunsenovým kahanem se nachází pouze v jedné pozici v rámci zmenšeného modelu místnosti. Bunsenův kahan má spodní část opatřenou otočnou částí s kruhovými otvory, která reguluje množství vzduchu, se kterým se metan mísí (předmíchaná směs). Jelikož jsme požadovali, aby docházelo ke směšování metanu se vzduchem až u ústí kahanu, byla tato spodní otočná část zaslepena lepicí páskou.

Jako zdroj metanu byla použita 50 litrová (vodní objem) tlaková nádoba o tlaku 200 barů. Tlak je možné pomocí redukčního ventilu regulovat v rozsahu 0 až 3 bary, čímž se také reguluje hmotnostní průtok. Metan byl veden přes plovákový průtokoměr a byl manuálně regulován, aby byla udržována konstantní požadovaná hodnota hmotnostního průtoku na  $0,02 \text{ g}\cdot\text{s}^{-1}$ , čemuž přibližně odpovídá výkon požáru o velikosti 1 kW.

## Zdroj hašení

Pro účely hašení byla použita 50 -ti litrová tlaková nádoba s dusíkem třídy čistoty 4.0 a s vnitřním tlakem 200 barů. Pro možnost regulace tohoto tlaku byl použit redukční ventil pro dusík s rozsahem 0 - 16 barů. Během prováděných požárních zkoušek se měnil výstupní tlak proud dusíku: 1 bar (zkouška označena 3C); 1,5 baru (zkouška označena 3B) a 2 bary (zkouška označena 3A). Dusík byl veden od tlakové nádoby hadicí o průměru 6 mm až k hasicí trysce. Délka hadice byla přibližně 2 metry.

## Sledované parametry a měřicí zařízení

Během požární zkoušky byly sledovanými parametry teplota nad plamenem, teplota v rohu místnosti, koncentrace kyslíku u ohniska požáru a koncentrace kyslíku v rohu místnosti.

## Podmínky při měření

Zkouška probíhala v požárně technické laboratoři v Centru stavebního inženýrství (CSI a.s.) v Praze Hostivaři. Místnost požárně technické laboratoře byla čerstvě po rekonstrukci a během požární zkoušky probíhaly ještě dokončovací práce (místnost nebyla uzavřena, což mohlo ovlivnit průběh zkoušek, především dynamiku proudění).



Obr. 6 Umístění modelu v laboratoři

Zkoušený model místnosti byl v laboratoři umístěn do prostoru ohraničeného nehořlavými (kovovými) stěnami a s horní částí zakrytou zvonem s odtahem. Během zkoušek nebyl odtah spuštěn, aby nedocházelo k ovlivnění výsledků experimentů. Požární zkouška proběhla v září (14.9.2015), a tomu také odpovídaly podmínky při měření. Pomocí přístroje Testo 400 byla v požární zkušebně (v 10 hodin ráno) naměřena teplota  $22 \text{ }^\circ\text{C}$  a vlhkost 52 %.

## Měření teploty

K měření teploty byly použity plášťované a neplášťované termočlánky typu K (chrom-alumel). K měření teploty nad plamenem bylo použito 5 plášťovaných termočlánků o průřezu  $0,5 \text{ mm}$  s časovou konstantou 2 sekundy (při teplotě  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  a tlaku 1 atmosféry). Termočlánky byly umístěny  $0,312 \text{ m}$  od boční stěny a  $0,4 \text{ m}$  od zadní stěny modelu (vztaženo k ose Bunsenova kahanu). Výškově byly umístěny  $0,4 \text{ m}$ ;  $0,45 \text{ m}$ ;  $0,55 \text{ m}$ ;  $0,65 \text{ m}$  a  $0,73 \text{ m}$  nad podlahou modelu. Termočlánky byly přichyceny k pomocným drátům nataženým v podélné ose místnosti, aby byly nad osou uvažovaného ohniska požáru. K měření teploty v rohu místnosti bylo použito 8 neplášťovaných termočlánků o průřezu  $1 \text{ mm}$  s časovou konstantou 2,5 sekundy (při teplotě  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  a tlaku 1 atmosféry), které byly umístěny po výšce místnosti po  $0,1 \text{ m}$  a ve vzdálenosti  $0,2 \text{ m}$  od obou stěn. Během zkoušek bylo použito nestíněných termočlánků, proto je v teplotě zahrnut také přenos tepla radiací, a to mezi termočlánkem a plamenem a termočlánkem a stěnou. Umístění všech termočlánků je zobrazeno na obr. 10 a obr. 11. K záznamu dat byly použity 2 ústředny. Jedna ústředna prováděla záznam do paměti (Comet MS3+), druhá (Omega) ukládala data přímo do počítače.

## Měření koncentrace kyslíku

Byla sledována koncentrace kyslíku v blízkosti ústí kahanu a v rohu místnosti. V blízkosti kahanu byl použit paramagnetický analyzátor kyslíku Fisher Rosemount Oxynox 100P. Paramagnetický analyzátor kyslíku je založen na principu magnetické susceptibilitě (chování kyslíku ve vnějším magnetickém poli). U ohniska požáru byla umístěna nasávací sonda, která pomocí čerpadla nasála zkoušený vzorek vzduchu, který se v chladnici zbavil vody a poté putoval dále do analyzátoru. K regulaci průtoku byl použit rotametr Krohne DK47, na kterém byl nastaven průtok na  $1 \text{ Nl/min}$ . Tato metoda umožňovala měřit koncentraci kyslíku v rozsahu od 0 do 21 % s frekvencí snímání 1 krát za sekundu. Pro přenos byla použita datová sběrnice TESO TRM 16J s přesností A/D převodu  $0,02 \%$  a zpracováním signálu 4 - 20 mA. Data byla zpracována softwarem TESO WDat 3.23.

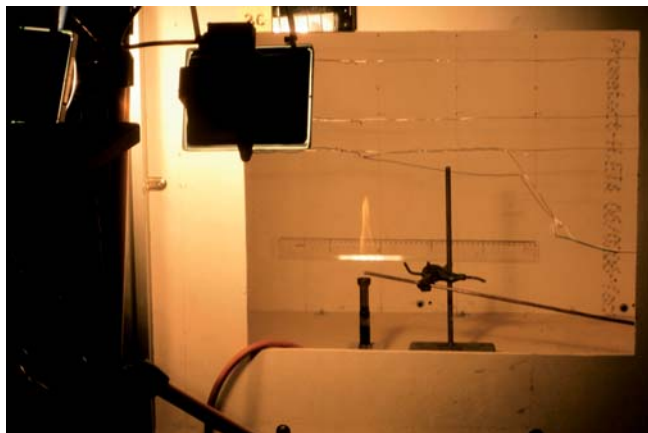


Obr. 7 Sestava pro měření kyslíku

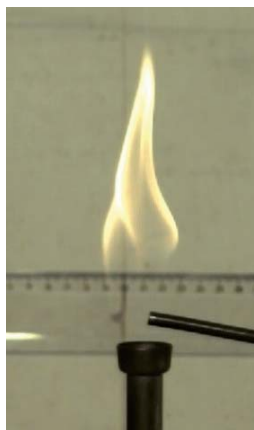
Pro sledování koncentrace kyslíku v rohu místnosti byl použit analyzátor spalín Testo 330-2, jehož sonda byla umístěna na kovový stojan ve výšce 0,7 m nad podlahou modelu a ve vzdálenosti 0,15 m od obou stěn. Tento analyzátor využívá elektrochemického principu (elektrochemického senzoru).

### Obrazový záznam

K záznamu provedených zkoušek bylo použito Go Pro kamer (snímání zkoušek ze 2 různých úhlů) a rychlokamer Motion Pro a IDT NX3 - S3 (záznam chování plamene ze 2 úhlů).



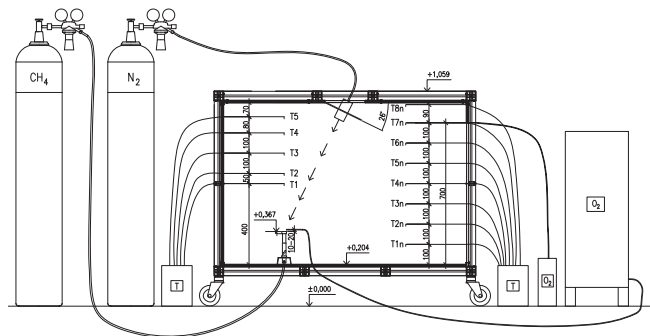
Obr. 8 Fotografie v průběhu zkoušky 3C



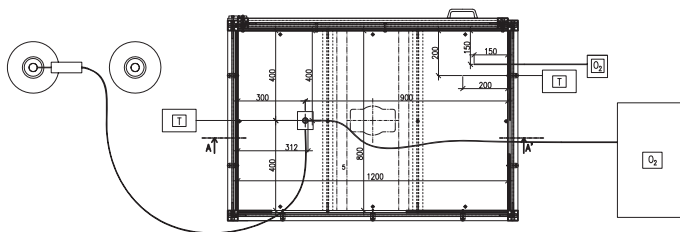
Obr. 9 Detail plamene nad kahanem

### Požární scénáře zkoušek

Pro testování hašení směřovaným proudem hasicího plynu byla pro zkoušku s kahanem zvolena pozice v podélné ose podlahové plochy modelové místnosti. Pozice Bunsenova kahanu (označena číslem 3) vyžadovala naklopení hasicí trysky o úhel 26°.



Obr. 10 Schéma zkoušky při umístění Bunsenova kahanu do pozice 3 (zkouška 3A, 3B, 3C) - řez A-A'



Obr. 11 Schéma zkoušky při umístění Bunsenova kahanu do pozice 3 (zkouška 3A, 3B, 3C) - půdorys

Pro jednotlivé zkoušky byl předem stanovený časový průběh. V čase 0:00 [m:s] byla spuštěna časomíra a analýza kyslíku, v čase 0:30 byl spuštěn metan, v čase 0:40 byl metan zapálen a v čase 1:20 bylo zahájeno hašení.

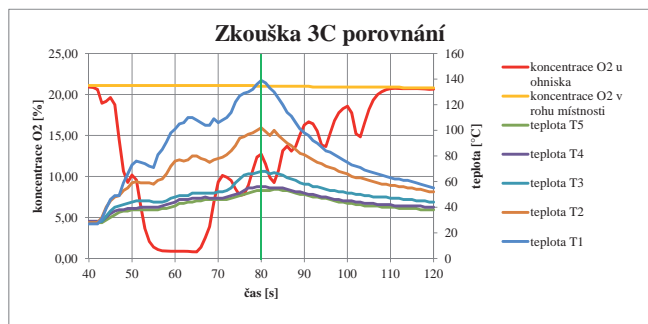
### Vyhodnocení požárních zkoušek

Jak již bylo zmíněno výše, sledovanými parametry byly teploty (teplota nad plamenem a teplota v rohu místnosti) a koncentrace kyslíku (u plamene a v rohu místnosti). Na grafech níže jsou pro jednotlivé zkoušky uvedeny průběhy teplot z termočlánků umístěných nad plamenem a oba průběhy koncentrací kyslíku. Průběhy jsou vyneseny do společného grafu, aby bylo možné vyhodnotit hašení jako závislost snižování teploty nad plamenem a snižování koncentrace kyslíku. Navíc je u každého grafu vyznačen svislou zelenou čarou začátek hašení. V závěrečné tabulce je uveden přehled všech zkoušek s uvedenými časy nutnými k uhašení. Při vyhodnocování bylo zjištěno, že začátek hašení byl u některých zkoušek oproti plánu lehce posunut, proto jsou v závěrečné tabulce uvedeny také skutečné doby hoření. Tyto odchylky v zahájení hašení byly způsobeny manuálním vypouštěním hasiva a jsou v řádech sekund.

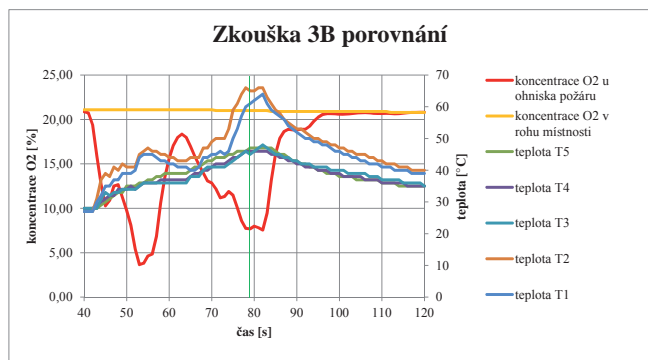
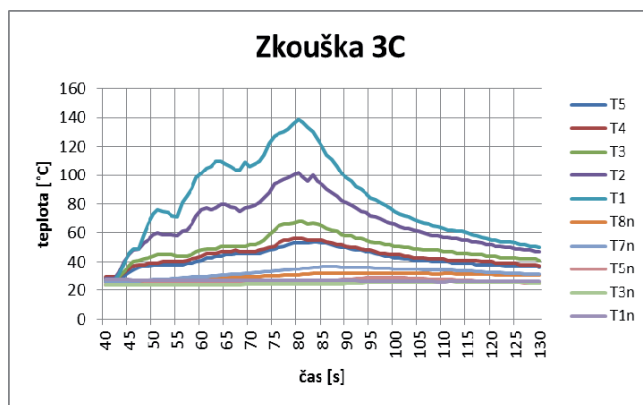
Při porovnání těchto 3 zkoušek, můžeme říci, že docházelo k výraznému kolísání maximálně dosažených teplot. Rozdíl maximálně naměřených teplot mezi zkouškami 3C a 3B převyšuje 70 °C. Pozice 3 se nachází ve čtvrtině délky modelu přímo proti okennímu otvoru, což může způsobovat větší intenzitu výměny plynů a nasávání čerstvého vzduchu. U těchto zkoušek je zajímavé, že teploty termočlánků vzdálenějších od plamene vykazují téměř totožné hodnoty (u zkoušky 3C termočlánky T4 a T5 a u zkoušek 3A a 3B termočlánky T3, T4 a T5). U zkoušky 3B si lze povšimnout, že termočlánek T2 zaznamenal vyšší teplotu než termočlánek T1, což je nejspíše způsobeno vychýlením plamene v pozici kolem termočlánku T1 a přivedením teplých spalin již přímo k termočlánku T2. Největší rozdíl mezi teplotami po výšce místnosti (mezi termočlánky T1 a T5 nad kahanem) byl naměřen při zkoušce 3C (Graf 1) a představoval 75 °C. Oproti tomu nejmenší rozdíl byl 20 °C, a ten byl naměřen během zkoušky 3B (Graf 2).

