

**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

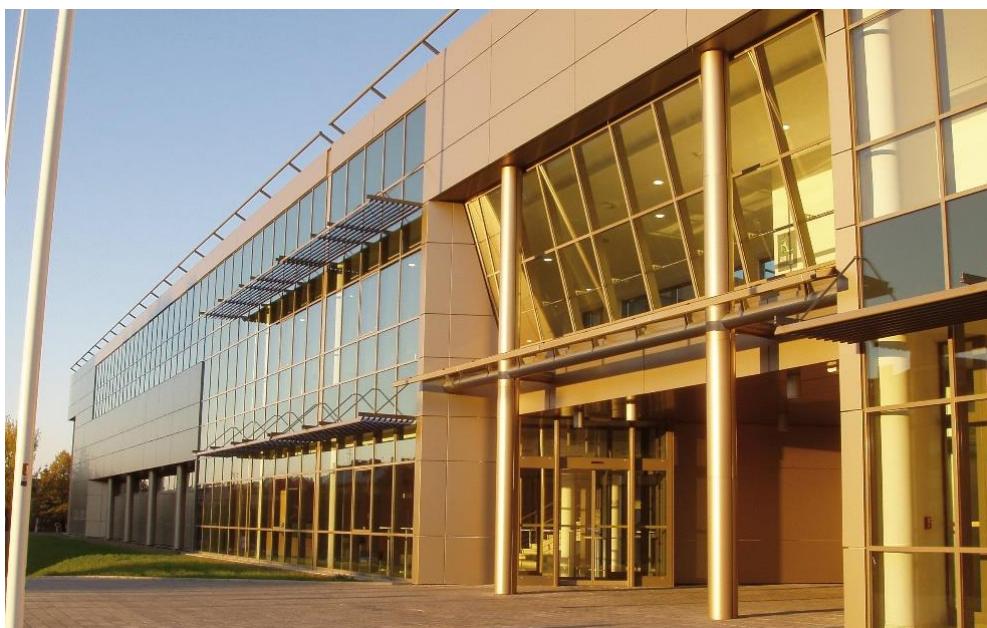
**Sdružením požárního a bezpečnostního inženýrství, z.s.**



Sborník přednášek

# MLADÁ VĚDA 2019

XVI. ročníku mezinárodní konference mladých vědeckých pracovníků a doktorandů



4. září 2019

Ostrava



**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 2019

XVI. ročníku mezinárodní konference mladých vědeckých pracovníků a doktorandů

4. září 2019

Ostrava

## **MLADÁ VĚDA 2019**

Sborník přednášek XVI. 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 978-80-7385-222-1**

## Konference se koná pod záštitou

doc. Ing. Jiřího Pokorného, Ph.D., MPA

děkana Fakulty bezpečnostního inženýrství VŠB – Technické univerzity Ostrava

### ODBORNÝ GARANT KONFERENCE:

David ŘEHÁK VŠB – Technická univerzita Ostrava, Česká republika

### VĚDECKÝ VÝBOR KONFERENCE:

Milan ADÁMEK	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Česká republika
Karla BARČOVÁ	VŠB – Technická univerzita Ostrava, Česká republika
Aleš BERNATÍK	VŠB – Technická univerzita Ostrava, Česká republika
Zdeněk DVOŘÁK	Žilinská univerzita v Žiline, Slovenská republika
Jacek DWORZECKI	Jan Dlugosz University in Czestochowa, Polsko
Martin HROMADA	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Česká republika
Roman JAŠEK	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Česká republika
Petr KUČERA	VŠB – Technická univerzita Ostrava, Česká republika
Tomáš LOVEČEK	Žilinská univerzita v Žiline, Slovenská republika
Vladimír MÓZER	Žilinská univerzita v Žiline, Slovenská republika
Balázs Vince NAGY	Budapest University of Technology and Economics, Maďarsko
Jiří POKORNÝ	VŠB – Technická univerzita Ostrava, Česká republika
Witalis PELLOWSKI	Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych, Polsko
Marzena PÓŁKA	Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Polsko
Jozef RISTVEJ	Žilinská univerzita v Žiline, Slovenská republika
Marek RYBAKOWSKI	Uniwersytet Zielonogórski, Polsko
Eva SVENTEKOVÁ	Žilinská univerzita v Žiline, Slovenská republika
Katarzyna TOBÓR-OSADNIK	Politechnika Śląska, Polsko
Mike ZEEGERS	Security Risk Watch, Nizozemsko

### ORGANIZAČNÍ VÝBOR KONFERENCE:

Zuzana BYSTRĚČANOVÁ	Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, z.s.
Lenka ČERNÁ	Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, z.s.
David PATRMAN	VŠB – Technická univerzita Ostrava, Česká republika
Alena ŠPLÍCHALOVÁ	VŠB – Technická univerzita Ostrava, Česká republika

# Obsah

<b>Posouzení krizové připravenosti přesunu pacienta z letiště s podezřením na ebolu</b> Martina Blahová, Martin Hromada	<b>1</b>
<b>Využitie metodiky carver pri hodnotení bezpečnosti objektu dopravnej infraštruktúry</b> Peter Ďurech, Zdeněk Dvořák	<b>7</b>
<b>Prestup tepla vybraným konštrukčným prvkom pri požiari</b> Romana Erdélyiová	<b>11</b>
<b>Šíření požáru prostory instalací</b> Walter Groer	<b>16</b>
<b>Aplikácia analýzy stromu udalostí na negatívne sledy udalostí v železničnej doprave</b> Karolína Hoterová, Zdeněk Dvořák	<b>24</b>
<b>Povrchové změny během tepelné zátěže</b> Vojtěch Ajnkůj, Miroslav Mynarz, Petr Lepík	<b>28</b>
<b>Uplatnenie pdca cyklu pri riešení protivýbuchovej ochrany objektov</b> Richard Jankura, Matúš Ivančo	<b>33</b>
<b>Možnosti využitia simulácií počas prípravy na krízové situácie</b> Michaela Jánošíková, Jozef Ristvej	<b>39</b>
<b>Vplyv kriminality na bezpečnosť prvkov kritickej infraštruktúry v elektroenergetike</b> Roman Kmeť, Nikola Chovančíková	<b>45</b>
<b>Vymezení hrozeb z pohledu ochrany obyvatelstva využitelných pro územní plánování</b> Barbora Machalová, Jiří Pokorný	<b>49</b>
<b>Modelování nežádoucích událostí ovlivňujících funkci prvků kritické infrastruktury</b> Vendula Onderková, David Řehák	<b>53</b>
<b>Využití matematického modelování v oblasti havarijního plánování</b> David Patrman	<b>61</b>

<b>Aktuálne problémy riadenia projektov so zameraním na manažment rizík</b> Jana Šimíčková, Katarína Buganová	<b>67</b>
<b>Bezpečnostní studie obce Čermná nad orlicí</b> Alena Šplíchalová	<b>72</b>
<b>Územní bezpečnost a ochrana obyvatelstva</b> Kateřina Tomanová, Vilém Adamec	<b>79</b>
<b>Teoretické východiská prevencie vzniku krízových javov</b> Zuzana Valášková	<b>83</b>
<b>Umělá inteligence jako nástroj ochrany kritické infrastruktury</b> Jan Vávra, Martin Hromada	<b>89</b>
<b>Výpadek dodávky elektrické energie v nemocnicích</b> Kateřina Víchová, Martin Hromada	<b>100</b>

# POSOUZENÍ KRIZOVÉ PŘIPRAVENOSTI PŘESUNU PACIENTA Z LETIŠTĚ S PODEZŘENÍM NA EBOLU

Ing. Marta BLAHOVÁ<sup>1</sup>, doc. Ing. Martin HROMADA, Ph.D.<sup>1</sup>

**Abstrakt:** Cílem tohoto článku je posouzení připravenosti přesunu pacienta z letiště s podezřením na Ebolu záchrannými složky Integrovaného záchranného systému České republiky. Upozornění na možná rizika a příčiny při transportu pacienta. V jedné z částí článku je část věnována současné platné legislativě upravující součinnost IZS, hospodářských opatření pro krizové stavy, funkce správy státních hmotných rezerv, materiálové zabezpečení vybraných složek IZS a práce BIOHAZARD TEAMU. V hlavní části článku je popsán samotný průběh mimořádné události. Jedna z kapitol je zaměřena na analýzu a vyhodnocení rizik při transportu. Dále je řešena problematika transportu, rizik a problémů, se kterými se mohou zasahující členové složek IZS setkat. V závěru článku je navrženo opatření napomáhající minimalizace rizik při transportu nakaženého pacienta.