Také na těchto grafech je vidět souvislost snižování koncentrace kyslíku se zvyšováním teploty. Po zapálení koncentrace kyslíku klesá, protože kyslík v oblasti, kde je umístěna sonda, je nahrazován produkty hoření, poté co dojde k ustálení příp. vychýlení plamene a odklonu produktů hoření od oblastí kde je sonda, je zaznamenán nárůst koncentrace kyslíku (výrazný především před 70. sekundou u zkoušky 3C a kolem 60. sekundou u zkoušky 3B).

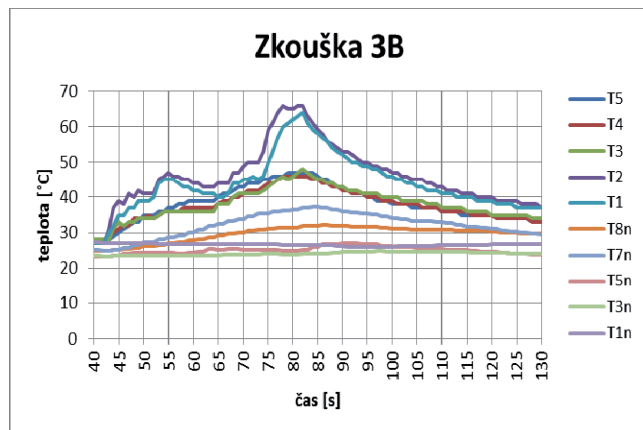
U všech těchto zkoušek byla při hašení koncentrace kyslíku pod hranici potřebnou pro hoření, nicméně z průběhu vyplývá, že koncentrace byla v době hoření i hlouběji pod touto hranicí. Z toho lze vyvodit, že dusivý efekt nebyl příčinou uhašení plamene. Nýbrž zde pravděpodobně zapůsobil efekt odtržení plamene. Ve všech 3 případech není vliv hašení na průběh koncentrace kyslíku v rohu místnosti výrazně znatelný.



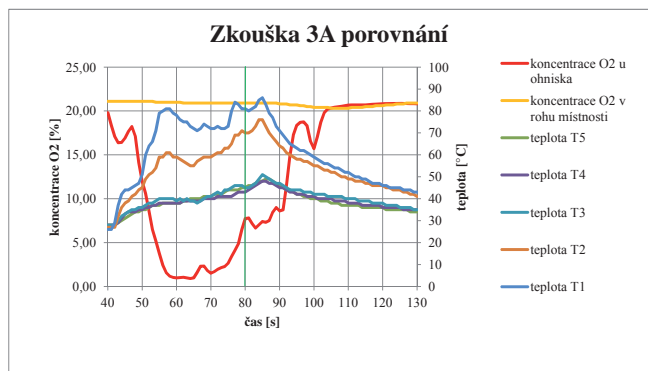
Graf 1 Průběh teplot nad plamenem při zkoušce 3C



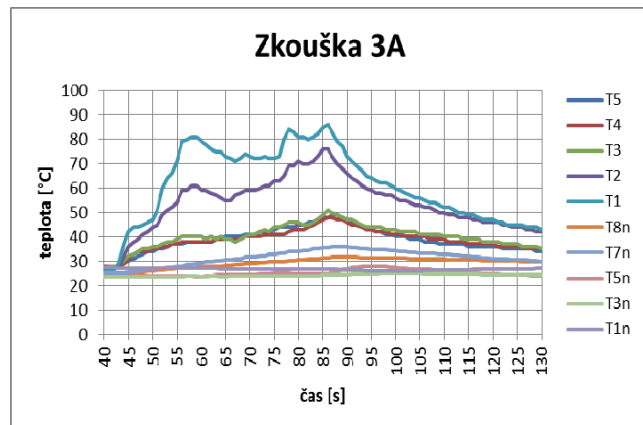
Graf 2 Průběh teplot nad plamenem při zkoušce 3B



Graf 4, 5 Průběh teplot nad plamenem a v rohu místnosti - zkouška 3C a 3B



Graf 3 Průběh teplot nad plamenem při zkoušce 3A



Graf 6 Průběh teplot nad plamenem a v rohu místnosti - zkouška 3A

Níže jsou uvedeny grafy, kde je provedeno vzájemné porovnání teplot nad plamenem (T1 až T5) a teplot v rohu místnosti (T1n až T8n). Na těchto grafech byl potvrzen předpoklad, že průběh teplot v rohu místnosti bude vykazovat pozvolný nárůst teploty se zpožděním oproti teplotám nad plamenem.

Následující tabulka shrnuje provedené zkoušky, uvádí časy, po které probíhalo hoření, a časy potřebné k uhašení. Jak vyplývá z časů nutných k uhašení, použitý tlak hasicího plynu hraje významnou roli, s rostoucím použitým tlakem hasiva klesá doba nutná k uhašení.

Tab. 1 Doby potřebné k uhašení

Označení zkoušky	Použitý tlak hasiva [bar]	Hořlavý materiál s úhel naklonění trysky [°]	Čas hoření [s]	Čas hašení [s]
3C	1	plyn (Bunsenův kahan) naklonění trysky 26°	40	8,1
3B	1,5		39	1,5
3A	2		43	0,9

**Nejistota měření**

Nejistoty při prováděných zkouškách jsou do měření vnesené přístroji, podmínkami měření a obsluhou. Teploty byly měřeny pomocí termočlánků typu K s uváděnou rozšířenou nejistotou



$\pm 2$  °C. Pro měření koncentrace kyslíku u ohniska požáru byl použit paramagnetický analyzátor s uváděnou přesností  $\pm 1$  % (pro plný rozsah, který byl při zkoušce nastaven na 21 %) a s dopravním zpožděním maximálně 15 s. Vzorkování probíhalo po 1 sekundě. Pro měření koncentrace v rohu místnosti byl použit analyzátor spalin Testo 330 s uváděnou přesností pro měření kyslíku  $\pm 0,2$  % a s odezvou maximálně 20 s. Pro měření okolních podmínek byl použit přístroj Testo 400 s teplotní a vlhkostní sondou s přesností uváděnou pro sondu  $\pm 10$  %. Nejistoty vnesené obsluhou se mohly projevit především při udržování konstantního průtoku metanu, vypouštění dusíku a směřování hasicí trysky na střed ohniska simulovaného požáru.

### Závěr

Během námi provedených zkoušek k uhašení laboratorních požárů došlo. Jak vyplývá z průběhů koncentrací kyslíku u ohniska požáru a z vlivu použitých tlaků při hašení, byl princip uhašení u zkoušek s Bunsenovým kahanu založen spíše na odtržení plamene resp. na oddělení hořlavé látky od plamene než na dusivém účinku. Při vzájemném porovnání teplot naměřených nad plamenem je potvrzena hypotéza, že termočlánky umístěné blíže plameni zaznamenaly vyšší teploty a s rostoucí vzdáleností od plamene naměřené teploty klesaly. Nicméně, jak vyplynulo z průběhů teplot nad plamenem, je plamen velmi citlivý na okolní prostředí, které ovlivňuje dynamiku hoření. Vlivem nerovnoměrného proudění vzduchu dveřním a okenním otvorem mohlo docházet k vychýlení plamene a tím byla naměřená teplota termočlánky ovlivněna (nebyla měřena maximální teplota nad plamenem). K vychýlení plamene došlo např. u zkoušky 3B, kdy termočlánek T2 zaznamenal vyšší teplotu než termočlánek T1 umístěný blíže plameni. Také vliv uspořádání zkoušky (pozice proti okennímu otvoru, přítomnost dveřního otvoru) a vliv použitých zařízení (kovová sonda pro měření koncentrace kyslíku odebírala teplo plameni) hraje významnou roli. Při porovnání teplot nad plamenem a teplot v rohu místnosti je během fáze hoření vidět pomalý nárůst teploty také v rohu místnosti, čímž se potvrdil předpoklad mírného nárůstu teploty se zpožděním v rohu místnosti.

Dle provedených zkoušek lze konstatovat, že za určitých podmínek je možné požár směřovaným proudem hasiva z rozvodu SHZ uhasit. Nicméně, aby bylo možné doporučit hašení směrovatelnou tryskou z rozvodu SHZ, bylo by potřeba provést další požární zkoušky.

### Poděkování

Autoři děkují Centru stavebního inženýrství (CSI, a.s.) za pomoc s realizací zkoušky, a dále děkují Fakultě dopravní a Fakultě elektrotechnické z ČVUT v Praze, také firmě TESO, a.s. a Státnímu zdravotnímu ústavu Praha za propůjčení přístrojů.

### Použitá literatura

- [1] ZLOCHOWER, I.A.; HERTZBERG, M.: *The Inerting of Methane - Air Mixtures by Halon 1301 (Cf3Br) and Halon Substitutes* [online]. Pittsburgh: Pittsburgh Research Center, Bureau of Mines, US Dept. of the Interior, 1990. [cit. 2013-10-20]. Available from: [http://www.nist.gov/el/fire\\_research/upload/R9401596.pdf](http://www.nist.gov/el/fire_research/upload/R9401596.pdf).
- [2] SENEAL, J.A.: Flame Extinguishing in the Cup-burner by Inert Gases. *Fire Safety Journal* [online]. Elsevier, September 2005, Volume 40, Issue 6, pp. 579 - 591. ISSN 0379-7112. [cit. 2013-10-9]. DOI: 10.1016/j.firesaf.2005.05.008.
- [3] GHITI, N.; BENTEBBICHE, A.A.; BOLKROUNE, R.: Nitrogen Dilution and Extinction Effects for Methane Impinging Diffusion Flame. *IERI Procedia* [online]. Amsterdam: Elsevier, 2012, Volume 1, pp. 39-46. ISSN 2212 - 6678. [cit. 2013-11-3]. DOI: 10.1016/j.ieri.2012.06.008.
- [4] JANČA, R.: *Moderní stabilní hasicí zařízení v České republice*. Zlín: Univerzita Tomáše Baři ve Zlíně, 2013. Bakalářská práce. UTB ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky.
- [5] KOPOVÁ, Š.: *Snížený obsah kyslíku v pracovním prostředí a jeho vliv na zdraví zaměstnanců*. Praha: Krajská hygienická stanice středočeského kraje, 2012. Zpráva preventivního hygienického dozoru.

# Objektivizace rozhodovacích problémů v krizovém manažmentu pomocí nástrojů operační analýzy

## Objectification of Decision Problems in Crisis Management with the Tools of Operational Analysis

Ing. Radka Privarová

Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva  
Ul. 1.mája 32, 010 26 Žilina, Slovenská republika  
Radka.Privarova@fbi.uniza.sk

### Abstrakt

Článek je zaměřený na analýzu a primární posouzení aplikovatelnosti exaktních a heuristických metod operační analýzy v oblasti krizového řízení. Obsahuje charakteristiku rozhodovacího procesu v činnosti krizového manažera. Článek obsahuje analýzu metod operační analýzy a identifikaci metod a technik, které jsou efektivně využitelné v oblasti krizového řízení. Na konkrétním příkladu v článku řeším úlohu z oblasti krizového manažmentu pomocí metody vícekritériálního rozhodování.

### Klíčová slova

Operační analýza, krizové řízení, vícekritériální rozhodování.

### Abstract

The article is focused on the analysis and initial assessment of the applicability of exact and heuristic methods of operational analysis in the area of crisis management. It contains the characteristics of the decision-making process in action a crisis manager. The article contains an analysis of operations research methods and identification methods and techniques that are usable in the field of crisis management. The specific example of the article addresses the role of the field of crisis management by using the method of multi-criteria decision making

### Keywords

Operational analysis, crisis management, multicriteria decision.

### Úvod

V krizovém manažmentu můžeme využít úlohy operační analýzy hlavně v krizovém plánování, identifikaci a kvantifikaci rizik, optimalizaci realizace řídicích a výkonných procesů, časové, nákladové, nebo zdrojové analýze jednotlivých etap a procesů krizového manažmentu. Některé úlohy můžeme řešit manuálním výpočtem, avšak pokud se jedná o úlohy s velkým množstvím vstupních dat, pak je jednodušší použít program, který nám data zpracuje v krátkém čase a pomůže zajistit přesné výpočty rozsáhlého charakteru.

Základní nástroj, který můžeme použít je tabulkový procesor **MS Excel**. Můžeme řešit pomocí vzorců, nebo pomocí vlastního optimalizačního modulu funkcí „řešitel“. Dalším možným nástrojem na řešení úloh operační analýzy je např. program **WIN QSB** a program **Expert Choice**. Existuje však celá řada dalších řešitelských programů.

### Vícekritériální hodnocení variant

**Vícekritériální hodnocení variant** se vyskytuje v mnohých oborech při různých formách rozhodovacích problémů. Řešením vícekritériální rozhodovací úlohy se rozumí postup, který vede k nalezení optimálního stavu systému vzhledem k více než jednomu uvažovanému kritériu.

Existuje více metod pro posouzení několika variant řešení zadaného problému podle zvolených kritérií a stanovení pořadí variant. Jednotlivé metody se liší podle toho, jak se určuje tzv. váha jednotlivých kritérií a jak se číselně hodnotí stupeň, kterým jednotlivé varianty řešení naplňují zvolená kritéria [5]:

- metoda rozhodovací matice - jde o základní metodu, jednotlivým kritériím se přiřadí hodnota z bodové stupnice 1 - 10 (1 - nejmenší, 10 - největší váha). Stejnou stupnicí se hodnotí i to, jak varianty vyhovují jednotlivým kritériím. Výsledným kritériem pro rozhodnutí je potom největší vážený součet,
- modifikovaná metoda rozhodovací matice - jednotlivá kritéria jsou navzájem porovnávána, přiřazuje se hodnota 0 (méně významné) nebo 1 (více významné), podle toho, které kritérium považujeme za významnější a stejně jsou porovnávána i varianty podle jednotlivých kritérií,
- analytická víceúrovňová metoda - využívá párové porovnávání hodnocení plnění jednotlivých kritérií. Je založena na expertním odhadu porovnávání vlivu dvou faktorů prostřednictvím stupnice, která je obojstranná, t.j., že hodnocení jedné varianty je inverzní vůči druhé variantě [5].

### Problém vícekritériálního rozhodování

Je dána nějaká množina možných variant (rozhodnutí, řešení) a máme vybrat variantu, která je co nejlepší vzhledem k dané množině kritérií (hledisek, charakteristik).

### Typy vícekritériálních úloh

Úlohy vícekritériálního hodnocení variant (přípustné varianty jsou vymezeny explicitně).

Úlohy vícekritériálního programování (přípustné varianty jsou vymezeny implicitně soustavou podmínek a všechna kritéria jsou kvantitativní).

### Typy kritérií

Uvažovaná kritéria bývají obvykle konfliktní. Mohou se mezi nimi vyskytnout jak kritéria kvantitativní (kardinální), tak kritéria kvalitativní (ordinální). V případě současného výskytu kvalitativních i kvantitativních kritérií se provádí přechod k jednomu typu kritérií, buď ke kvalitativním, nebo ke kvantitativním.

*Kvantitativní kritéria* umožňují pro každou variantu stanovit hodnoty kritérií. Tato kritéria bývají často nesouměřitelná v důsledku vyjádření v různých jednotkách. U některých metod pro řešení vícekritériálních úloh je třeba tuto nesouměřitelnost odstranit určitou normalizací (např. přechodem k ukazatelům, které vyjadřují procenta plnění původních ukazatelů).

### Operační analýza v krizovém manažmentu

Jako řešenou problematiku z oblasti krizového řízení jsem vybrala metody pro analýzu rizik. **Analýza a hodnocení rizik** jsou procesy, které slouží pro potřeby řízení a tvoří podklady pro rozhodovací práce. Z toho plyne, že pracovní postupy musí respektovat určité požadavky, které zaručují správné a kvalifikované rozhodování a proaktivní řízení, které na základě současných znalostí je nejlepším nástrojem pro zajištění ochrany, bezpečnosti a rozvoje státu či organizace. Prioritní ochrana je věnována základním zájmům státu, tj. ochraně životů a zdraví lidí, majetku, životního prostředí a ochraně kritické infrastruktury.

Hodnocení rizik je možno provést jen na základě konkrétních pravdivých a ověřených datových souboru o dané živelné pohromě, nehodě, havárii, útoku apod., které platí pro fyzikálně správně definovaný prostor či území a pro fyzikálně správně definovaný časový interval. Cílem je zajistit rozhodování ve prospěch věci. Proto musí být používán otestovaný soubor kritérií, který zaručuje objektivitu, nezávislost a nezájatost hodnocení. V řadě případů jsou posuzované problémy komplexní nebo mají mnoho nejistot a neurčitostí, což způsobuje, že je třeba použít vícekritériální expertní metody. Vzhledem ke složitosti a rozmanitosti vzniku živelných pohrom, nehod, havárií, útoků apod. na jedné straně a kvality, vypovídací schopnosti a homogenity dostupných datových souborů na straně druhé, není možno vypracovat žádné obecné pokyny pro stanovení rizik. Vždy je třeba nejprve provést odborné posouzení [1]:

- vstupních dat,
- požadavků a předpokladů určité metodiky,
- konkrétního cíle analýzy a hodnocení rizik,

a na základě tohoto posouzení provést výběr vhodného postupu. Výběr vhodné metodiky určení rizik velice závisí na tom, zda:

- známe nebo můžeme stanovit rozložení živelných pohrom, nehod, havárií, útoků apod. v prostoru a čase a můžeme spočítat četnostní rozložení daných situací (četnost vs. velikost) pro určité území a časový interval, dále vypočítat a zmapovat ohrožení,
- známe nebo můžeme stanovit rozložení dopadů živelných pohrom, nehod, havárií, útoků apod., stanovit scénáře dopadů ve variantním provedení a pravděpodobnosti jejich výskytů.

Pro analýzu a hodnocení rizik je v současné době k dispozici řada metodik a softwarových nástrojů. Jsou založeny na fyzikálních modelech, které jsou jednodušší či složitější, což určuje lepší či horší správnost a spolehlivost výsledků. Proto každý uživatel musí z hlediska žádoucího cíle hodnocení rizik nejprve vyhodnotit, zda jsou splněny předpoklady předmětné metodiky, poté musí zhodnotit, zda jeho datové soubory mají vypovídací hodnotu z hledisek, jejichž rizika chce sledovat a zda naplňují požadavky metodiky. Teprve poté je možné provést výpočet. Metody analýzy rizik jsou v krizovém manažmentu pomocným nástrojem a vyžadují nezastupitelnou roli krizového manažera při jejich aplikaci. [1]

#### Základní metody pro stanovení rizik:

1. Check list - **CHL** - kontrolní seznam;
2. Safety audit - **SA** - bezpečnostní kontrola;
3. What - If Analysis - **W-I** - co se stane když;
4. Preliminary Hazard Analysis - **PHA** - předběžná analýza ohrožení;
5. Process Quantitative Risk Analysis - **QRA** - analýza kvantitativních rizik procesu;
6. Hazard Operation Process - **HAZOP** - analýza ohrožení a provozuschopnosti;
7. Event Tree Analysis - **ETA** - analýza stromu událostí;
8. Failure Mode and Effect Analysis - **FMEA** - analýza selhání a jejich dopadů;
9. Fault Tree Analysis - **FTA** - analýza stromu poruch;
10. Human Reliability Analysis - **HRA** - analýza lidské spolehlivosti;
11. Relative Ranking - **RR** - relativní klasifikace.

Z těchto metod pro stanovení rizik budu vybírat v praktickém příkladu tu nejvhodnější.

#### Praktický příklad

Pro řešení příkladu jsem použila metodu **AHP** (Analytický Hierarchický Proces) aplikovatelnou v prostředí programu

Expert Choice. AHP tvoří ucelený metodologický nástroj pro podporu rozhodování. Nabízí vhodný způsob integrace složitosti, výběru cílů a kritérií a stanovení jejich priorit k určení celkového hodnocení každého alternativního řešení - konkrétního rozhodnutí. AHP používá hierarchický rozhodovací model, který je založen na matematických základech.

Párové porovnání jsou v AHP aplikována na dvojice homogenních prvků, tj. prvků ze stejné hierarchické úrovně.

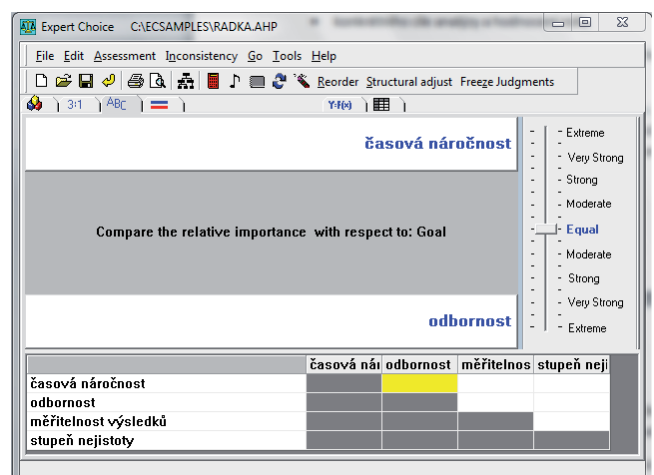
#### Zadáni:

Porovnejte metody analýzy rizik živelných pohrom, nehod, havárií, útoků apod. problematiky pro účely použití orgány krizového řízení. Metody ohodnoťte z hlediska časové náročnosti zpracování metody, odbornosti potřebné ke zpracování metody, měřitelnosti výsledků a stupně nejistoty vzhledem k řešené problematice.

#### Řešení:

Úlohy vícekritériálního rozhodování je možné řešit pomocí programu Expert Choice, který umožňuje určit hodnotící varianty, stanovit hierarchii kritérií, porovnat hodnotící kritéria, porovnat hodnocené varianty na základě kritérií, stanovit pořadí variant.

Prvním krokem bylo vzájemné (párové) porovnání zvolených kritérií, abychom zjistili váhu jednotlivých kritérií, tak jak vidíme na obr. 1 a 2.



Obr. 1 Vstupní tabulka porovnávacích hodnot

	časová náročnost	odbornost	měřitelnost výsledků	stupeň nejistoty
časová náročnost				
odbornost				
měřitelnost výsledků				
stupeň nejistoty				

Obr. 2 Párové porovnání kritérií v programu Expert Choice

Z párového porovnání kritérií je zřejmé, že nejvýznamnější kritérium je časová náročnost, naopak jako nejméně významné kritérium vyšel stupeň nejistoty. Vždy je pro přidělené váhy kritérií rozhodující, jakou situaci a v jakém konkrétním prostředí řešíme, ale také z jakého důvodu vzniklou situaci řešíme.

Pro párovém porovnání kritérií a určení vah jednotlivých kritérií se vykonává párové porovnání metod z pohledu každého kritéria. Následující obrázky znázorňují párové porovnání variant časové náročnosti, potřebné odbornosti, měřitelnosti výsledků a stupně nejistoty u jednotlivých metod.

	CHL	SA	W-I	PHA	QRA	HAZOP	ETA	FMEA	FTA	HRA	
CHL											
SA			2,0								
W-I				1,0							
PHA					3,0						
QRA						2,0					
HAZOP							4,0				
ETA								2,0			
FMEA									5,0		
FTA										4,0	
HRA											3,0
Incon: 0,07											

Obr. 3 Párové porovnání podle hlediska času

	CHL	SA	W-I	PHA	QRA	HAZOP	ETA	FMEA	FTA	HRA		
CHL			1,0									
SA				1,0								
W-I					2,0							
PHA						2,0						
QRA							2,0					
HAZOP								4,0				
ETA									3,0			
FMEA										4,0		
FTA											2,0	
HRA												2,0
Incon: 0,01												

Obr. 4 Párové porovnání podle hlediska odbornosti

	CHL	SA	W-I	PHA	QRA	HAZOP	ETA	FMEA	FTA	HRA		
CHL			1,0									
SA				1,0								
W-I					1,0							
PHA						2,0						
QRA							2,0					
HAZOP								1,0				
ETA									2,0			
FMEA										3,0		
FTA											3,0	
HRA												1,0
Incon: 0,01												

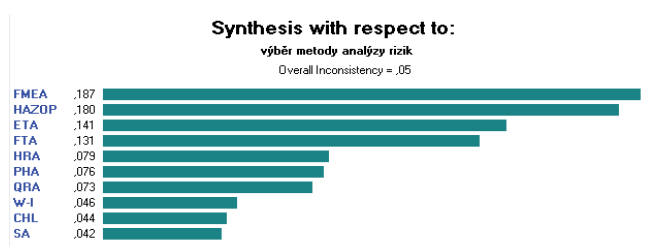
Obr. 5 Párové porovnání podle hlediska měřitelnosti výsledků

	CHL	SA	W-I	PHA	QRA	HAZOP	ETA	FMEA	FTA	HRA		
CHL			1,0									
SA				1,0								
W-I					1,0							
PHA						2,0						
QRA							2,0					
HAZOP								1,0				
ETA									2,0			
FMEA										3,0		
FTA											3,0	
HRA												1,0
Incon: 0,02												

Obr. 6 Párové porovnání podle hlediska stupně nejistoty

### Interpretace výsledků

Po získání výsledků musíme tento výpočet posoudit. Pokud výsledek odpovídá našemu předpokladu, je pro nás akceptovatelný a použitelný. Musí však mít nejen matematické, ale i logické odůvodnění. Pomocí metody AHP jsme získali pořadí metod použitelných v krizovém řízení tak, jak je uvedeno na obr. 7.



Obr. 7 Grafický výstup z vícekritériálního rozhodování v programu Expert Choise

Na základě zvolených kritérií vyšla jako nejvhodnější metoda FMEA. Jedná se o složitější metodu a proto předpoklad, že bude přesnější považují za správný. Metoda FMEA je založená na rozboru způsobů selhání a jejich důsledků, který umožňuje hledání dopadů a příčin. Jako druhá nejlepší vyšla metoda HAZOP. HAZOP je postup založený na pravděpodobnostním hodnocení ohrožení a z nich plynoucích rizik. Jde o týmovou expertní multioborovou metodu.

Analytická víceúrovňová metoda AHP je základní metodou vícekritériálního rozhodování. Její použití je jednoduché. Při využití softwarového programu Expert Choise je snadno aplikovatelná a výsledek je v grafické podobě názorný a přehledný.

Výsledek příkladu výběru metody analýzy rizik pro krizové řízení je odpovídající mému předpokladu, co můžeme částečně chápat jako verifikaci výsledku. Nevýhodou AHP metody je velká míra subjektivity, hlavně při kvalitativních kritériích. Míra subjektivity je tím vyšší, čím nižší je počet hodnotitelů. Při expertním hodnocení zkušených odborných týmů může mít tato metoda velmi přesné a kvalitní výsledky. Zajímavé by bylo také zpracování stejné problematiky několika různými odborníky nezávisle na sobě a následné porovnání výsledků.

### Závěr

V příkladu jsem ukázala řešení programu Expert Choice. Použitelných nástrojů na řešení úloh operační analýzy je celá řada a záleží na jejich dostupnosti a výhodnosti pro námi řešený problém. MS Excel a jeho nástavby nám mohou v mnohém nahradit dražší licencované programy. Důležité je, aby používaný program byl konfigurovatelný, protože každá z úloh operační analýzy vycházející z praxe je jedinečná a má svá specifika.

### Použitá literatura

- [1] BANASINSKÝ, V.: *Obec a krizové řízení*. Rožnov pod Radhoštěm: Vydavatelství ROVS. 2007. 178s.
- [2] BREZINA, IVANIČOVÁ, PEKÁR.: *Operační analýza*. Bratislava: Vydavatelství Iura Edition 2007. 241s.
- [3] JAISWAL, N.K.: *Military Operations Research*. KAP, Boston 1997.
- [4] KIICNAROVÁ, J.: *Vícekritériální hodnocení variant*, dostupné na: [http://home.ef.jcu.cz/~janaklic/oa\\_zsf/VHV\\_II.pdf](http://home.ef.jcu.cz/~janaklic/oa_zsf/VHV_II.pdf).
- [5] MALÁ, H.: *Lineární programování*. Diplomová práce, Masarykova Univerzita v Brně. 2005. 69s.
- [6] MÁCA, J.; LEITNER, B.: *Operační analýza I*. Žilinská univerzita, Žilina, 1998.
- [7] RAMÍK, J.: *Metody na podporu rozhodování v managementu*, In: Skripta Ekonomické fakulty VŠB-TU Ostrava, 2004.

# Testy fytotoxicity- aplikace na fóliích na bázi grafenu (grafen oxidu)

## Phytotoxicological Tests- Applications Onto the Foils Based on Graphene (Graphene Oxide)

Ing. Petra Roupčová

doc. Ing. et Ing. Karel Klouda, CSc., Ph.D., M.B.A.

Ing. Petr Lepík, Ph.D.

VŠB - TU Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství

Lumírova 13, 700 30 Ostrava-Výškovice

petra.roupcova.st@vsb.cz

### Abstrakt

Príspevek ve své první části popisuje principy a pravidla fytotoxicity a remediace rostlin. Kriticky poukazuje na úskalí při posuzování výsledků testů fytotoxicity- klíčení semen, elongace kořene a růst rostlin. Hlavní část příspěvku obsahuje analýzu důvodů inhibice klíčovosti semen hořčice bílé při kontaktu s fóliemi: grafen- oxid, grafen-oxid- fulleren, grafen-oxid- fluorografit, grafen-oxid-biochar. Příspěvek doplňuje naše výsledky prezentované na Konferenci „BOZP“ 2016, Sepetná, ČR.

### Klíčová slova

Fytotoxicita, remediace, grafen-oxid, hořčice bílá, „rodina grafenů“, elongace kořene.