**Klíčová slova:** integrovaný záchranný systém, mimořádná událost, Ebola, HOPKS, BIOHAZARD TEAM

## Úvod

Při zpracování tohoto článku byl silný důraz kladen na současné vybavení jedné složky IZS a doporučení na zlepšení jejího vybavení při mimořádné události. Úkolů v rámci Integrovaného záchranného systému České republiky je celá řada a vybrané složky jako Hasičský záchranný sbor ČR, Zdravotnická záchranná služba ČR a Policie České republiky zde plní specifické úkoly, jako jsou zabezpečení prostoru mimořádné události, ošetření zasažených osob a dekontaminační práce. Důležitým faktorem je nasazení zasahujícího personálu a prostředků, kterými každá složka disponuje, dále pak nasazení techniky a materiálu pro zabezpečení potřebných prací na pomoc činnosti Integrovaného záchranného systému České republiky. V hlavní části je popsána mimořádná událost a zásah BIOHAZARD TEAMU. Jako praktický příklad je uveden a posouzen transport pacienta podezřelého na nákazu virem EBOLA v České republice. Cílem článku je zjistit, popsat a vysvětlit způsob materiálového zabezpečení vybrané složky Integrovaného záchranného systému ČR při zajišťování činností ve prospěch celého IZS. Dále poukázat na jednotlivé oblasti logistického zabezpečení, prostředků a navrhnout možnosti zlepšení nebo odstranění vyskytovaných problémů.

## 1. Podstata integrovaného záchranného systému

IZS není institucí, úřadem, sborem, sdružením ani právnickou osobou. IZS je skutečně systém práce s nástroji spolupráce a modelovými postupy součinnosti (typovými činnostmi) a je součástí systému pro zajištění vnitřní bezpečnosti státu. Jedná se o systém smluvních ujednání podle předpisů stanovenými pravidly. Výjimkou a určitou institucí IZS se od roku 2004 staly operační a informační střediska, což jsou dispečerským způsobem organizovaná a nejmodernější technologií vybavená zařízení pro příjem a distribuci tísňových volání na jednotné evropské číslo tísňového volání 112. Tato centra mají své zaměstnance a stavební a technické vybavení a jsou relativně autonomní součástí Hasičských záchranných sborů krajů (dle jen „HZS krajů), které je personálně a materiálně zabezpečují. Integrovaný záchranný systém (dále jen IZS) je efektivní systém vazeb, pravidel spolupráce a koordinace záchranných a bezpečnostních složek, orgánů státní správy a samosprávy, fyzických a právnických osob při společném provádění záchranných a likvidačních prací a přípravě na mimořádné události. Tak aby stručně řečeno „nikdo nebyl opomenut, kdo pomoci může a vzájemně si nikdo z nich nepřekážel. [2]

<sup>1</sup> Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky  
Nad Stráněmi 4511, 760 05 Zlín  
m6\_blahova@utb.cz

## 2. *Mimořádná událost a transport pacienta s podezřením na ebolu*

Praktická část článku bude zaměřena na nalezení a minimalizaci rizik výjezdového vozidla skupiny BIOHAZARD TEAMU při zásahu mimořádné události. Bude popsána událost při zásahu BIOHAZARD TEAMU při vyhlášení mimořádné události, převoz pacienta při podezření na nebezpečnou nákazu Ebola z letiště na infekční kliniku k jeho hospitalizaci.

Ke zpracování této části využívám poznatky a zkušenosti, které jsem získala při osobní účasti cvičení na letišti Václava Havla v Praze, několika cvičení zásahu BIOHAZARD TEAMU při vyhlášení mimořádných událostí.

Protichemické obleky, transportní BIOVAK nebo dekontaminační sprchy. Nejen tyto pomůcky potřebuje personál při zásahu mimořádné události. Většinou jde o cvičení, které má za cíl prověřit připravenost a vybavenost zasahujícího personálu v případě výskytu nebezpečné nákazy Eboly u jednoho z pacientů. Hlavním úkolem je prověřit vybavenost zásahového vozidla pro transport nakaženého pacienta a správný postup dekontaminace zasažených osob.



Obr. 1 Příprava osob k zásahu, ochranné obleky, [zdroj: vlastní]

## 3. *Průběh mimořádné události*

Pracovníci Krajské hygienické stanice, Zdravotního ústavu, záchranáři, policisté i městští strážníci se zapojili do taktického cvičení s názvem Ebola 2014. Tématem bylo podezření z možného výskytu Emboly na palubě letadla s cílem zajistit spolupráci všech zúčastněných složek s důrazem na bezchybné provedení protiepidemických opatření.

Námět uvedl cvičící do situace, kdy se zpět do České republiky vrátilo z mise v Sierra Leone několik pracovníků Lékaři bez hranic. Při cestě letadlem se jeden s pracovníků cítil unaven,

pocíval bolesti svalů a měl i zvýšenou teplotu. Svěřil se spolucestujícímu lékaři a ten zahájil vyšetření a uvedl do pohybu postup při podezření na pacienta, který došel do styku s virem Ebola.

V 11.15 hodin bylo na Řízení letového provozu ČR, s. p. oznámeno posádkou letadla směřující na Letiště Václava Havla Praha se 33 cestujícími, že se na jeho palubě nachází cestující s podezřením na VNN. Řízení letového provozu oznamuje operačnímu středisku HZS podniku Letiště Václava Havla Praha, že se na palubě letadla nachází osoba, u které se objevily příznaky vedoucí k podezření na VNN Ebola a osoba cestuje z rizikových oblastí, kde vykonávala činnosti u nemocných Ebolou. Na základě rozhodnutí orgánu OOVZ (určeného pracovníka KHS Praha), jsou aktivovány předdefinované složky IZS k provádění příslušných opatření. Úroveň vyrozumění OPIS MV generálního ředitelství HZS ČR byla cvičena pouze štabně. Neprodleně po oznámení události a vyhodnocení situace vyjela na vyhrazené místo pro mimořádné události jednotka HZS podniku Letiště Václava Havla Praha, která čekala v záloze na přistání letadla. Z hlediska zajištění bezpečnosti byla ke stanovenému místu pro vjezd složek do areálu letiště vyslána ostraha letiště, která otevřela vstupní brány a doprovodila složky IZS k místu události na letištní plochu. Pro zajištění bezpečnosti na letišti byl aktivován speciální plán opatření ze strany PČR, která současně zabezpečila dovoz službu konajících pracovníků HS hl. města Praha ze svého pracoviště. KOPIS HZS JMK vyslalo na místo jednotky PO podle stanoveného poplachového plánu na tento typ události, jehož základ tvoří jednotky stanice HZS Praha, která má celokrajskou předurčenost na tyto typy události. Současně bylo zahájeno svolávání členů biohazard týmu ZZS JMK a jejich vyslání na letiště. Vzhledem k vážnosti situace bylo taktéž svoláno zasedání krizového štábu letištního výboru pro bezpečnost Letiště Václava Havla Praha.

Po přistání a navedení letadla na stojánku byla letištními hasiči a příslušníky PČR vytvořena bezpečnostní uzávěra okolí letadla. Prostřednictvím řídicí věže probíhala komunikace s posádkou letadla a předávání informací veliteli zásahu z HZS, který komunikoval s pracovníky HS hl. města Praha a dále vyhodnocoval nastalou situaci.

Po příjezdu jednotek HZS bylo místo rozděleno na tři samostatné úseky.

Pracoviště č. 1 započala výstavba dekontaminačního stanoviště pro zasahující hasiče a zdravotníky, kde se současně dekontaminuje biovak s pacientem.

Pracoviště č. 2 dekontaminace vysoce rizikových osob, které byly zasaženy například výměty od



nakaženého pacienta nebo seděly na sedadlech v těsné blízkosti.

Pracoviště č. 3 vystavěno na letištní ploše zázemí z kontejneru nouzového přežití a nafukovacích zdravotnických stanů.

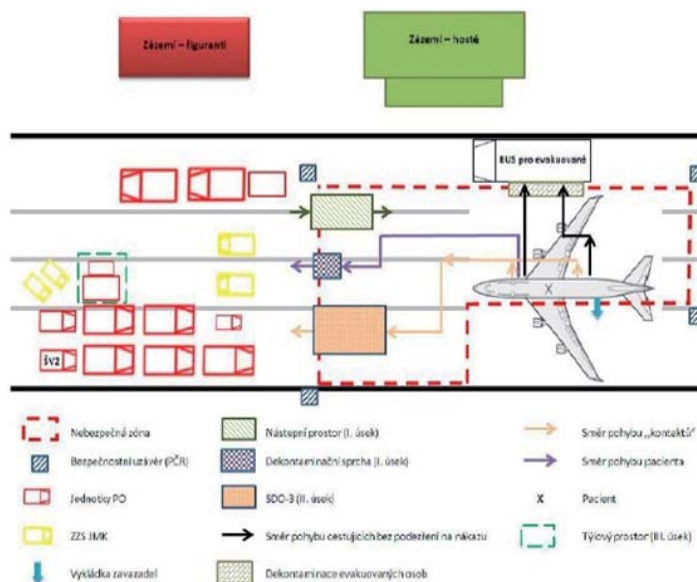
Vzhledem k tomu, že šlo o velmi komplikovanou a rozsáhlou událost, rozhodl velitel zásahu o vytvoření štábu velitele zásahu a současně si jako pomocníka velitele zásahu určil řídicího důstojníka HZS. Součástí štábu byli zástupci všech složek IZS, a Letiště Václava Havla Praha. Při prvním zasedání se hodnotily dosavadní informace o situaci a upřesnily první zprávy z paluby z letadla. Na palubě se nacházelo 33 cestujících, z nichž jeden s vysokým rizikem VNN, o kterého pečuje lékař a dále celkem tři členové palubního personálu se dvěma piloty mimo prostor cestujících. Podle dostupných informací bylo identifikováno pět rizikových osob. Na palubě byla také těhotná cestující, dále osoby bez bližších informací.

Na zasedání byl domluven následující postup řešení zásahu: „Dva členové biohazard týmu ZZS JMK a jeden příslušník HS hl. Města Praha nastoupí do letadla a provedou tzv. roztřídění cestujících do tří skupin. Nízkorizikové osoby vystoupí z letadla a provedou si dezinfekci podrážek bot a rukou před letadlem za asistence tří příslušníků HZS v ochranných prostředcích. Po této dezinfekci budou naloženi do přistaveného letištního autobusu, kde proběhne poučení pracovníkem HS hl. města Praha o situaci. Zde jim bude předán informační leták a následně budou převezeni k odbavení do letištní haly. Další skupinou budou vysoce rizikové osoby, které byly znečištěny od pacienta, nebo seděly v jeho těsné blízkosti. Ty budou dekontaminovány v SDO3 a odvezeny výjezdovým prostředkem ZZS na kliniku infekčních chorob Fakultní nemocnice Na Bulovce k observaci. Pro odvoz bude nutné povolat další sanitní vozidla. Pacient bude vyveden jako poslední a do transportního izolačního prostředku - biovaku bude naložen na prostranství před letadlem. Po ukončení zasedání byla z jednotlivých úseků zásahu nahlášena připravenost, proběhly závěrečná porada zasahujících skupin v nebezpečné zóně a bezpečnostní pohovor.

Evakuace, dekontaminace cestujících a letadla: Cestující byli po skupinách za doprovodu příslušníků PČR odváděni nejprve k letištnímu autobusu, dále pak k SDO 3, kde proběhla reálná dekontaminace a předání k dalšímu ošetření. Na závěr došlo k evakuaci samotného pacienta s podezřením na VNN, jeho zaléčení a naložení

do biovaku. Následně byl pacient dekontaminován a předán druhé skupině biohazard týmu ZZS JMK mimo nebezpečnou zónu. Zde došlo k naložení do sanitního vozu a za doprovodu PČR k odvozu do určeného zdravotnického zařízení. Během těchto záchranných prací bylo na dalším zasedání štábu velitele zásahu rozhodnuto o nakládání se zavazadly, jejich roztřídění na rizikové zavazadlo pacienta a ostatní zavazadla. O další předání zavazadel se postaral personál letiště a PČR.

S rizikovým zavazadlem se zacházelo jako s infekčním materiálem. Tyto činnosti prováděla pouze jednotka HZS. Dekontaminace prostorů letadla se neprováděla. Letadlo jeho obsluha zabezpečila proti dalšímu vstupu, než budou stanovena další opatření ve spolupráci s provozovatelem letadla. Na závěr hasiči dekontaminovali nebezpečnou zónu zádoými motorovými postřikovači.



Obr. 2 Rozmístění stanoviště IZS, [zdroj: vlastní]

#### Průběh cvičení:

- 13:00 oznámení ŘLP, cestou KOPIS předání informace ZZS,
- 13:21 svolání Biohazard týmu,
- 13:45 BH tým 1 na místě - čekání na sestavení dekontaminační linky,
- 14:38 vstup do letadla,
- 14:45 první informace,
- 14:55 odchod nezasazených cestujících,
- 15:00 odchod 10 kontaminovaných cestujících,
- 15:07 informace o pacientovi,
- 15:13 v biovaku,
- 15:33 po dekontaminaci přebírá Tým 2,

- 15:41 transport,
- 15:46 ukončena zdravotnická část zásahu.



Obr. 3 Uložení pacienta do nosítek,  
[zdroj: internet]

#### Další zaměření při cvičení:

- ověřena užitečnost Vedoucího zdravotnické složky ve štábu velitele zásahu,
- zatíženost týmů - třídění, organizace evakuace,
- problém s osobními doklady kontaminovaných cestujících,
- zrychlení činnosti zkrácenou dekontaminací.

#### 4. Dekontaminační pracoviště, současně používaný prostředek, doporučení na zlepšení

V současné době se k dekontaminaci osob používají nafukovací dekontaminační sprchy, jejich výhodou je jednoduchý transport, ale nevýhodou je pomalá dekontaminace většího počtu zasažených osob. Nafukovací sprchy se musejí často nafouknout a kontrolovat jejich těsnost a funkčnost. Při dekontaminaci nemobilních osob je zhoršený pohyb uvnitř sprchy a pacienta celou dobu musí nést zasahující osoba. Dekontaminační roztoky se odchyťávají do samostatně stojících barelů a toto množství se během zásahu musí kontrolovat a po ukončení dekontaminace likvidovat samostatným odvozem. Doporučila bych na všech pracovištích používat dekontaminační kontejner, který by nahradil sice funkční, ale již zastaralé nafukovací dekontaminační sprchy. [8]

Dekontaminační kontejner je tvořen dvounápravovým přívěsem s výklopnými bočními vraty, pod kterými jsou uloženy stanové dílce, které se po otevření vrat rozloží a vytvoří tak pracovní prostory pro dekontaminaci.

Zkrácení doby uvedení kontejneru do pohotovostního stavu je dosaženo tím, že veškerá technologie pro činnost dekontaminace je trvale

uložena a nevyžaduje další manipulaci. Přívěs obsahuje všechny moduly dekontaminace:

- Svlékárnu,
- Mokrý proces se sprchami,
- Oblékárnu, dekontaminaci obsluhy,
- Technologickou část.

Součástí kontejneru je rovněž jímka na odpadní vodu po dekontaminaci. V pohotovostním režimu jsou pouze sběrné nádrže na odpadní vodu umístěné mimo prostor přívěsu. Postavení do pohotovostního režimu a obsluha zařízení vyžaduje osádku v počtu maximálně 1 + 5 osob. [8]



Obr. 4 Příprava dekontaminačního kontejneru HZS,  
[zdroj: vlastní]

#### 5. Speciální ochranné prostředky

Ochrannými pomůckami jsou nazývány předměty sloužící k ochraně lidského zdraví při různých činnostech. Pracovní ochranné pomůcky slouží jako doplňky k zajištění BOZP. Nesmí být však zaměňovány s osobními ochrannými pracovními prostředky. OOPP zahrnující širokou škálu prostředků chránících nejrůznější části těla před riziky spojenými s výkonem určité pracovní činnosti. Hrstka společností z celého světa, které vyrábějí ochranné pomůcky proti Ebolě, nezvládá držet krok se současnou krizí. Speciální obleky přitom nedocházejí jen na západě Afriky, ale i v USA. Ochranné obleky, návleky na boty, roušky či brýle, chránící zdravotníky před tělními tekutinami, prostřednictvím kterých se Ebola šíří, se staly jedním ze symbolů současné epidemie. Vyrábí je ale jen několik společností na světě. [8]

#### 6. Osobní ochranné prostředky - ochranný oblek

Ochranný oblek Microgart 2500+ je antistatická kombinéza nejvyšší ochranné třídy. Oblek je vyroben ze speciálního kompozitního materiálu s polypropylénovým jádrem, jež dodává kombinéze

jedinečné vlastnosti - vynikající prodyšnost, komfort při nošení a mimo-řádně vysokou odolnost. Ochrana proti průniku radioaktivních částic, infekčních agens, proti virům, bakteriím a krevním patogenům. Zip s ochrannou chlopní, plně uzavřené švy pro zdokonalenou ochranu. [17]