### Abstract

The first part of this contribution describes the principles and the rules of phytotoxicity and remediation of the plants. It critically points out the difficulties in the evaluation of the results of phytotoxicological tests- seed germination, root elongation and plant growth. The main part of this paper contains an analysis of the reasons of inhibition of the contact germination seed test on white mustard of the nanofilms: graphene oxide, graphene oxide-fullerene, graphene oxide-fluorine graphite, graphene oxide-biochar. Contribution completes our previous results presented at the Conference Occupational Safety and health 2016, Sepetná, Czech Republic.

### Keywords

Phytotoxicity, remediation, graphene oxide, white mustard, graphene family, elongation of the rooth.

### Úvod do pravidel fytotoxicity

Testy fytotoxicity jsou součástí environmentálního monitoringu. Hodnotí toxicitu chemických látek, jejich účinků na struktury a funkci ekosystémů. [1] Předností těchto testů je jejich jednoduchost, variabilita, materiálová a ekonomická náročnost. Aplikují se tyto laboratorní testy: test klíčovosti, test elongace kořene a růst klíčených rostlin. Klíčovost a růst kořene jsou kritické etapy ve vývoji rostliny a vykazují citlivou odezvu na expozici chemických látek. [2, 3]

Významné environmentální agentury pro testy fytotoxicity vyžadují testování ekotoxicity na více rostlinných druzích (vliv taxonomických rozdílů). Tři nejvýznamnější agentury US EPA (U. S. Environmental Protection Agency), US FDA (U. S. Food and Drug Administration) a OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) se shodly na níže uvedených testovaných semenech od rostlin: hlávkový salát (*Lactuca sativa*), okurka setá (*Cucumis salivus*), sója luštinatá (*Glycine max*), kukuřice setá (*Zeamays*), oves setý (*Avena sativa*), jilek vytrvalý (*Lolium perenne*), mrkev obecná (*Danucus carota*). Vedle testů klíčovosti a elongace kořene se doporučují i další doprovodné testy,

např. test se sladkovodními řasami, test růstu okřehku (*Lemna sp*), prosa setého (*Panicum miliaceum*), rýže seté (*Oryz asativa*) a řeřichy seté (*Lepidium sativum*).

V oblasti environmentální toxicity (ekotoxicity) působí řada dalších vládních, nevládních a profesních organizací, které přispívají k rozvoji environmentálního monitoringu a ke standartizaci testů. Tak třeba agentura WPCF (Water Pollution Control Federation) se vyjadřuje k testování vodních systémů v mikrokosmu a doporučuje testování s okřehkem menším (*Lemna minor*) a testy klíčovosti a elongace kořene u vodních rostlin a rostlin žijících v mokřinových půdách. Mezinárodní organizace IBI (International Biochar Initiative) zabývající se aplikací biocharu do půdy, doporučuje jeho test na semenech losiky salátové (*Lactuca sativa*), ředkve (*Raphanus l*) a jetele (*Trifolium*) s doplňkem o test únikového chování s půdními kroužkovci, jako je roupice bělavá (*Enchytraeus albidus*) a žížala hnojní-kalifornská (*Eisenia foetida*). Údaje o fytotoxicitě jsou již požadovány při registraci a přeregistrování komerčně vyráběných látek.

### Ochranné mechanismy rostlin

V raném stádiu nemá rostlina dostatečně vyvinuté obranné mechanismy proti vstupu látky (např. kovů) do jejího vnitřního prostředí. Endodermis mladých rostlin má výrazně menší schopnost zabránit transportu látky z kořenů do nadzemní části rostliny. Mezi obranné mechanismy rostlin patří:

- imobilizace prostřednictvím buněčných stěn a extracelulárních látek;
- exkluze (vylučování látky z buňky);
- syntéza fytochelatinů (isofytochelatinů) s thiolovými skupinami;
- kompartmentace;
- stresové proteiny.

### Fytoremediace

Ambivalencí vůči systému ochranných mechanismů rostlin, viz výše je naopak využití schopností některých zelených rostlin akumulovat nebo odstraňovat kontaminant ze životního prostředí. Tato schopnost se nazývá fytoremediace a zahrnuje:

- Fytoextrakci, neboli fytoakumulaci, fytodekontaminaci. Je to příjem a transport např. kovů z půdy a její akumulace v nadzemních částech rostlin.
- Fytodegradaci, rostlina kontaminant přemění na méně toxickou látku.
- Fytovolatilizace, po příjmu látky z půdy, transport do listů a většinou po biotransformaci uvolňování do atmosféry.
- Fytostabilizace, transformace látek v půdě do méně toxické formy (aktivita kořenového systému).

K fytoremediaci půd se využívají druhy rostlin, které mají předpoklady pro růst v kontaminovaném prostředí, např. víceleté trávy, vrba a topol. U organických polutantů např. dýně, mrkev, hyacinta, cukina. Aplikace rostlin v kontaminovaných oblastech má řadu výhod [4], např. nízké náklady- energie slunce, minimální poškození okolí, estetický přínos, kladně přijímáno veřejností. Hlavní nevýhoda je pomalost než u fyzikálně chemických metod a výtěžek přeměny není 100 %.

## Úskalí při posuzování testů fytoxicity - klíčení, elongace kořene, růst rostliny

I když v úvodní části hovoříme o přednostech těchto testů (jednoduchost, variabilita, ekonomická nenáročnost) musíme si uvědomit řadu faktorů, které mohou ovlivnit správnou interpretaci výsledků např.:

- vhodný výběr rostlinného druhu, zvážit i vliv odrůd u stejného druhu;
- uvědomit si, že výsledky získané u určitého rostlinného druhu nelze vždy plně extrapolovat na jiné druhy;
- vliv mateřské rostliny, tj. její stáří, zda prodělala vodní, či tepelné stresy apod. Tyto vlivy mohou ovlivnit klíčivost, nepropustnost obalů semen nebo různou inhibici, či stimulaci látek;
- nezbytnost správné interpretace výsledků laboratorních testů na přirozené podmínky, v kterých se testovaná látka může vyskytnout. Uvědomit si faktory, které mohou kladně, tak záporně ovlivnit toxicitu, např. přírodní organická hmota, pH, salinita, vliv mikroorganismů apod.

Praktickou výhodou je, že tyto testy lze aplikovat u vzorků půd, vody, sedimentů, suspenzí. Kalné vzorky nemusí být filtrovány. Nevýhodou je, že v současné době není k dispozici kompletní databáze o fytoxicitě chemických látek.

## Ekotoxicita „rodiny“ grafenů

Podrobné rešeršní studie [5, 6] shrnují současné zjištění týkající se toxických účinků a možných mechanismů toxicity nanomateriálů z grafenu „rodiny“ na bakteriích, savčích buňkách a zvířecích modelech. V závěrech těchto studií je shoda, že grafen, grafen-oxid a redukovaný grafen-oxid vyvolává toxický účinek, jak při testech *in vitro*, tak *in vivo*. Interpretované výsledky toxicity se liší a závisí na mnoha faktorech. Je to fyzikální stav testované látky (pevná fáze, plocha, rozměry, suspenze, koncentrace v suspenzi apod.), ale i způsob jejich přípravy (znečištění při chemické přípravě či redukcí). V jakém prostředí test toxicity probíhal (vodním, půdním, aerosol) a na jaké biologické látce byly testy prováděny např. savčí buňky, hádátka obecné, zelené řasy, bakterie, korýši apod. Příklady výběru publikovaných toxicit pro grafen-oxid ve vodném prostředí:

- toxický vůči korýši *Amphibalanus amphitrite* [7];
- toxický vůči mikrobiologické komunitě v odpadních vodách [8, 9];
- netoxický vůči bakterii *Shewanella oneidensis* [10];
- mírně toxický vůči *Zebrafish embryos* [11];
- netoxický vůči *Zebrafish embryos* [12];

Z této krátké rekapitulace publikovaných výsledků je patrná nejednotnost výstupů. Máme názor, že vliv čistoty testovaného produktu a povrchové modifikace ovlivňují interakci s živými systémy a tím mohou ovlivnit výsledek testů toxicity. V případě grafen-oxidu jsou aktivní oxo skupiny, které mohou reagovat s řadou biologických materiálů, viz Green redukce.

## Fytoxicita „rodiny“ grafenů

Podrobná analýza výsledků fytoxicity grafenu (grafen-oxidu) byla popsána na testech vůči semenům rajčete, hlávkového zelí, červenému špenátu a losice seté [13]. Testoval se fytotoxický efekt v koncentračním rozsahu 0, 500, 1000, 2000 mg/l., vůči růstu semenáčku, buněčné smrti, vzniku reaktivních forem kyslíku (ROS) a morfologické změně kořenů a listů. Výsledky jsou prezentovány graficky a fotodokumentací. Přínosem publikace je popis analytických metod na určení buněčné smrti (Evans Blue) a měření ROS a H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (fluorescenční metody). Učiněný závěr byl, že grafen-oxid je nejvíce toxický vůči hlávkovému zelí, rajčeti, méně pro červený špenát, nejasná toxicita byla vůči losice seté.

Semena bobu (*Vicia faba*) byla vystavena vlivu listových částic (0,5-5 mikrometrů) grafen-oxidu. Studie odhalila pozitivní tak negativní vliv účinku na růstové parametry. [14] Testován byl grafen-oxid v koncentračním rozsahu suspenze 0-1600 mg/l. Pozitivní dopad byl zjištěn u koncentrací grafen-oxidu 400 a 800 mg/l. U ostatních koncentrací, jak nižších tak vyšších, byl negativní dopad na růstové parametry bobu. Byla identifikována zvýšená aktivita peroxidu vodíku z rozkládajících se enzymů, zvýšení hladiny úniku elektrolytu (porušení stability buněčné membrány). Tyto výsledky dokazují složitost interpretace výsledků fytoxicity. Otázkou zůstává, proč právě uvedené koncentrace grafen-oxidu optimalizovaly fyziologický proces klíčení.

## Analýza pravděpodobných důvodů inhibice klíčivosti semen hořčice bílé na fóliích od grafen-oxidu

Protože jsme předpokládali využití připravených fólií GO, GO-C60, GO-CF a GO-Biochar jako celku, takže se nelze vyhnout kontaktnímu styku s fólií. Proto testy klíčivosti semen byly realizovány přímým kontaktem testovaného semene s fólií, viz ilustrační foto na obr. č. 1. Jako testované semeno byla použita hořčice bílá. Výsledky stupně inhibice klíčivosti byly popsány v příspěvku *Basic phytotoxicity of carbon foils prepared by oxidation of graphite combined with fullerene, fluorine graphite and biochar* pro konferenci Global Conference on Materials Science and Processing Technologies, Shanghai, China, listopad 2016. Příspěvek neobsahuje analýzu, proč došlo k inhibici. Před pokusem o analýzu je třeba začít od tzv. „Green redukce GO“. Ta je hlavně používána v případech, kdy je záměr redukovat GO s různým stupněm poměru C/O aplikovat v medicíně [5, 15, 16] a v tkáňovém inženýrství [17], např. jako nosič léků, cytostatik, biosenzor apod. [18, 19, 20]. Využívá se schopnost tvořit fyzikální ( $\pi$ - $\pi$ , elektrostatická interakce) nebo chemický konjugát mezi uhlíkovým nanomateriálem a biomolekulou (buňka, DNA, protein, peptid, bakterie, savčí buňky apod.). Tento postup redukce se volí i z důvodů nezanesezení jiných chemikálií (anorganických) do molekuly grafenu, či částečně zredukovaného grafen-oxidu.



Obr. 1 Test semichronické toxicity na *Sinapis Alba* L. (hořčice bílá), vyhodnocení testu (72 hodin), teplota experimentu 21 °C. Zleva: slepé stanovení, fólie č. 1 GO-CF, fólie č. 2 (GO-CF)

Klasické redukční metody [21] při redukcí grafen-oxidu jsou např.: kov-kyselina, kov-zásada, kyslíkatá redukční činidla, hydrohalogenové kyseliny, hydridy, soli hydrazínu, hydrosiřičitan sodný apod.

U Green redukce grafen-oxidu se používají fytoextrakty z listů [22], stonků rostlin, plody, kůry, čajové listky [23], zemědělské plodiny- např. kořen mrkve [24], z květů růže [25] pro nás exotických rostlin jako např. salladora perská [26]. Jako zajímavost k této rostlině: je známa z koránu jako arak, má antibakteriální účinky, v islámských zemích je používána k čištění zubů.

Zajímavá pro nás byla popsána redukce grafen-oxidu biomateriálem získaným extrakcí ze semen pískavice (řecké seno). Extrakt byl schopen redukovat společně jak ionty paládia na nanočástice tak grafen-oxid na společný kompozit Pd-rGO [27]. Obdobně došlo k zredukování grafen-oxidu a iontů stříbra na společný kompozit Ag-rGO pomocí extraktu z *Pulucaria glutinosus* [28]. I extrakt z pylu u další exotické okrasné rostliny *Peltophorum*

*pterocarpum* vyskytující se v tropech a na Hawai, redukoval grafen-oxid [29]. Redukcí jilmanem dvoulaločným [30] se připravil redukováný grafen-oxid, který nevykazoval toxické vlastnosti, naopak byl cytotokompaktibilní s buňkami a A 549.

Pro redukci grafen-oxidu lze použít přímo tzv. „rostlinné chemikálie“, komerčně dostupné jako je kyselina askorbová či taninová [31, 32]. Velká řada rostlinných chemikálií [21, 33] (kyseliny askorbová, gallic, taninová, caffeic, vitamín E, luteolin, apigianin, třísloviny, flavoidy a další) mají polyfenolickou strukturu, která umožňuje přechod na stabilní chinony spojenou s redukcí oxo skupin grafen-oxidu. Předpokládá se nukleofilní atak  $S_N2$  kyslíkatého aniontu polyfenolů na uhlíků oxo skupin [34]. Obdobný mechanismus typu  $S_N2$  byl popsán u karotenových látek [35] s konjugovaným systémem násobných vazeb. V prvním stupni dojde k adici kyslíku na násobnou vazbu, vznik epoxidické struktury, hydrolyzou otevření této skupiny, diol uvolní H-a následně dojde k nukleofilnímu ataku kyslíkovým aniontem na uhlík oxo skupin grafen-oxidu. Závěrečným produktem je redukováný grafen-oxid a aldehyd vzniklý štěpením molekuly karotenu. [35]

Vrátíme-li se zpět k redukčním schopnostem extraktu ze semen pískavice a porovnáme-li složení jejich semen se semeny hořčice bílé najdeme u nich společné látky s antioxidačními vlastnostmi [36]. K některým konkrétním oxidantům v semenech hořčice bílé: karotenoidy (beta karoten, lutein, lykope), tokoferoly (vitamíny E), kyselina askorbová (vitamín C), hořčičné silice-kyseina eruková a glukosinuláty- sinalbin. Ten podléhá hydrolyze pomocí důležitého enzymu mirosinázy [37] na D-glukózu, síran, isokyanatan. Nitril a thiokyanát. Tyto rozkladné produkty mají mít antimikrobiální, antifugidní a antibakteriální účinky. [38]

Další fakt, který je nutno vzít v potaz je schopnost molekul grafen-oxidu, red. grafen-oxidu a grafenu adsorbovat proteiny za vzniku biokonjugátů [16], které destabilizují lipidovou membránu, či tvoří biokonjugát s polyfenoly. [23]

### Obecně k počátku klíčení semen

Přijímání vody do koloidního systému semen (nejvyšší stupeň hydratace je v embryu) je narušen jejich klid a dojde k obnovení metabolické aktivity. Dochází k aktivaci dýchání, stupňuje se enzymatická aktivita, která je nezbytná k mobilizaci látek uložených v endospermu a dělohách. Po té dochází k růstu radikuly embrya skrz prasklou cestu. Kořínek roste ze začátku prodlužováním buněk v embryu. S přijímáním vody do semen dochází k zvýšení intenzity dýchání. V první etapě je to anaerobní typ dýchání, po 24-36 hod. začíná aerobní systém citrátového cyklu (vznik ATP). Současně probíhá enzymatická mobilizace zásobních látek (hlavně škrobu) semen a translokace látek do zárodku.