Biohazard team podle přesně stanovených postupů se připravuje na převzetí pacienta v letadle adokumentaci odpřítomné epidemioložky. Zásahující jednotka se musí obléknout do speciálních oděvů s filtro-ventilační jednotkou a dobře postupovat při oblékání, aby nedošlo ke kontaktu s pacientem nebo vniknutí viru na zasahující personál. Pro transport pacienta se připraví transportní nosítka. Pacient byl umístěn do Biovaku a převezen na infekční oddělení fakultní nemocnice. K transportu bylo použito speciální sanitní vozidlo vybavené filtrační jednotkou, která umožňuje v sanitce vytvořit přetlak nebo podtlak a tím zabraňuje úniku infekční nákazy do okolí. V případě reálného zásahu by pacienti s podezřením na VNN byli směřováni do nejbližší fakultní nemocnice, která disponuje se speciálním boxem pro pacienta s podezřením na virus Ebola, což je v současné době Fakultní nemocnice Na Bulovce. [8]

## 7. Závěr

Článek je zaměřen na posouzení krizové připravenosti přesunu pacienta s podezřením na virus Ebola z letiště na infekční kliniku. Řešila jsem v něm posouzení současného stavu z hlediska bezpečnosti, analýzou bezpečnostní situace a rizik transportu a následně jsem navrhla opatření, která nejzávažnější rizika eliminují.

Při vypracování článku jsem využila znalostí získaných ze zaměstnání ve firmě dodávající transportní prostředky pro pacienta s podezřením na infekční chorobu, využila jsem informací získaných ve spolupráci Ministerstva zdravotnictví, zúčastnila jsem se několika modelových cvičení IZS v ČR a na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně z oboru Ovládnání rizik. Dále jsem využila dostupnou literaturu, zákony, internetové zdroje, osobní zkušenosti a vlastní fotodokumentaci. Praktická část je zaměřena na rizika a opatření při transportu pacienta výjezdovým vozidlem skupiny BIOHAZARD TEAMU při zásahu mimořádné události a rizika při transportu pacienta v transportním vaku na infekční kliniku. Konkrétně bylo popsáno materiálové vybavení a při zásahu BIOHAZARD TEAMU při vyhlášení mimořádné události, převoz pacienta při podezření na nebezpečnou nákazu Ebola. Ke zpracování této části jsem využila poznatky a zkušenosti, které jsem získala při účasti na několika cvičeních zásahu BIOHAZARD TEAMU a vyhlášení mimořádných

událostí. Protichemické obleky, transportní BIOVAK nebo dekontaminační sprchy. Nejen tyto pomůcky potřebuje personál při zásahu mimořádné události.

## Poděkování

Tento výzkum vznikl na základě podpory Interní grantové agentury Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, projektu IGA/FAI/2019/003 a Ústavu bezpečnostního inženýrství, Fakulty aplikované informatiky.

## Reference

- [1] Černý, Z., Infekční onemocnění. Brno: Ústav dalšího vzdělávání zdravotníků v Brně, 1997. 211 s. ISBN 80-701-3241-8.
- [2] Krizové řízení: důležité dokumenty a odkazy. Oficiální internetové stránky společnosti Vlasim [online]. 2011 [cit. 2013-01-31]. Dostupné na adrese: <http://www.mesto-vlasim.cz/krizova-řízení/>
- [3] Nouzové situace: Civilizace Nouzové situace. Záchranný kruh [online]. © 2009 [cit. 2013-02-19]. Dostupné na adrese: [http://www.zachrannykruh.cz/mimoradneudalosti/civilizacni\\_mimoradne\\_hodalosti.html](http://www.zachrannykruh.cz/mimoradneudalosti/civilizacni_mimoradne_hodalosti.html)
- [4] PEVI, s.r.o. Ochrana proti částicím, prachu a aerosolu. [online]. © Dostupné z <http://www.pevi.cz/free-food/filtracni-polomasky-tridy-ochrany-filtru-ochrana-dychacich-cest.html> [cit.2015-05-03]
- [5] ZDRAVOTNÍ PÉČE JIŽNÍHO MORAVSKÉHO KRAJE, tým Biohazard. [online]. © Dostupné z <http://www.zzsjmck.cz/> [cit. 2015-05-17]
- [6] Praha. eu, Bullobe se připravovali na Ebolu. [online]. Dostupné: [http://www.praha.eu/jnp/cz/o\\_meste/zivot\\_v\\_praze/bezpecnost/na\\_bulovce\\_se\\_pripavovali\\_na\\_ebolou.html](http://www.praha.eu/jnp/cz/o_meste/zivot_v_praze/bezpecnost/na_bulovce_se_pripavovali_na_ebolou.html)
- [7] Hanuska, Z., Sklaska, K., Dubský, M. 2010. Společný záchranný systém a požární ochrana, Modul I. Praha: Ministerstvo vnitra.
- [8] Tým pro biologické nebezpečí. 2011. Zdravotnický záchranný systém Jihočeského kraje. [online]. K dispozici: <http://www.zzsjmck.cz/cinnost/biohazard-team/>
- [9] Systém ekonomických opatření pro krizové situace. Správa státních hmotných rezerv České republiky. [online]. Dostupné: [http://www.sshr.cz/proverejnousprava/system\\_hospodarskychoopatreni\\_pro\\_krizove\\_stavy](http://www.sshr.cz/proverejnousprava/system_hospodarskychoopatreni_pro_krizove_stavy) (HOPKS )/Stranky/default.aspx

- [10] Blahova, M. 2016. Rizika materiálního zajištění vybraných mimořádných událostí. Bakalářská práce. Uherské Hradiště: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [11] Provoz Společného záchranného systému kraje při řešení možného havarijního stavu v důsledku podezření na vysokou nebezpečnou infekci cestujících v letecké dopravě v podmínkách Jihočeského letiště České Budějovice, a.s. Česká republika.

# VYUŽITIE METODIKY CARVER PRI HODNOTENÍ BEZPEČNOSTI OBJEKTU DOPRAVNEJ INFRAŠTRUKTÚRY

Ing. Peter ĎURECH<sup>1</sup>, prof. Ing. Zdeněk DVOŘÁK, PhD.<sup>1</sup>

**Abstrakt:** Dopravná infraštruktúra pre pozemnú dopravu je veľmi dôležitou súčasťou života spoločnosti. Základy jej budovania boli položené v starom Ríme. Dopravná infraštruktúra je vystavená nebezpečenstvu prírody a ľudského správania. Metóda CARVER bola pôvodne určená pre bojové podmienky počas vojny vo Vietname. Prípadová štúdia opísaná v článku popisuje výsledky výskumu na Žilinskej univerzite.

**Kľúčové slová:** dopravná infraštruktúra, metóda CARVER, mesto Žilina, bezpečnosť na dopravnej infraštruktúre

## Úvod

Rast neustále nových bezpečnostných hrozieb, politických a ekonomických zmien vo svete, ale aj dynamický rozvoj technológií prinášajú neustále nové formy bezpečnostných rizík. Problematiku bezpečnosti a ochrany tzv. kritickej infraštruktúry je nutné vnímať a riešiť komplexne, najmä kvôli vzájomnej prepojenosti významných infraštruktúrnych systémov. Bezpečnosť a ochrana jednotlivých objektov dopravnej infraštruktúry nie je stabilne a systematicky riešená, úroveň je v súčasnosti veľmi slabá.

Keď sa zameriame na objekty (mäkké ciele), ktoré sú súčasťou dopravnej infraštruktúry, kde je vysoká koncentrácia ľudí, dôjdeme k záveru že na území Slovenskej republiky je takých miest veľmi veľa, ktoré by mohli byť ohrozené rôznymi mimoriadnymi udalosťami. Nebudeme v článku špecifikovať všetky, zameriame sa na mesto Žilina. Na základe metódy riadeného rozhovoru sme vybrali konkrétne objekty v meste Žilina na posúdenie metódou CARVER. V súčasnej dobe v Žiline žije okolo 82 tisíc obyvateľov. Mesto je významným dopravným uzlom na severe Slovenskej republiky.

### 1. Priradenie hodnôt objektom metódou CARVER

Metóda CARVER bola vyvinutá počas vojny vo Vietname a jej využitie bolo na určovanie hodnoty cieľov pri vojenských útokoch. Aby bola metóda vhodná pre určenie hodnôt našich objektov bolo

nutné ju vhodným spôsobom modifikovať. Metóda CARVER je výborný nástroj pre určenie najviac možných ohrozených objektov v meste Žilina. [1]

Názov metódy bol špecifikovaný zo šiestich jej základných pilierov:

- Criticality (kritickosť),
- Accessibility (prístupnosť),
- Recuperability (obnoviteľnosť),
- Vulnerability (zraniteľnosť),
- Effect on population (vplyv na životy ľudí),
- Recognizability (rozpozateľnosť). [1]

### Kritickosť (Criticality)

Prvým faktorom metódy CARVER je kritickosť (Criticality). Kritickosť je jedným z hlavných aspektov počas vyberania cieľa. Tu si kladieme otázku, ako je daný objekt dôležitý pre spoločnosť a aký má pre spoločnosť význam. [1]

Tab. 1 Identifikácie kritickosti [1]

Faktor / kritickosť - závažnosť		
Kvalitatívne hodnotenie	Závažnosť	Klasifikácia
Veľmi nízke	Veľmi málo závažný	1
Nízke	Málo závažný	2
Stredné	Závažný	3
Vysoké	Viac závažný	4
Veľmi vysoké	Veľmi závažný	5

<sup>1</sup> Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva  
Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina  
peterdurech@gmail.com, zdenek.dvorak@fbi.uniza.sk

### *Prístupnosť (Accessibility)*

Druhým faktorom metódy CARVER je prístupnosť (Accessibility). Tu je kladená otázka, ako je zložitá pre útočníka prekonať bezpečnostné opatrenia, ktoré sú pre neho prekážkou pri realizácii útoku. Väčšina objektov (mäkkých cieľov) je bohužiaľ zle chránená proti vstupom nebezpečných páchatel'ov. Adekvátne bezpečnostné opatrenia sú pre ochranu takýchto objektov kľúčové. [1]

Tab. 2 Identifikácie prístupnosti [1]

Faktor / prístupnosť		
Kvalitatívne hodnotenie	Prístupnosť	Klasifikácia
Veľmi nízke	Veľmi zložitý prístup	1
Nízke	Zložitý prístup	2
Stredné	Prístupný s využitím násilia	3
Vysoké	Prístupný klamstvom	4
Veľmi vysoké	Nechránené, prístupný	5

### *Obnoviteľnosť (Recuperability)*

Tretím faktorom metódy CARVER je obnoviteľnosť (Recuperability). Pri tomto treťom faktore si kladieme otázku, ako bude dlho trvať obnova činností objektu po prípadnom teroristickom útoku, alebo inej mimoriadnej udalosti. Obnovovacia činnosť niektorých objektov, ako napríklad prvky dopravnej infraštruktúry (železničná stanica) je veľmi zložitá, doba obnovy do prevádzkového stavu môže trvať dlhú dobu. Pre posúdenie obnoviteľnosti daného objektu (mäkkého cieľa) bolo nutné stanoviť kritéria, ktoré sú v tabuľke 3. [1]

Tab. 3 Identifikácie obnoviteľnosti [1]

Faktor / obnoviteľnosť		
Kvalitatívne hodnotenie	Obnoviteľnosť	Klasifikácia
Veľmi nízke	Menej ako týždeň	1
Nízke	Týždeň	2
Stredné	Týždeň až mesiac	3
Vysoké	Mesiac až rok	4
Veľmi vysoké	Viac ako rok	5

### *Zraniteľnosť (Vulnerability)*

Štvrtým faktorom metódy CARVER je zraniteľnosť. Tu si kladieme otázku, aké nasadenie musia teroristi vynaložiť, aby úspešne realizovali útok na objekt (mäkký cieľ), a aké bude mať útok

následky. Úroveň zraniteľnosti objektov dopravnej infraštruktúry v Slovenskej republike, ale aj vo svete je veľmi vysoká. [1]

Tab. 4 Identifikácie zraniteľnosti [1]

Faktor / zraniteľnosť		
Kvalitatívne hodnotenie	Zraniteľnosť	Klasifikácia
Veľmi nízke	Maximálna odolnosť / následky sú minimálne	1
Nízke	Vysoká odolnosť / následky sú malé	2
Stredné	Dostatočná schopnosť odolávať / následky sú citelné	3
Vysoké	Slabá odolnosť / následky sú veľké	4
Veľmi vysoké	Minimálna odolnosť / následky sú devastačné	5

### *Vplyv na obyvateľstvo (Effect on population)*

Piatym faktorom metódy CARVER je vplyv na obyvateľstvo (Effect on population). Tu si kladieme otázku, koľko ľudských životov by si vyžiadal prípadný teroristický útok napríklad na železničnú stanicu. Vplyv na obyvateľstvo je veľmi dôležitý faktor, keďže zámerom teroristov pri útokoch býva zahubiť čo najväčší počet civilného obyvateľstva. Takýmto prípadom sú viaceré teroristické útoky na prvky dopravnej infraštruktúry v Európe, či už na železničné stanice, letiská, prípadne metrá. [1]

Tab. 5 Identifikácie obnoviteľnosti [1]

Faktor / vplyv na obyvateľstvo		
Kvalitatívne hodnotenie	Vplyv na obyvateľstvo	Klasifikácia
Veľmi nízke	Bez obetí na životoch	1
Nízke	1 - 5 mŕtvych	2
Stredné	6 - 50 mŕtvych	3
Vysoké	51 - 400 mŕtvych	4
Veľmi vysoké	401 a viac mŕtvych	5

### *Rozpoznateľnosť (Recognizability)*

Posledným, čiže šiestym faktorom metódy CARVER je rozpoznateľnosť (Recognizability). Tu si kladieme otázku, aká je rozpoznateľnosť potencionálneho objektu (mäkkého cieľa). Získavanie informácií o niektorých objektoch (mäkkých cieľoch) je veľmi dôležité, keďže sú

verejne dostupné na internete. Väčšina takýchto informácií by nemala byť prístupná verejnosti. [1]

Tab. 6 Identifikácie rozpoznateľnosti [1]

Faktor / Rozpoznateľnosť		
Kvalitatívne hodnotenie	Získanie informácií	Klasifikácia
Veľmi nízke	Útočníci získajú minimálne množstvo informácií pri maximálnom úsilí	1
Nízke	Útočníci získajú málo informácií pri vysokom úsilí	2
Stredné	Útočníci získajú primerané množstvo informácií pri primeranom úsilí	3
Vysoké	Útočníci získajú potrebné množstvo informácií bez väčšej námahy	4
Veľmi vysoké	Útočníci získajú kompletne množstvo informácií pri minimálnej námahe	5

## 2. Aplikovanie metódy CARVER na vybrané objekty (mäkké ciele) v meste Žilina

Jednotlivé údaje z predchádzajúcich tabuliek sú využité na aplikáciu tejto metódy za účelom identifikácie vybraných objektov v meste Žilina.

Tab. 7 Výsledná tabuľka aplikácie metódy CARVER

Číslo	Názov objektu	C	A	R	V	E	R	Hodnota
1	Obchodná akadémia v Žiline	3	3	4	5	4	5	24
2	Žilinská univerzita v Žiline	3	4	4	5	4	4	24
3	Vysoká škola zdravotníctva a sociálnej práce Sv. Alžbety	3	3	4	5	4	3	22
4	Futbalový štadión MŠK Žilina	5	4	4	4	4	3	23
5	Hokejový štadión Žilina	5	4	4	4	4	3	23
6	Obchodné centrum Mirage	4	5	4	5	4	5	27
7	Obchodné centrum OC atrium Dubeň	4	5	4	5	4	5	27
8	Obchodné centrum Aupark	5	5	4	5	4	5	28
9	Obchodné centrum ZOC Max	4	5	4	5	4	5	27
10	Mestské divadlo	3	4	4	5	4	4	24
11	Katedrála najsvätejšej trojice	3	3	2	3	4	4	19
12	Fakultná nemocnica s poliklinikou v Žiline	4	3	4	5	4	5	25
14	<b>Železničná stanica Žilina</b>	5	5	5	5	5	5	30
15	Autobusová stanica Žilina	4	5	5	5	5	5	29

Na základe intuitívneho hodnotenia týchto jednotlivých vybraných objektov sme zaznamenali, že najvyššie počty bodov získali Obchodné centrum Aupark, Autobusová stanica Žilina a najviac 30 bodov získala Železničná stanica Žilina. Na to, aby sme mohli vyhodnotiť, ktoré objekty predstavujú na základe bodového hodnotenia akceptovateľné / neakceptovateľné riziko určili sme kritickú hranicu v následnej tabuľke. [2]