### Závěr

Z předcházejících poznatků z publikací jak o Green redukcí grafen-oxidu fytochemikáliemi, složení semen hořčice bílé a o obecném fyziologickém ději při počátku klíčení v semenu, můžeme předpokládat, že došlo k redukční reakci v místě kontaktu semene s fólií. Tento předpoklad podporuje i změna morfologie povrchů fólií v místě přímého kontaktu se semenem v porovnání s povrchem fólie mimo položené semeno, viz obr. 2 (a-l), mikroskopické snímky.

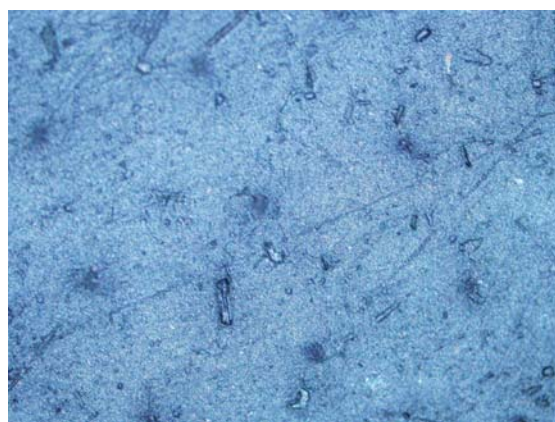
Dalším faktorem mající vliv na inhibici klíčení může být ovlivnění enzymatické aktivity způsobené rozkladem enzymu mirosinázy, či jeho adsorbci na fólii (biokonjugát) [38]. Nelze vyloučit ani vliv hydrolyzovaných produktů glukosinolátu, kdy glukóza, fruktóza mohou sloužit jako redukční činidlo vůči grafen-oxidu [39, 40]. Musíme počítat i tzv. mikrobiologickou redukcí grafen-oxidu spojenou s extracelulárním přenosem elektronu mezi fázovým rozhraním buňka a grafen-oxid, který je v tomto případě elektron akceptorem [41].



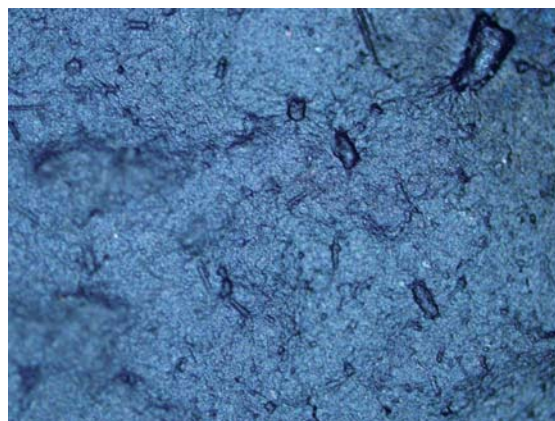
a) GO-CF semeno 10x zvětšeno



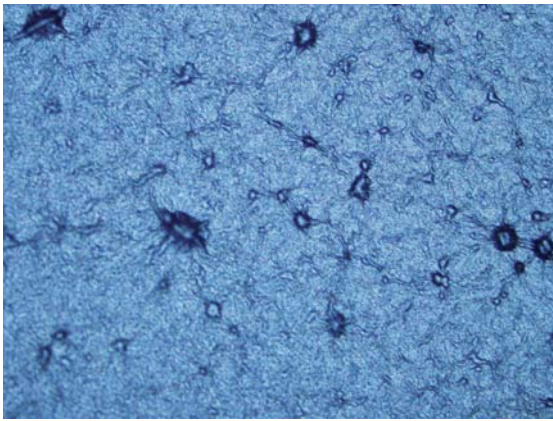
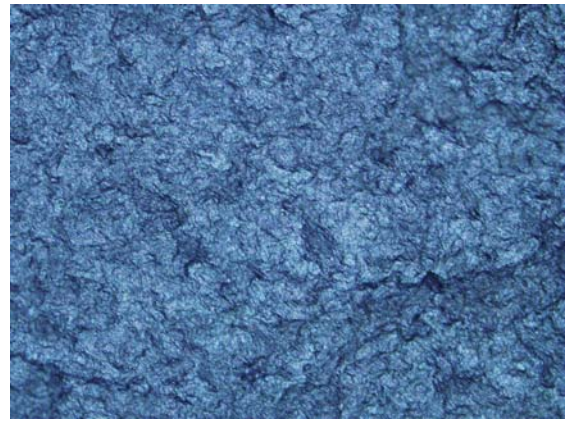
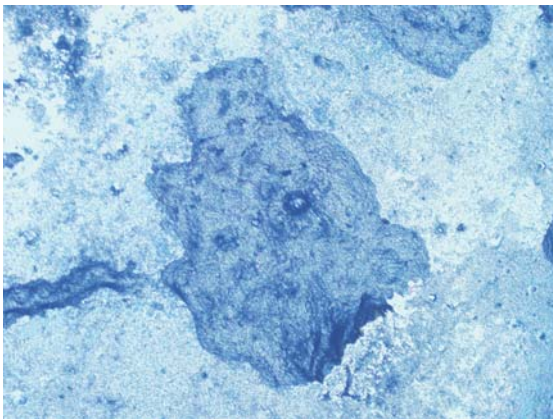
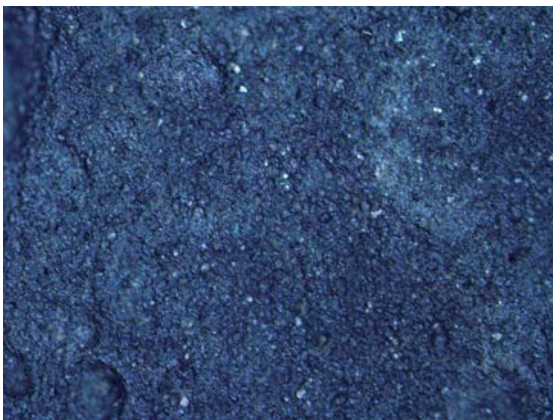
b) GO-CF mimo semeno 10x zvětšeno



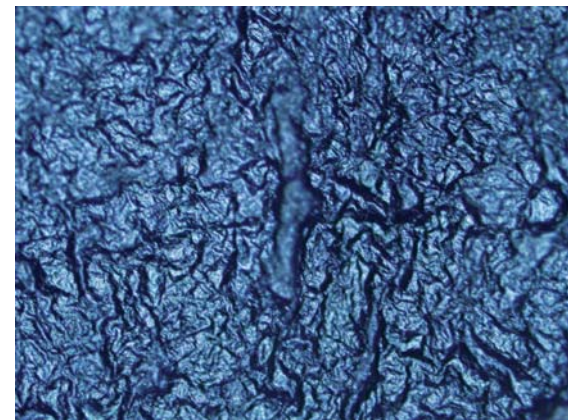
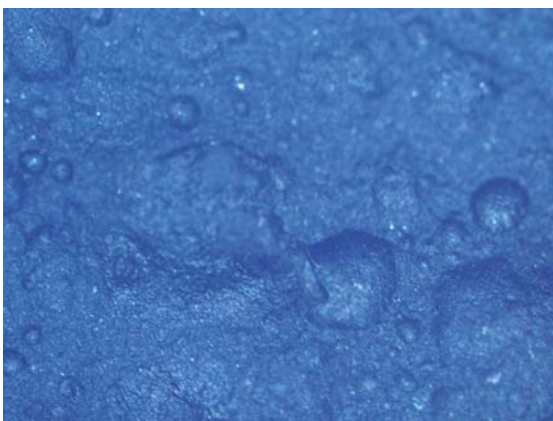
c) GO-biochar semeno 10x zvětšeno



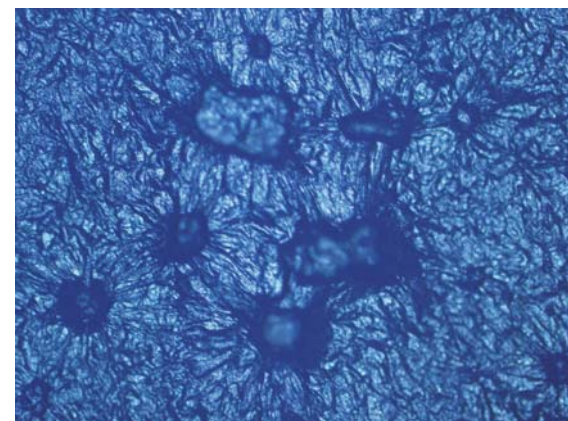
d) GO-biochar mimo semeno 10x zvětšeno

e) GO-C<sub>60</sub> semeno 10x zvětšenoi) C<sub>60</sub>-GO-PCL semeno 10x zvětšenof) GO-C<sub>60</sub> mimo semeno 5x zvětšenoj) C<sub>60</sub>-GO-PCL mimo semeno 10x zvětšeno

g) GO semeno 10x zvětšeno

k) GO-C<sub>60</sub>-PCL semeno 10x zvětšeno

h) GO mimo semeno 5x zvětšeno

l) GO-C<sub>60</sub>-PCL mimo semeno 5x zvětšeno

Obr. 2 Mikroskopické snímky fólií GO-CF, GO- biochar, GO-C60, GO, C60-GO-PCL, GO-C60-PCL



Žádný obecný mechanismus, jak by nanomateriály působily na rostliny, není znám [42] Výsledky fytotoxikologických testů jsou velmi variabilní a v mnoha faktorech se rozcházejí. Všeobecně pro nanomateriály je zmiňováno 5 možných mechanismů jejich účinků [43]:

- poškození buněčných proteinů;
- narušení transportu elektronů v buňce;
- uvolňování toxických látek;
- genotoxicita;
- a jako hlavní mechanismus je brán vznik reaktivních forem kyslíku (ROS)[44].

#### Poděkování

*Príspevek vznikl v rámci projektu Studentské grantové soutěže „Posouzení vlivu na životní prostředí vybranými nanomateriály a produkty tepelné degradace materiálů po styku s vodou z hlediska ekotoxicky“. Číslo projektu SP2016/92.*