Tab. 8 Určenia akceptovateľnosti objektu [1]

Bodová hodnota	Kritickosť
5 - 19 bodov	Prijateľná / akceptovateľná
20 - 30 bodov	Neprijateľná / neakceptovateľná

Využitím určenia miery kritickosti by sme z výslednej tabuľky mohli ľahko určiť kritické objekty, u ktorých možno rátať s narušením bezpečnosti rôznymi faktormi. [3]

Na základe tejto metódy sme zistili, že najvyššie hodnoty dosahujú objekty (mäkké ciele), ktoré nemajú zväčša žiadne bezpečnostné opatrenia a sú charakterizované vysokou koncentráciou civilného obyvateľstva. Medzi takéto objekty patria aj hlavne objekty dopravnej infraštruktúry. Z výslednej tabuľky je zrejme, že železničná stanica v Žiline má najväčšiu hodnotu a to 30. Na to aby sme dokázali, že železničná stanica v Žiline, patrí medzi mäkké ciele sme využili túto metódu CARVER. [4]

## Záver

Ochrana takýchto objektov pred teroristickými útokmi alebo inými mimoriadnymi udalosťami bude veľmi komplikovaná. Dôvodom výberu tejto metódy CARVER bolo to, aby sme zistili, či objekty dopravnej infraštruktúry patria medzi mäkké ciele a sú v súčasnej dobe nezabezpečené proti rôznymi mimoriadnym udalostiam, ako je napríklad aj teroristický útok. Z výsledkom je jasné, že je nevyhnutné zabezpečiť manažérstvo bezpečnosti tohto objektu konkrétne (železničná stanica v Žiline). V prvom rade je potrebné vytvoriť všeobecný model pre manažérstvo bezpečnosti objektov dopravnej infraštruktúry na území Slovenskej republiky, ktorý bude univerzálny aparát na zvýšenie bezpečnosti objektov dopravnej infraštruktúry.

## Zoznam použitej literatúry

- [1] TOMÁNEK, J. Problematika ochrany mäkkých cíľů - diplomová práca. Zlín, 2015. 135 s. [cit. 2019-01-01].
- [2] HOFREITER, L. 2016. Bezpečnostné prostredie súčasného sveta. VeRBuM, Zlín, 2016. 160 s. ISBN 978-80-87500-79-8. [cit. 2017-09-11].
- [3] BELAN, L. Bezpečnostný manažment, bezpečnosť a manažérstvo rizika časť 1, Žilina: FŠI ŽU, 2015, 35 s. [cit. 2019-08-04].
- [4] BELAN, L. Manažérstvo bezpečnosti. Žilina: FŠI ŽU, 2015. ISBN 978-80-554-1163-7.



## PRESTUP TEPLA VYBRANÝM KONŠTRUKČNÝM PRVKOM PRI POŽIARI

Ing. Romana ERDÉLYIOVÁ<sup>1</sup>

**Abstrakt:** Kompozitné konštrukcie, zahŕňajúce využitie ocele a betónu majú v stavebnom inžinierstve časté a široké využitie. Ich spoločné využitie poskytuje výhody vyplývajúce z materiálových vlastností oboch materiálov. Analyzovaný konštrukčný prvok bol dvojplášťový oceľobetónový stĺp. Analýza zahŕňa problematiku navrhovania oceľobetónových stĺpov, prestup tepla do konštrukcie a následne jej únosnosť za zvýšenej teploty. Cieľom príspevku je rozbor vplyvu vystuženia oceľobetónového uzavretého prierezu na šírenie tepla pri vystavení požiaru podľa nominálnej teplotnej krivky v 60, 90 a 120 minútach z dvoch alebo štyroch strán. Riešenie čiastkových častí spomínanej analýzy si vyžaduje zostavenie a využitie pokročilých MKP modelov a softvérových nástrojov. Model je následne verifikovaný pomocou tabuliek EN 1993-1-2.

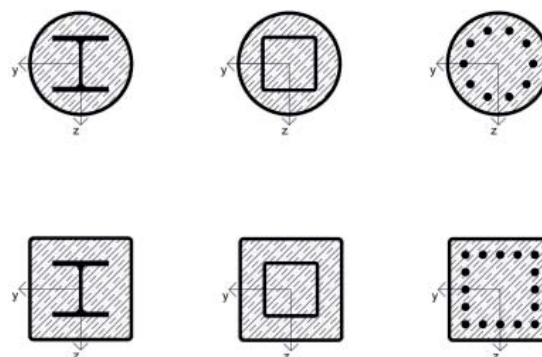
**Kľúčové slová:** betón, oceľ, požiar, prestup tepla, kompozitné materiály

### Úvod

Medzi hlavné materiály používané v súčasnom stavebníctve patrí betón a oceľ. Konštrukcie tvorené iba z ocele vynikajú veľkou únosnosťou, ale ich tuhosť je často nepostačujúca. Zásadnou nevýhodou betónových konštrukcií je zase pevnosť v ťahu. Keď spojíme tieto dva materiály do jednej konštrukcie vznikajú takzvané kompozitné alebo spriahnuté konštrukcie, u týchto konštrukcií o pevnosti v ťahu v podstate už neuvažujeme a ťah v betónových konštrukciách preberá oceľová výstuž. Kompozitné konštrukcie využívajú kladné konštrukčné vlastnosti oboch materiálov akými sú tuhosť betónu, únosnosť ocele a naopak sa odstraňujú záporné konštrukčné vlastnosti samostatne pôsobiacich materiálov (EN 1994-1-1). Kompozitné konštrukcie získavajú priaznivé vlastnosti i pri zvýšených teplotách vplyvom požiaru. V prípade vystavenia konštrukcie požiarom, oceľ stráca svoju únosnosť a betón je ovplyvnený podobne, ale vďaka pomalému ohrevu dochádza aj pomalšiemu nástupu degradácie. Vďaka tomu je oceľobetónová konštrukcia odolnejšia než samostatne pôsobiace oceľové prvky. Táto skutočnosť umožňuje využitie oceľobetónových prvkov napríklad vo výškových budovách, ktoré si vyžadujú zvýšené požiadavky na protipožiaru odolnosť.

Významným prvkom využívajúci výhody spolupôsobenia ocele a betónu sú stĺpy. Často sú

tvorené valcovaným profilom s vybetónovaným priestorom medzi pásnicami, alebo s tuhú výstužou. Betónové jadro významne zvyšuje požiaru odolnosť stĺpov, ďalej sa zvyšuje tuhosť a tým sa znižuje štíhlosť a zvyšuje únosnosť v centricky a excentricky pôsobiacom tlaku (Bujnák, 2014).



Obr. 1 Príklad vystužených oceľobetónových stĺpov

### Teplotné krivky

K modelovaniu požiaru sú k dispozícii štyri druhy nominálnych teplotných kriviek. Tieto krivky určujú teplotu plynov v danom požiarne zaťaženom priestore. Teplota týchto kriviek je funkcia závislosti na čase. Druhy teplotných kriviek sú:

**Normová teplotná krivka (1)** - najčastejšie používaná krivka (horenie celulózy) (ISO 834).

<sup>1</sup> Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva  
Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina  
romana.erdelyiova@fbi.uniza.sk

$$\theta_g = 20 + 345 \log_{10}(8t + 1) \quad (1)$$

**Teplotná krivka vonkajšieho požiaru** (2) - požiar pôsobiaci na obode steny z vonkajšej strany (EN 1994-1-2).

$$\theta_{gp} = 20 + 660 (1 - 0,687e^{-32t} - 0,313e^{-3,8t}) \quad (2)$$

**Krivka pomalého ohrevu** (3) (4) - požiare v dutinách podláh a podhl'adoch (EN 1994-1-2).

$$\theta_g = 20 + 154t^{0,25} \quad \text{platí pre } 0 < t \leq 21 \quad (3)$$

$$\theta_g = 20 + 345 \log_{10}[(8(t-20)+1)]$$

platí pre  $t > 21$  (4)

**Uhl'ovodíková teplotná krivka** (5) - horenie ropných produktov (ISO 834).

$$\theta_g = 20 + 1080 (1 - 0,355e^{-0,167t} - 0,675e^{-2,5t}) \quad (5)$$

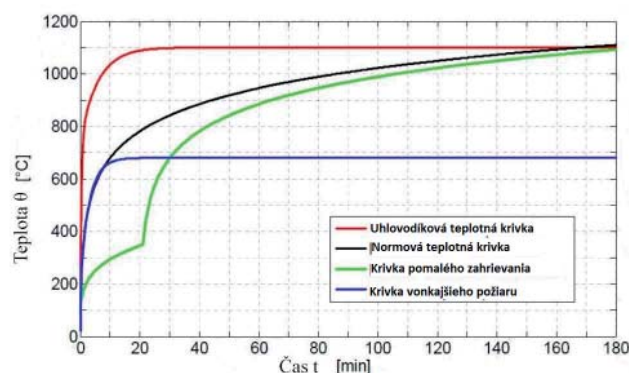
kde

$\theta_g$  teplota plynu v požiarom úseku [°C],

$\theta_{gp}$  teplota plynu v blízkosti zaťaženého prvku [°C],

$t$  čas [min].