#### Použitá literatura

- [1] KOČÍ, V.: (2006): *Význam testů toxicity pro hodnocení vlivů na životní prostředí*. Chemické listy 100, p. 882-888.
- [2] FLETCHER, J.S.; RATSCH, H.C. (1991): *Plant tier testing: A workshop to evaluate nontarget plant testing in Subdivisions*. J.PesticideGuedlines. EPA/600/9-91/041. Corvallis, OR.
- [3] RATSCH, H.C. (1983): *Interlaboratory root elongation testing of toxic substances on selected plant species*. EPA/600/3-83/051. U.S.Environmental Protection Agency, Corvallis, OR.
- [4] KUČEROVÁ, P.; MACKOVÁ, M.; MACEK, T. (1999): *Perspektivy fytořemediace při odstraňování organických polutantů a xenobiotů z životního prostředí*. Chemické listy 93, p.19-26.
- [5] GUO, X.; MEI, N. (2014): *Assesment of the toxic potential of graphene family nanomaterials*. JFDA: 22, p. 105-115.
- [6] JASTRZEBSKA, A.M.; OLSZYNA, A.R. (2015): *The ecotoxicity of graphene family materials: current status, knowledge gaps and future needs*, J Nanopart Res. 17:40.
- [7] MESARIČ, T.; SEPČIČ, K.; PIAZZA, V.; GAMBARDELLA C.; GARAVENTA, F.; DROBNE D.; FAIMALI, M. (2013): *Effects of nano carbon black and single-layer graphene oxide on settlement, survival and swimming behavior of Amphibalanus Amphitrite larvae*. Chem Ecol. 29. p. 643-652.
- [8] AHMED, F.; RODRIGUES, D.F. (2013): *Investigation of acute effects of graphene oxide on wastewater microbial community: a case study*. J Hazard Mater p. 256-257:3-39.
- [9] WANG, G.; QUIAN, F.; SALTIKOW, C. W.; JIAO, Y.; LI, Y. (2011): *Microbial reduction of graphene oxide by Shewanella*. Nano Res 4, p. 563-570.
- [10] LIQIANG, C.; PINGPING, H.U.; LI, Z.; SIZHOU, H.; LINGFEI, L.; CHENGZHI, H. (2012): *Toxicity of graphene oxide and multi-walled carbon nanotubes against human cells and zebrafish*. Sci China Chem 55, p. 2209-2216.
- [11] ZHOU X.; LAROCHE, F.; LAMERS, G.E.M.; TORRACA, V.; VOSKAMP, P.; LU, T.; CHU, F.; SPAINK, H.P.; ABRAHAMS J.P.; LIU, Z. (2012): *Ultra - small graphene oxide functionalized with polyethylenimine (PEI) for very efficient gene delivery in cell and Zebrafish embryos*. Nano Res 5: 2012.
- [12] FUGETSU, B.; BEGUM, P.; IKHTIARI R. (2011): *Graphene phytotoxicity in the seedling stage of cabbage tomato, red spinach and lettuce*. Carbon Vol. 49, I: 12, p. 3907-3919.
- [13] ANJUM, N.A.; SINGHT, N.; SINGHT, M.K.; SHAN, Z.A.; DUARTE, A.C.; PEREIRA, E.; AHMAD, I. (2013): *Single-layer graphene oxide sheet tolerance and glutathione redox system significance assessment in faba bean (Vicia faba L.)*. J Nanopart Res. 55:1770, p. 1-12.
- [14] WANG, Y.; ZHAOUHI, L.; WANG, J.; JINGHONG, L.; YUEHE, L. (2011): *Graphene and graphene oxide: biofunctionalization and applications in biotechnology*. Trends in Biotechnology Vol. 29, No. 5, p. 205-212.
- [15] LI, H.; FIERENS, K.; ZHANG, Z.; VANPARIJS, N.; SCHUIJS, M.J.; VANSTEENDAM, K.; GRACIA, N.F.; RYCKE, R.D.; BEER, T.D.; BEUCKELAER, A.D.; KOKER, S.D.; DEFORCE, D.; ALBERTAZZI, L.; GROTEN, J.; LAMBRECHT, B.N.; GEEST, B-G.D. (2016): *Spontaneous Protein Adsorption on Graphene Oxide Nanosheets Allowing Efficient Intracellular Vaccine Protein Delivery*. Appl. Mater. Interfaces 8 (2) p. 1147-1155.
- [16] KU, S.H.; LEE, M.; PARK, CH.B. (2013): *Carbon- based Nanomaterials for Tissue Engineering*. Adv. Healthcare Mater. 2, p. 244-260.
- [17] AN, J.; GOU, Y.; YANG, C. et al (2013): *Synthesis of biocompatible gelatin functionalized graphene nanosheets and its application for drug delivery*. Mater SciEng C Mater BiolAppl. (33), p. 2827-2837.
- [18] LIU, Y.; YU, D.; ZENG, C.: et al. (2010): *Biocompatible graphene oxide-based glucose biosensors*. Langmuir (26), p. 6158-6160.
- [19] PAN, Y.; SAHOO, N.G.; LI, L. (2012): *The application of graphene oxide in drug delivery*. Expert Opin Drug Deliv. (9) 1365- 1376.
- [20] CHUA, CH.K.; PUMERA, M. (2014): *Chemical reduction of graphene oxide: a synthetic chemistry view point*. Chem Soc Rev (43), p. 291-312.
- [21] AGHARKAR, M.; KOCHREKAR, S.; HIDOURI, S.; AZEEZ, M.A. (2014): *Trends in green reduction of graphene oxides, issues and challenges: a review*. Material Research Bulletin (59). p. 323-328.
- [22] WANG, Y.; SHI, Z.; YIN, J. (2011): *Facile Synthesis of Soluble Graphene via a Green Reduction of Graphene Oxide in Tea Solution and Its Biocomposites*. ACS Appl. Mater. Interfaces 3 (4), p. 1127-1133.
- [23] KUILA, T.; BOSE, S.; KHANRA, P.; MISHRA, K.; KIM, N.H.; LEE, J.H. (2012): *A green approach for the reduction of graphene oxide by wild carrot root*. Carbon 50, p. 914-921.
- [24] HAIGHIGHI, B.; TABRIZI, M.A. (2013): *Green synthesis of reduced graphene oxide nanosheets using rose water and a survey on their characteristics and applications*. RSC Adv. 3, p. 13365-13371.
- [25] KHAN, M.; H-AL MARRI, A.; KHAN, M.; SHAIL, M.R.; MOHRI, N.; ADIL, S.F.; KUNIYIL, M.; ALKHATLAN, H. Z.; AL- WARTHAN, A.; TREMEL, W.; TAHIR, M.N.; SIDDIQUI, M.R.H. (2015): *Green Approach for the Effective Reduction of Graphene Oxide Using Salvadora persica L. Root (Miswak) Extract*. Nanoscale Research letters. 10:281.
- [26] SINGH, CH.; ALI, MD.A.; SUMANA, G. (2016): *Green synthesis of graphene Based Biomaterial Using Fenugreek Seeds for lipid Detection*. ACS Sustainable Chem. Eng., 4 (3), p. 871-880.
- [27] AL-MARRI, A.H.; KHAN, M.; KHAN M.; ADIL, S.F.; AL- WARTHAN A.; ALKHATHLAN, H. Z.; TREMEL, W.; LABIS, J.P.; SIDDIQUI, M.R.H.; TAHIR, M.N. (2015): *Pulicaria glutinosa Extract: A Toolbox to Synthesize Highly Reduced Graphene Oxide- Silver Nanocomposites*. Int. J. Mol. Sci. 16. p. 1131-1142.

- [28] RAHMAN, O.S.A.; CHELLASAMY, V.; PONPANDIAN, N.; ARMIRTHAPANDIAN, S.; PANIGRAHI, B.K.; THANGADURAI, P. (2014): *A facile green synthesis of reduced graphene oxide by using pollen grains of *Peltophorum pterocarpum* and study of its electrochemical behavior*. RCS Adv. 4. 56910-56917.
- [29] GURUNATHAN, S.; HAN, J.W.; PARK, J.H.; EPPAKAYALA, V.; KIM, J.H. (2014): *Ginkgo biloba: a natural reducing agent for synthesis of cytocompatible graphene*. Int J Nanomedicine. 9. p. 363-377.
- [30] FERNÁNDEZ-MERINO, M.J.; GUARDIA, L.; PARDES, J.I.; VILLR-RODIL, S.; AOLÍS-FERNANDEZ, P.; MARTINEZ-ALONSO A.; TASCÓN, J.M.D. (2010): *Vitamin C is an ideal substitute for hydrazine in the reduction of graphene oxide suspensions*. J. Phy. Chem. C. 114 (14), pp. 6426-6432.
- [31] LUO, J.; LAI, J.; ZHANG, N.; LIU, Y.; LIU, R.; LIU, X. (2016): *Tannic Acid Induced Self- Assembly of Three-Dimensional Graphene with Good Adsorption and Antibacterial Properties*. ACS Sustainable Chem. Eng. 4 (3), p. 1404-1413.
- [32] BO, Z.; SHUAI, X.; MAO, S.; YANG, H.; QIAN, J.; CHEN, J.; YAN, J.; CEN, K. (2014): *Green preparation of reduced graphene oxide for sensing and energy storage applications*. Scientific reports 4, 4684.
- [33] THAKUR, S.; KARAK, N. (2012): *Green reduction of graphene oxide by aqueous phytoextracts*. Carbon (50), p. 5331-5339.
- [34] ZAID, R.M.; CHONG, F.C.; TEO, E.Y.L.; CHONG, E.N.G. K.F. (2014): *Reduction of graphene oxide nanosheets by natural betacarotene and its potential use as supercapacitor electrode*. Arabian Journal of Chemistry 11. 036.
- [35] ŘEZNIČKOVÁ, P. (2014): *Olejnata semena*, bakalářská práce, LF, Masarykova univerzita Brno.
- [36] ANDERSSON, E.; JORGENSEN, L.B.; HOGLUND, AS.; RASK, L.; MEIJER J. (2001): *Different myrosinase and idioblast distribution in Arabidopsis and brassica napus*. Plant Physiolog, 127, p. 1750-1763.
- [37] ZHAO J.; WANG, Z.; WHITE, J.C.; XING, B. (2014): *Graphene in the Aquatic Environment: Adsorption, Dispersion, Toxicity and Transformation*. Environ. Sci. Technol., 48, 9995-10009.
- [38] ZHU, C.Z.; GUO, J.S.; FANG, X.Y.; DONG, J.S. (2010): *Reducing Sugar: New Functional Molecules for the green Synthesis of graphene Nanosheets*. ACS Nano 4, p. 2429-2437.
- [39] AKHAVAN O.; CHADERI, E.; AGHAYEE, S.; FERAYDOONI, Y.; TALEBI, A. (2012): *The use of a glucose-reduced graphene oxide suspension for photothermal cancer therapy*. J. Mater. Chem. 22, p. 13733-13781.
- [40] WANG, G.; QIAN, F.; SALTIKOV, CH.W.; JIAO, Y.; LI, Y. (2011): *Microbial reduction of graphene oxide by Shewanella*. Nano Res, 4, p. 563-570.
- [41] CYRUSOVÁ, T.; PODLIPNÁ, R.; VANĚK, T. (2015): *Vliv nanočástic na rostliny*. Chem. Listy, 109, p. 276-280.
- [42] SOVOVÁ, T.; KOČÍ, V. (2012): *Ekotoxikologie nanomateriálů*, Chem. Listy 106, p. 82-87.
- [43] FU, P.P.; XIA, Q.; HWANG, H.M.; RAY, P.C.; YU, H. (2014): *Mechanisms of nanotoxicity: Generation of reactive oxygen species*. Journal of food and drug Analysis. 22. p. 64-75.

# Zhodnocení detekčních metodologií IDS ve vztahu k ICS

## Evaluation of IDS Detection Methodologies in Relation to ICS

Ing. Jan Vávra

Ing. Martin Hromada, Ph.D.

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky  
Nad Stráněmi 4511, 760 05 Zlín  
jvavra@fai.utb.cz, hromada@fai.utb.cz

### Abstrakt

Rychlá evoluce současných informačních a komunikačních technologií vedla ke vzniku nových kybernetických útoků. Tento vývoj ovlivnil i průmyslové řídicí systémy (dále jen ICS). Ty jsou součástí kritické informační infrastruktury a významně ovlivňují současnou společnost. Tyto donedávna izolované systémy se staly více zranitelné vůči kybernetickým útokům. Z tohoto důvodu je tento článek zaměřen na systém detekce narušitele (dále jen IDS) v kybernetickém prostředí. Výsledkem tohoto článku bude specifikace a zhodnocení detekčních metodologií IDS s ohledem na ICS.

### Klíčové slova

Kybernetická bezpečnost, detekce signatur, detekce anomálií, systém detekce narušitele, průmyslový kontrolní systém.

### Abstract

The rapid evolution of contemporary information and communication technologies has led to the emergence of new cyber-attacks. This development also affected the Industrial Control Systems (ICS). They are part of the critical information infrastructure and significantly affect contemporary society. These recently isolated systems become more vulnerable to cyber-attacks. For this reason, the article is directed to an intrusion detection system (IDS) in the cyber environment. The result of this article will be the specification and evaluation of IDS detection methodologies with relation to ICS.

### Keywords

Cyber security, signature detection, anomaly detection, intrusion detection system, industrial control system.

### Úvod

Zvyšující se počet kybernetických útoků souvisejících s ICS má eminentní vliv na kybernetickou bezpečnost v tomto sektoru. V souladu s tím je zapotřebí zavést systém detekce narušitele (dále jen IDS) v ICS systémech. HORKAN (2015) dospěl k závěru, že IDS se stane nedílnou součástí ICS systému. Kromě toho Poller (2013) předpovídal rostoucí závislost ICS systémů na IT, proto procento průmyslových podniků využívající IDS rychle poroste. Implementace IDS systému v prostředí ICS je široce diskutováno těmito autory: (Cheung et al, 2006; Verba a Milvich, 2008; Valli, 2009; Fovino et al, 2010; Zhu a Sastry, 2013; Yang et al., 2013; Maglaras a Jiang, 2014). Kromě toho Verba a Milvich (2008) naznačují, že současný stav IDS založeného na detekci podle signatur nebo anomálií není na takové úrovni, aby IDS bylo široce využíváno v rámci těchto systémů. V souladu s tímto tvrzením je zapotřebí dalšího výzkum v této oblasti. Cílem tohoto článku je zhodnocení současného stavu IDS detekčních metodik založených na signaturách a anomáliích. Prvním cílem bylo vyhodnotit současného stavu pravidel pro IDS založených na signaturách vztahující se k ICS. K tomu byly využity hojně využívaná pravidla z databázi Snort a QuickDraw. Druhý cíl článku je zaměřen na zhodnocení a názornou demonstraci detekce založené na anomáliích. V tomto

případě byl využit dataset [5] (soubor dat zachycené komunikace na síti) popisující komunikaci v rámci elektrické sítě. V rámci těchto dat je obsažena jak normální nežádavá komunikace tak také kybernetické útoky a závady systému.

### Průmyslové řídicí systémy

Průmyslové řídicí systémy (ICS) jsou systémy navrhnuté pro podporu, řízení a kontrolu průmyslových procesů. Ty jsou významnou součástí kritické informační infrastruktury, kde pronikají do oblastí dopravních systémů, elektráren, přehrad, zpracování vody, výroby oleje, chemikálií, distribuce plynu, atd.

Průmyslové řídicí systémy jsou v dnešní době rozvinutým odvětvím, které má pozitivní vliv na soudobou společnost. Tlak na zvyšování efektivity a interoperability ICS má však za následek vznik nových zranitelností. V jejich důsledku se chráněný systém stává více náchylný vůči hrozbě kybernetického útoku.

Rozsáhlou oblast ICS můžeme rozdělit do dvou hlavních oblastí. První z nich je geograficky nezávislý „Supervisory Control and Data Acquisition“ (SCADA) systém. Do druhé skupiny je zařazen geograficky závislý systém jako „Distributed Control System“ (DCS).

### Systém pro odhalení nepovoleného průniku do chráněného systému

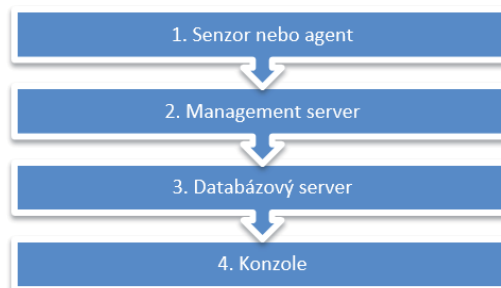
Intrusion Detection System (dále jen IDS) neboli systém pro detekci průniku je definován jako nástroj pro detekci narušitele. Jedná se o reaktivní nástroj, který monitoruje události, ze kterých dále identifikuje a zaznamenává škodlivé a nebezpečné chování na počítačové síti nebo v počítačovém systému. Toto chování reportuje obsluze, která na ni patřičně reaguje.

### Systém pro prevenci před nepovoleným průnikem do chráněného systému

Intrusion Prevention System (dále jen IPS) neboli systém pro prevenci průniku je definován jako nástroj pro prevenci před narušitelem. IPS je vybaveno všemi důležitými vlastnostmi, které jsou charakteristické pro IDS. Jedná se o proaktivní a prevenční systém, který automaticky a flexibilně reaguje na kybernetické útoky. IPS může konfigurovat bezpečnostní prostředí v rámci počítačové sítě a tím zabránit kybernetickému útoku aby uspěl.

### Architektura IDS

Architektura IDS může být v určitých případech mírně rozdílná, avšak jsou zde základní prvky, které IDS vždy obsahuje. Ty jsou vyznačeny obr. 1.



Obr. 1 Obecná architektura IDS [1]

Jako první a základní prvek v obr. 1 je vyznačen senzor, který je také známý pod označení agent. Jedná se o prvek IDS, který je na nejzákladnější úrovni a je využíván pro monitorování, snímání

a analyzování datového provozu. Pojem senzor je více využíván ve spojitosti s NIDS, zatímco agent je využíván ve spojitosti s HIDS. [1]

Management server je centralizované zařízení, které přijímá informace od agentů nebo senzorů. Tyto data může dále zpracovávat na kvalitativně vyšší úrovni, než to dokážou agenti nebo senzory. V závislosti na vstupech z více senzorů nebo agentů může management server provádět korelaci vstupů, čímž lze dosáhnout kvalitnější detekce. Výstupy z management serveru lze poté použít při kontrole a řízení jednotlivých senzorů nebo agentů.

Databázový server je určen pro ukládání zaznamenané datové komunikace ze senzorů nebo agentů. Také může být využit jako vědomostní databáze skladování signatur a dalších detekčních metodologií pro identifikaci narušitele. Konzole je programové rozhraní mezi uživatelem a IDS. Konzole se běžně využívá pro administraci, popřípadě konfiguraci senzorů nebo agentů. [1]

### Detekce na rušení pomocí signatur

Každé pravidlo založené na signaturách začíná hlavičkou, ve které jsou uvedeny důležité informace pro její základní specifikaci. V rámci každého pravidla je jeho hlavička využita pro definici specifických kritérií, které ho definují a umožňují proces porovnávání mezi pravidlem a datovým provozem. Specifikována je zde i případná akce, která je vykonána v případě nalezení shody. Pro názornou demonstraci je v obr. 2 popsána architektura hlavičky pravidla.

Akce	Protokol	Adresa	Port	Směrový operátor	Adresa	Port
------	----------	--------	------	------------------	--------	------

Obr. 2 Hlavička pravidla [2]

Jednotlivé sekce znázorněné v obr. 2 jsou dále rozebrány:

- **Akce** - jedná se o specifickou akci, která se uskuteční v případě, kdy pravidlo přesně odpovídá analyzovanému paketu. Tato oblast může definovat činnosti jako je generování výstrah, záznam, ignorování, blokování paketu a mnoho dalších.
- **Protokol** - tato oblast definuje komunikační protokol, pro který je pravidlo navrženo.
- **Adresa** - je IP adresa, která je považována za zdrojovou nebo cílovou v závislosti na směrovém operátoru. Tato IP adresa může zastupovat jedno zařízení nebo skupinu několika zařízení.
- **Port** - jedná se o zdrojový nebo cílový port využívány při síťové komunikaci.
- **Směrový operátor** - určuje která adresa a port je považovaný za zdrojový nebo cílový.

Zbývající část analyzovaného pravidla obsahuje detailnější kritéria využitá pro detekci kybernetického útoku a doprovodné informace. Příklad kompletního pravidla je možno vidět v obr. 3

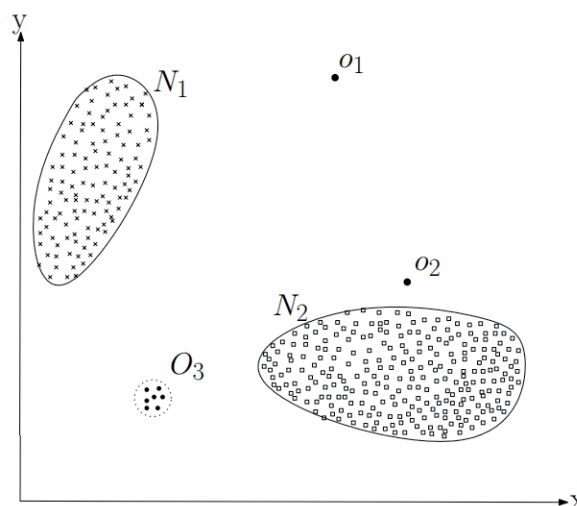
```
alert tcp $EXTERNAL_NET 20000 -> $HOME_NET any (msg:"PROTOCOL-SCADA DNP3 unsupported function code eError";
flow:established,to_client; dnp3 ind:no_func_code_support;
reference:url,www.dnp.org/About/Default.aspx; classtype:protocol-command-decode; sid:15718; rev:5;)
```

Obr. 3 Příklad pravidla využívaného v IDS Snort [3]

### Detekce založená na anomáliích

Tato metoda detekce je založena na rozpoznávání anomálního chování datového provozu. Přičemž každé vybočení od normálního chování může znamenat počátek nebo průběh kybernetického útoku proti chráněnému systému. Samotná detekce anomálií má své uplatnění v celé řadě oborů jako je například odhalování pojistných podvodů, boj proti kybernetickým útokům, či detekce nádorů v lidském těle. Základní ukázka detekce anomálií ve dvoudimenzionálním prostoru je v obr. 4, kde skupiny N1, N2 jsou považovány za normální nezávadné chování a provoz. Naproti tomu skupiny o1, o2 a O3 jsou prvky, které se nacházejí mimo vytyčené

skupiny normálního chování a tudíž je lze považovat za anomálie, které mohou být potenciálně škodlivé pro sledovaný systém.



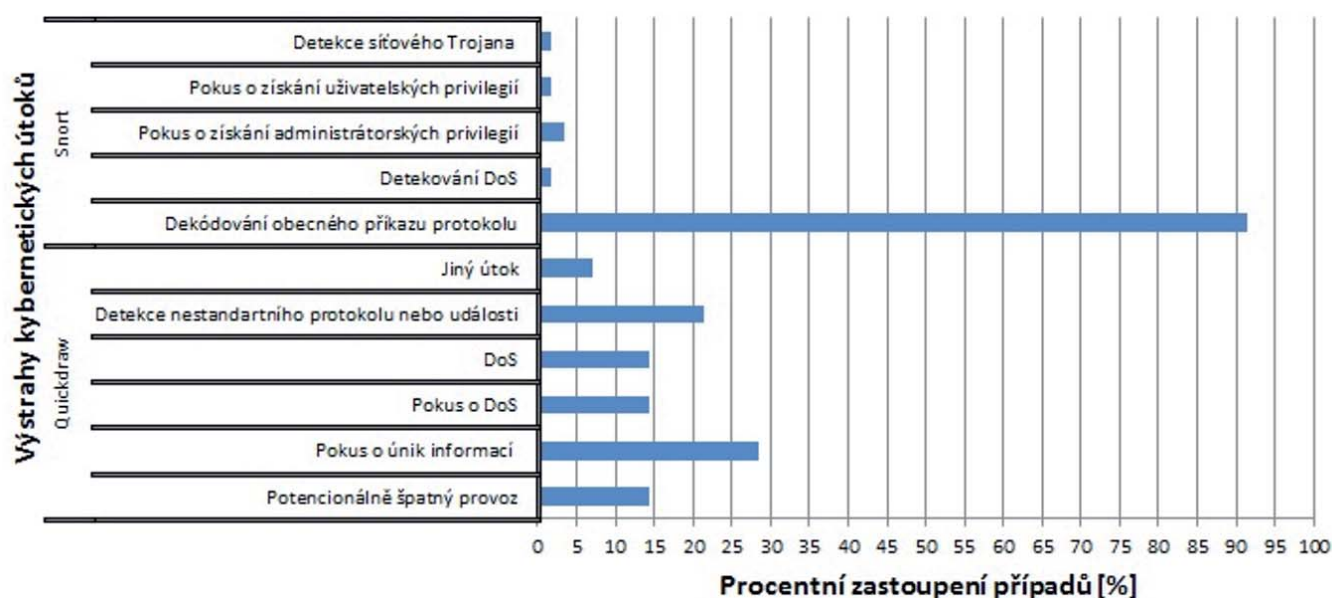
Obr. 4 Ukázka anomálií ve dvoudimenzionálním prostoru [4]

K detekci anomálií je nutné vytvoření vzoru tzv. „normálního provozu“. Jedná se o soubor aktivit, které jsou známé a pro počítačovou síť v podstatě nezávadné. Bezpečnostní profil chráněné sítě vzniká dlouhodobým monitorováním bezpečného síťového provozu. Tento profil bezpečného síťového provozu slouží jako referenční hodnota, vůči které porovnávána síťový provoz v reálném čase. Předností této metody je reakce na neznámé kybernetické útoky, které ještě nebyly zaregistrovány. Nevýhodou může být v některých případech špatné nastavení referenčního profilu, což může vést k identifikaci velkého počtu incidentů jako false positive. Taktéž nebezpečné chování obsažené v referenčním profilu může vést ke špatné identifikaci kybernetických útoků. Anomálie mohou vzniknout z následujících důvodů: kybernetického útoku, selhání systému nebo člověka nebo špatně nastaveného systému. V současné době je využíváno následujících technik pro detekci anomálií: KNN, One class support vector machines, neuronové sítě, analýza clusterů, fuzzyho logika. Z tohoto výčtu lze vidět, že detekce anomálií je v úzkém vztahu s data mining, machine learning a umělou inteligencí.

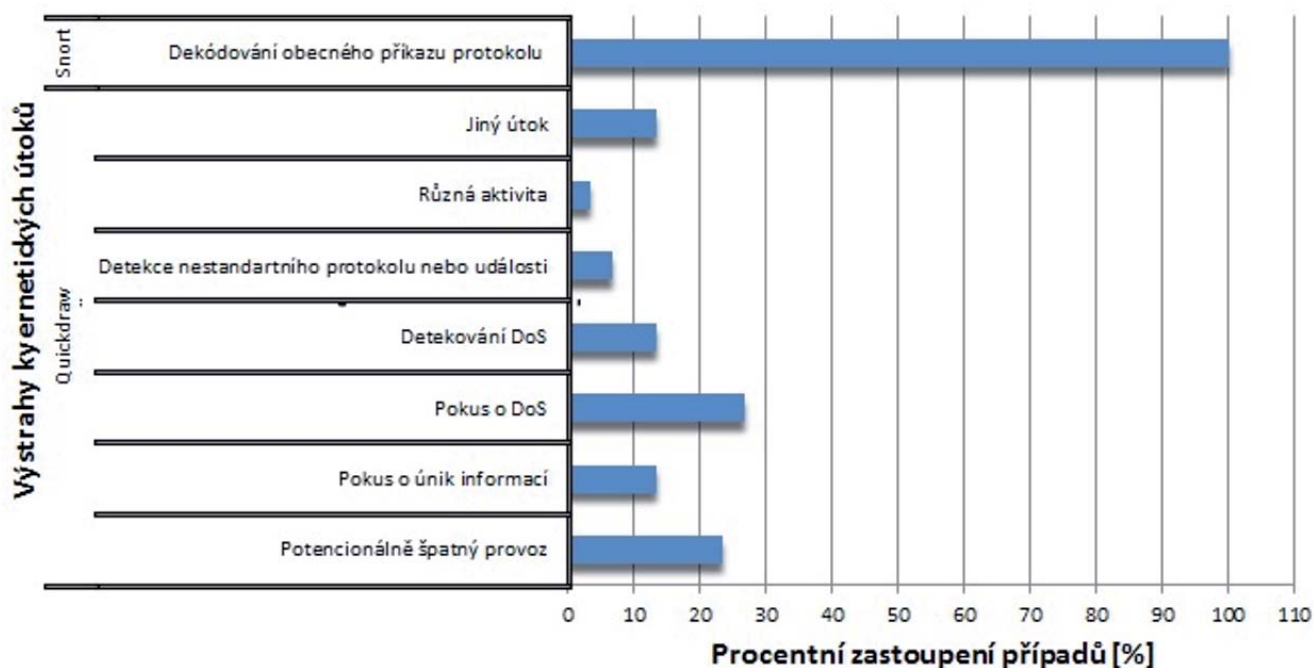
### Výsledky

Účelem této studie je vyhodnocení IDS detekčních metodologií ve vztahu ke SCA ve vztahu k ICS systémům. Z tohoto důvodu byly zvoleny dva cíle. V prvním cíli bude porovnán současný stav pravidel založených na signaturách z databázi Snort a Quickdraw ve vztahu ke komunikačním protokolům DNP3 a Modbus. Pro Modbus protokol je využíváno portu 502 a pro DNP3 protokol je využito portu 20000. Konečný počet pravidel využitých pro tuto studii je více jak 100 vzorků. Druhá část článku popisuje IDS založeným na detekci anomálií. K tomu je využit dataset [5] vytvořený pro testování detekčních metodologií založených na anomáliích. Jedná se o zaznamenanou komunikaci v rámci elektrické sítě.

První cíl této studie si dává za úkol zhodnotit výstrahy pravidel. Obr. 5 ukazuje rozložení Snort a Quickdraw výstrah, které se vztahují k pravidlům zaměřených na Modbus komunikační protokol. Každá výstraha je reprezentovaná procentem případů. Ze srovnání vyplívá eminentní rozdíl mezi Snort a Quickdraw pravidly. Zastoupení jednotlivých výstrah je rozdílné. Skoro 92 % všech Snort pravidel je zaměřeno na ochranu před Dekódování obecného příkazu protokolu. Na druhé straně jsou Quickdraw pravidla zejména zaměřena na ochranu před Pokusy o únik informací s 28 % z celkových Quickdraw pravidel a Detekci nestandardního protokolu nebo události s 21 % z celkových Quickdraw pravidel.



Obr. 5 Porovnání IDS výstrah ve vztahu s Modbus protokolem



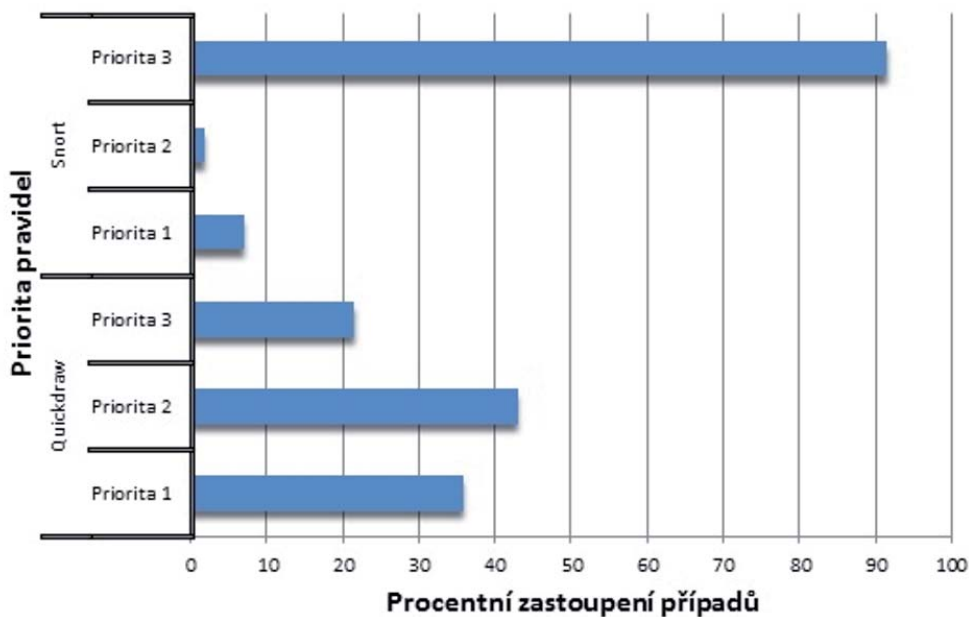
Obr. 6 Porovnání IDS výstrah ve vztahu DNP3 protokolem

K úplnému naplnění prvního cíle této studie je nutné provést komparaci výstrah pravidel zaměřených na DNP3 protokol. Jak je vidět z obr. 6 všechny Snort pravidla jsou zaměřena na kybernetický útok založený na Dekódování obecného příkazu protokolu (100 %), zatímco Quickdraw pravidla jsou více různorodá. Ty jsou zodpovědné za ochranu ICS systémů před Pokusem o DoS (27 %) a Potencionálně špatným provozem (23 %).