Na obrázku 2 sú znázornené nominálne teplotné krivky používané pri modelovaní požiarneho zaťaženia konštrukcií. Krivky sú znázornené v závislosti na čase.



Obr. 2 Nominálne teplotné krivky

### Teplotná analýza prvku

Teplotná analýza bola spracovaná pomocou programu Ansys Mechanical, ktorý využíva metódy konečných prvkov pre určenie šírenia tepla v danom priereze.

Metoda konečných prvkov je numerická metóda slúžiaca k simulácii priebehu napätí, deformácií, prúdenia tepla a iných dejov na vytvorenom

fyzikálnom modeli. Princíp metódy spočíva v diskretizácii spojitého kontinua do určitého (konečného) počtu prvkov, pričom zisťované parametre sú určované v jednotlivých uzlových bodoch. Objekt, ktorý skúmame musí byť rozdelený na určitý počet objemov, ktoré nám tvoria výpočtovú sieť. Príklad takejto siete zobrazuje obrázok 3 (Kučera, 2010).

V stavebníctve sa vďaka softvérom pracujúcim na báze MKP dokáže rýchlo a jednoducho riešiť zložité stavebné problémy a simulovať všetky štrukturálne aspekty problému.

### Voľba výpočtovej siete

V prípade použitia metódy konečných prvkov k určeniu šírenia tepla musíme rozdeliť sledovaný prierez na jednotlivé uzly. Presnosť konečných výsledkov je závislá na hustote výpočtovej siete. V prípade vytvorenia riedkej siete sú výsledky nepresné, ak však vytvoríme príliš hustú sieť sú výsledky presné, ale doba spracovania výsledkov je časovo náročná a zvyšujú sa tým nároky na výkon použitého zariadenia. Preto je potrebné zvoliť takú hustotu siete, na základe ktorej bude presnosť výsledkov dostačujúca a výpočet nebude technicky a časovo náročný (Lawrence, 2007).

Pre test vplyvu hustoty siete na korektnosť teplotných výsledkov bol zvolený kruhový prierez oceľobetónového stĺpu s rozmermi 300 x 8 mm. Tento prierez bol testovaný na základe použitia niekoľkých sietí (Tabuľka 1) aby bola určená optimálna hustota siete pre prijateľnú mieru odchýlenia. Pre porovnanie výsledkov boli zvolené 3 body. Bod č. 1 bol umiestnený v strede prierezu, bod č. 2 v polovici priemeru betónového jadra (71 mm od stredu), bod č. 3 je umiestnený na okraj betónového jadra (142 mm od stredu prierezu).

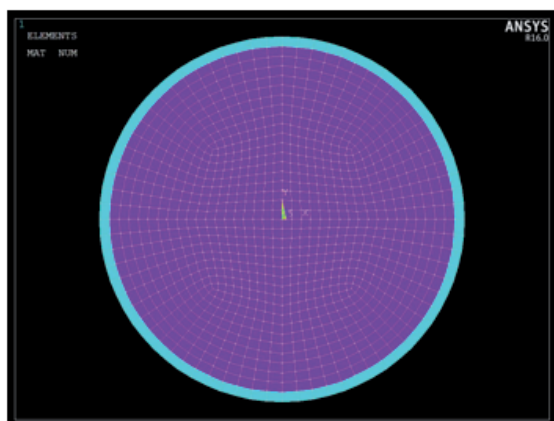
Testovaných bolo 12 sietí, pre ktoré bola určená percentuálna odchýlka od najpresnejších hodnôt, ktoré vytvorila sieť číslo 1. Prijateľná odchýlka pre testy bola určená do 0,2 % a tejto požiadavke vyhovel 5 sietí. Posledná vyhovujúca sieť (Obrázok 3) je tvorená 1081 uzlami, a bola ňou vytvorená podmienka minimálnej hustoty siete pre ďalšie výpočty.

Tab. 1 Porovnanie závislostí hustoty siete na presnosti výsledkov

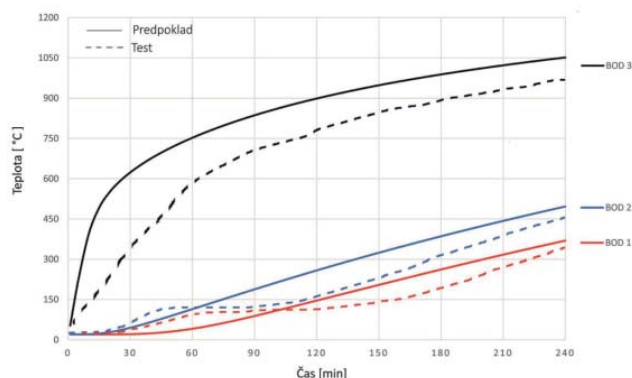
	Vzdialenosť medzi bodmi [mm] v smere od stredu k povrchu	Počet uzlov	T1 [°C]	T2 [°C]	T3 [°C]	Odchýlka
1	1	63617	233,573	381,231	1033,600	0 %
2	2	15401	233,487	381,167	1033,610	0,03 %
3	4	4105	233,518	381,167	1033,630	0,03 %
4	6	1872	233,685	381,280	1033,660	0,05 %
5	8	1081	233,923	381,434	1033,680	0,15 %
6	10	673	234,286	381,675	1033,710	0,30 %
7	12	505	234,628	381,915	1033,730	0,45 %
8	14	361	235,216	382,320	1033,790	0,70 %
9	18	241	236,348	383,162	1033,900	1,19 %
10	24	145	238,930	385,226	1034,100	2,29 %
11	36	73	246,32	391,573	1034,670	5,46 %
12	71	25	280,878	417,24	1038,030	20,25 %

vybraných bodov. Plné čiary určujú predpokladaný priebeh teploty určený pomocou softvérového nástroja, šrafované čiary určujú priebeh teploty získané pomocou reálnych požiarnych skúšok. Bod č. 3 sa nachádza pod oceľovým plášťom a je najviac vystavený účinkom požiarneho zaťaženia, preto krivka kopíruje štandardnú normovú teplotnú krivku. Bod č. 2 bol umiestnený v polovici polomeru prierezu a bod č. 1 uprostred prierezu.

Zo šrafovaných kriviek je možné vyčítať vo fáze 40 - 50 min. horenia náhly nárast teploty v betónovom jadre a s tým spojenú čiastočnú stratu teploty v oceľovom plášti oproti predpokladanému priebehu teploty. Tento jav vzniká príčinou odparovania vody vo vnútri betónového jadra. Vodné pary nám rýchlejšie ohrievajú betónové jadro a zároveň ochladzujú oceľový plášť. Po odparení väčšiny voľnej vody sa priebeh teplôt ustáli a pokračuje nárast teploty.