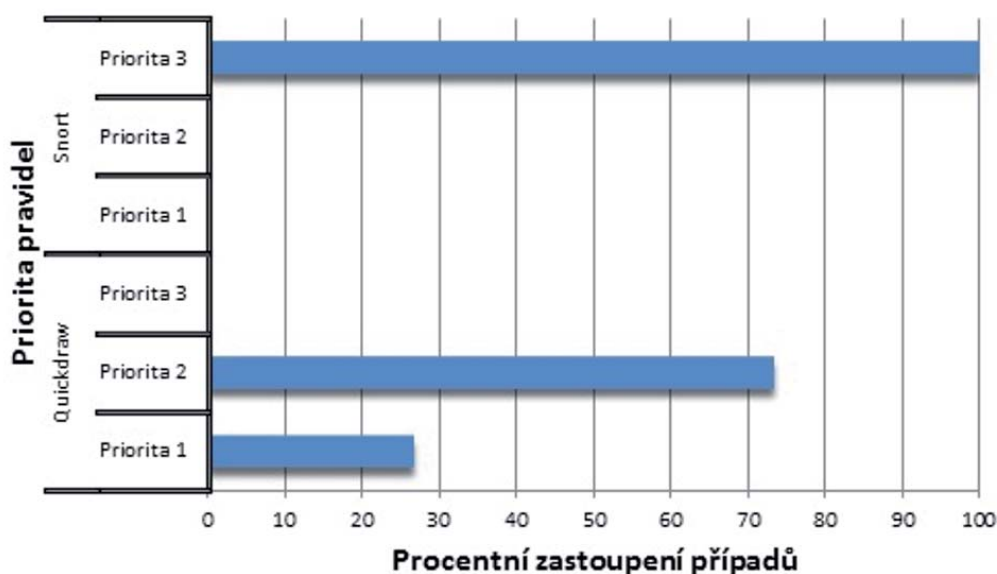
Z další perspektivy lze analyzovaná pravidla specifikovat podle porovnání priority Snort a Quickdraw pravidel v rámci Modbus a DNP3 komunikačních protokolů. Pravidla s prioritou 1 jsou považována za nejvíce závažná, naopak pravidla s prioritou 3 jsou považována za nejméně důležitá. Jak je možné vidět v obr. 7 nejvíce Snort Modbus pravidel je charakterizováno prioritou 3 (91 %). Oproti tomu Quickdraw Modbus pravidla jsou charakterizována prioritou 2 (43 %) a prioritou 1 (36 %).

Závěrečná část tohoto cíle se zabývá specifikací Snort a Quickdraw priorit pravidel ve vztahu s DNP3 komunikačním protokolem. Z obr. 8 lze vyvodit, že všechny Snort DNP3 pravidla jsou definována s prioritou 3. Oproti tomu v případě Quickdraw převažují pravidla s prioritou 2 (73 %).

Druhý cíl této studie je zaměřen na analýzu detekčních metodologií zaměřených na anomálie. Již zmíněný dataset, který byl využit v rámci tohoto článku. Ten poskytuje nezbytné základní data potřebné k testování metodologií založených na detekci anomálií. V data v rámci tohoto datasetu jsou rozdělena podle toho, jestli se jedná o normální provoz, kybernetický útok nebo o selhání systému. Pro analýzu datasetu byl zvolen nástroj WEKA, který je zaměřen na data mining a machine learning. Vizualizace datasetu a jeho rozložení podle typu událostí. V obr. 9 jsou znázorněny jednotlivé stavy, do kterých lze dataset rozdělit, přičemž normální



Obr. 7 Rozložení priorit Modbus pravidel



Obr. 8 Rozložení priorit DNP3 pravidel

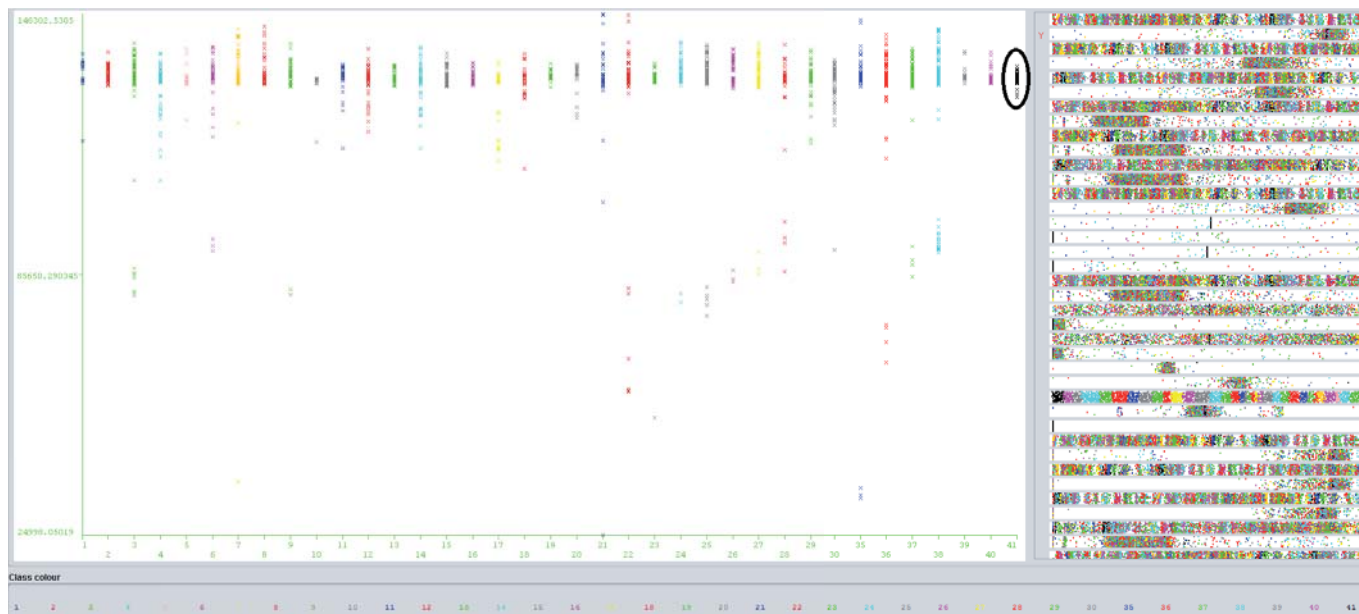
provoz je charakterizován třídou 41 dále znázorněnou černou barvou, kybernetický útoky jsou charakterizovány třídami 7-12 a 15-30 a selhání systému je definováno třídami 1-6 a 13-14.

Kybernetické útoky a nebezpečné projevy systému jsou často doprovázeny anomáliemi, které lze detekovat. Tyto výkyvy normálního chování lze poté filtrovat a v tomto směru i zabránit újmě nebo napadení systému. Pro detekci anomálií bylo vybráno filtrování dat pomocí mezikvartilového rozpětí. Jak je vidět z obr. 10 tak mezikvartilové rozpětí rozčlenilo data na dvě skupiny. Na tu, kde nejsou detekovány anomálie, či extrémní hodnoty a na skupinu kde jsou detekovány anomálie, či extrémní hodnoty. V první skupině jsou řazeny především data ze třídy 41, která je určena pro normální provoz. Ostatní data jsou řazena do druhé skupiny.

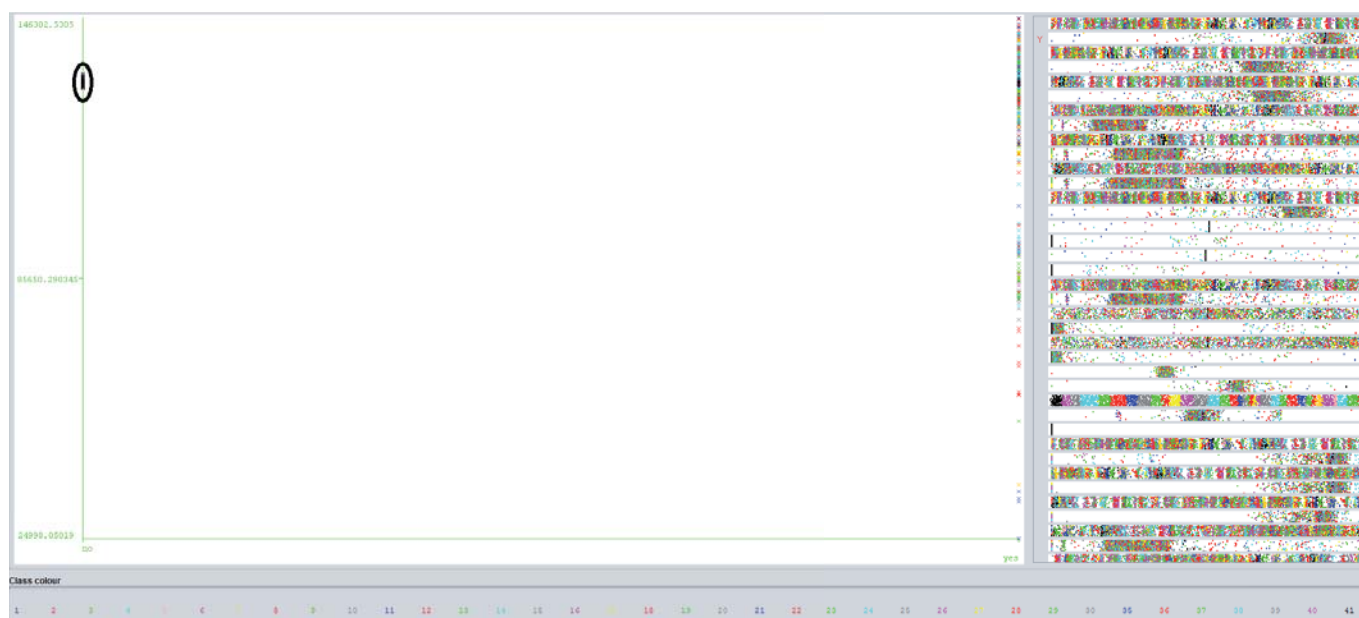
Úplnou a detailní charakteristika filtrovaných dat je znázorněna v obr. 11. Zde je ukázán celkový poměr mezi daty definovanými jako normální provoz (2055 záznamů) a daty charakterizovanými jako extrémní hodnoty (2911 záznamů).

### Závěr

Specifikace IDS pravidel byla provedena ze dvou hledisek. Celkové výsledky naznačují dominanci Snort pravidel z hlediska jejich počtu. Nicméně jejich rozmanitost je malá a velká většina je zaměřena na Dekódování obecného příkazu protokolu. Tento typ výstrahy má však malou prioritu, proto nejsou životně důležité pro ICS kybernetickou bezpečnost. Oproti tomu Quickdraw pravidla poskytují potřebnou různorodost, navíc jsou tyto pravidla primárně zaměřena vůči nebezpečným kybernetickým útokům. Důležitou vlastností značné části Quickdraw pravidel je jejich zaměření vůči DoS. DoS útok může ohrozit dostupnost ICS služeb, což může být fatální pro ICS systémy. Celkové výsledky naznačují značný rozdíl mezi Snort a Quickdraw pravidly. Lze konstatovat, že každý systém spoléhající se pouze na Snort pravidla je zranitelný vůči značnému počtu kybernetických útoků. Nicméně pravidla Snort se mohou využít jako doplněk ke stávajícím Quickdraw pravidlům pro zlepšení kybernetické bezpečnosti. Naplnění druhého cíle bylo provedeno s využitím známého datasetu [5] pro testování IDS

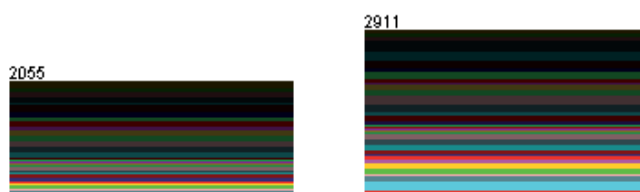


Obr. 9 Separace dat podle tříd



Obr. 10 Rozdělení dat pomocí mezikvartilového rozpětí

detekčních metodologií ve vztahu k ICS. Pro separaci anomálií od normálního datového provozu bylo využito mezikvartilového rozpětí. Z výsledků lze vysledovat, že analyzovaná data byla separována do dvou skupin. Je to skupina, kde se vyskytly anomálie a naopak skupina kde se anomálie či extrémní nevyskytnuly. Separace proběhla zdárně, avšak v závislosti na obr. 11 lze usoudit, že mezikvartilového rozpětí není příliš vhodné pro IDS. Mezi anomálie byl zařazen i část normálního provozu, na druhou stranu do normálního provozu byly začleněny i některé anomálie. I když separace normálního a anomálního provozu neproběhla úplně tak velká řada anomálií byla separována. Tento postup může zabránit dosud neznámým kybernetickým útokům, které by detekce pomocí signatur nezachytila. Poté kombinací detekce pomocí anomálií a signatur, lze dosáhnou detekce a ochrany systému na kvalitativně vyšší úrovni.



Obr. 11 Specifikace normálních a extrémních hodnot

#### Acknowledgment

*Tato práce byla financována prostřednictvím Interní Grantové Agentury (IGA/FAI/2016/014) a podporována projektem ev. no. VI20152019049 "RESILIENCE 2015: Dynamické hodnocení odolnosti souvztažných subsystémů kritické infrastruktury" podporovaný Ministerstvem vnitra České republiky v letech 2015-2019.*

**Použitá literatura**

- [1] SCARFONE, K.; MELL, P.: *Guide to Intrusion Detection and Prevention Systems (IDPS): Recommendations of the National Institute of Standards and Technology* [online]. 2007 [cit. 2016-6-03].
- [2] SHAH, S.; SINGH, N. Ms Purnima.: Signature-Based Network Intrusion Detection System Using SNORT And WINPCAP. In: *International Journal of Engineering Research and Technology*. ESRSA Publications, 2012.
- [3] *The Snort Intrusion Detection System*. [Online] Available: <https://www.snort.org/>, 2016.
- [4] CHANDOLA, V.; BANERJEE, A.; KUMAR, V.: *Anomaly detection: A survey*. *ACM computing surveys* (CSUR), 2009, 41.3: 15.
- [5] PAN, S.; MORRIS, T.; ADHIKARI, U.: *Developing a Hybrid Intrusion Detection System Using Data Mining for Power Systems*, IEEE Transactions on Smart Grid. doi: 10.1109/TSG.2015.2409775.