Obr. 3 Sieť číslo 5



Obr. 4 Graf pre predpokladaný a testovaný priebeh teplôt vo vybraných bodoch pri teplotnom zaťažení prierezu 315 x 5 mm

## Verifikácia modelu

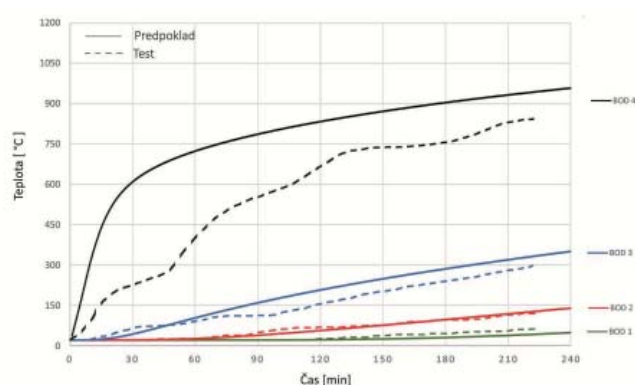
Skúmaný stĺp bol vystavený 60, 90 a 120 min. požiaru podľa normovej teplotnej krivky. K overeniu správnosti získaných teplotných vlastností stĺpov bola vypočítaná jednoduchým výpočtovým modelom únosnosť stĺpu v troch skupinách zaťaženi R60, R90 a R120. Získané únosnosti stĺpu boli porovnané s únosnosťami získanými z tabuliek podľa Eurokódu 4. (EN 1993-1-1, EN 1994-1-2)

### Štvorcový prierez 315 x 5 mm

Stĺp bol vystavený požiaru podľa normovej teplotnej krivky po dobu 240 min. a bol centricky zaťažený na 15 % svojej únosnosti za bežnej teploty. Obrázok 4 nám popisuje priebeh teploty v troch

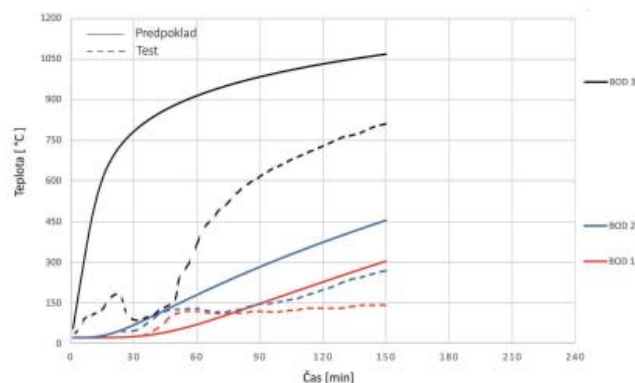
### Štvorcový prierez 630 x 10 mm

Hranol 630 x 10 mm vyplnený prostým betónom bol vystavený požiaru podľa normovej teplotnej krivky po dobu 240 min a zaťažený axiálnym zaťažením rovnajúcemu sa 0,3 násobku únosnosti stĺpu za bežnej teploty. Profil si kvôli svojej veľkosti vyžadoval pridať jeden bod merania na viac. Priebehy jednotlivých kriviek z väčšej časti zodpovedajú predpokladanému priebehu. Vďaka masívnemu prierezu sa voda odparuje postupne v celej dĺžke požiarneho zaťaženia. Bod č. 1 nedosahuje vysokých teplôt a preto nepredpokladáme úplné odparenie vody z prierezu.



Obr. 5 Graf pre predpokladaný a testovaný priebeh teplôt vo vybraných bodoch pri teplotnom zaťažení prierezu 630 x 10 mm

### Kruhový prierez 300 x 5 mm



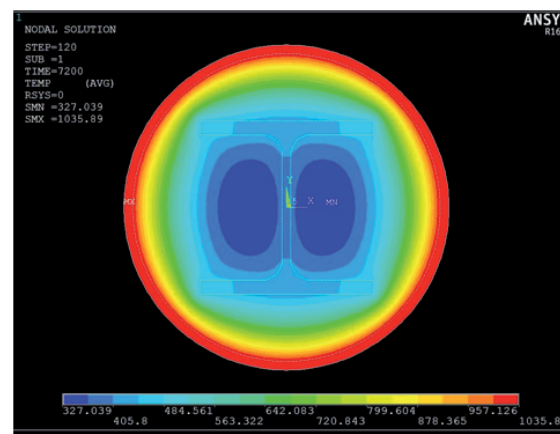
Obr. 6 Graf pre predpokladaný a testovaný priebeh teplôt vo vybraných bodoch pri teplotnom zaťažení prierezu 300 x 5 mm

Stĺp kruhového prierezu bol vystavený požiaru podľa normovej teplotnej krivky po dobu 150 min. a zaťažený axiálnym zaťažením rovnajúcemu sa 0,3 násobku únosnosti stĺpu za bežnej teploty. Pri testovaní došlo k porušeniu vzorky. Testovanie stĺpu sa dá rozdeliť do troch fáz:

V prvej fáze (0 - 20 min.) sa ohrieva vonkajší plášť a narastá teplota podľa predpokladu. V druhej fáze (20 - 50 min.) dochádza k odparovaniu voľnej vody z betónu, ktorá nám expanduje medzi betón a oceľový plášť. V tretej fáze (50 - 150 min.) je takmer všetka voda odparená a pokračuje nárast teploty podľa predpokladu.

### Vplyv výstuže na rozloženie teplôt v priereze

Na Obrázku 7 je graficky znázornené prehriatie prierezu pre jeden z vybraných profilov po dobu 120 min. vystavenia požiaru. Z obrázku je vidno veľký vplyv výstuže na prehriatie stredu prierezu.



Obr. 7 Rozloženie teplôt v kruhovom priereze v dobe 120 min. vystavenia požiaru

### Zhrnutie

Práca sa zaoberala vplyvom výstuže na šírenie tepla v prierezoch oceľobetónového stĺpa. Bol pripravený model rozvoja tepla v priereze pomocou softvérového nástroja Ansys. Vplyv hustoty siete na presnosť predpovede bol skúmaný na kruhovom priereze 300 x 5 mm. Pre výpočet vhodnej hustoty siete bola využitá metóda konečných prvkov a dostačujúca plocha pripadajúca na jeden prvok bola stanovená na 65,4 mm<sup>2</sup>.

Ďalší výskum ukázal že najväčší vplyv na prehriatie betónového jadra oceľobetónového kruhového prierezu má výstuž tvorená valcovaným profilom HEB. Táto výstuž sa ohrieva na koncoch svojho profilu a vďaka tepelnej vodivosti ocele prenáša teplo do stredu prierezu. To má za následok rýchlejšie prehrievania prierezu. Nárast teploty v mieste s najnižšou teplotou je v porovnaní s prostým betónom pre R60 76 %, pre R90 52 % a pre R120 40 % nárastu. Najmenší vplyv na prehriatie betónového jadra oceľobetónového kruhového prierezu má pravouhlá trubková výstuž prierezu. Nárast teploty v mieste s najnižšou teplotou je v porovnaní s prostým betónom pre R60 15,6 %, pre R90 12 % a pre R120 10 % nárastu.

U štvorcových prierezov výskum ukázal že výstuž tvorená valcovaným profilom HEB nemá na prehriatie taký vplyv ako u kruhových prierezov.

Nárast najnižšej teploty pre R60 27 %, pre R90 35 %, R120 je 27 % oproti teplote prierezu z prostého betónu.

V prípade prierezu s prútvou výstužou sú viditeľné zmeny pri sledovaných bodoch prierezu. Rozdiel teplôt medzi vnútornou a vonkajšou časťou prútu tvorí pre R120 5,8 °C. Nárast teploty uprostred prierezu v porovnaní s prostým betónom je pre R60 10,2 %, pre R90 9,4 % a pre R120 8 % nárastu.

V ďalšom výskume je možné sa vďaka metóde MKP a softvérovému nástroju Ansys venovať 3D modelom zobrazujúcim šírenie tepla a nerovnomerné ohrievanie stĺpu po výške.

## Podpora projektom

Táto práca bola podporená internou grantovou schémou Fakulty bezpečnostného inžinierstva Žilinskej univerzity z grantu č. 201810.

## Použitá literatúra

- [1] BUJŇÁK, J., 2014. Nosné konštrukcie hál z ocele. Žilina: EDIS. ISBN 9788055409139.
- [2] EN 1993-1-2 Eurocode 3: Design of steel structures. Part 1-2: General rules. Structural fire design.
- [3] EN 1994-1-2 Eurocode 4. Design of composite steel and concrete structures. Part 1-2: General rules - Structural fire design.
- [4] ISO 834-11:2014 Fire resistance tests -- Elements of building construction.
- [5] KUČERA, P., PEZDOVÁ, Z., 2010. Základy matematického modelovania požárů. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. ISBN 978-80-7385-095-1.
- [6] LAWRENCE, K., 2007. ANSYS Tutorial Release. Schroff Development Corporation.

## ŠÍŘENÍ POŽÁRU PROSTUPY INSTALACÍ

Ing. Walter GROER<sup>1</sup>

**Abstrakt:** Článek se zabývá stanovením nebezpečí šíření požáru mezi požárními úseky potrubními rozvody různých průměrů, a je zejména zaměřen na rozvody, které donedávna bylo možno instalovat bez požárně bezpečnostního zařízení. Článek je zaměřen na vyhodnocení experimentálního měření, kde byly použity vzorky nejpoužívanějších materiálů potrubních rozvodů v budovách, zejména pro rozvody vody, vzduchu, kanalizačních systémů, a to jak hořlavé plastové, tak nehořlavé měděné potrubí. Vzorky byly instalovány do zkušební pece a byly vystaveny normovému požáru. Důraz u měření byl kladen hlavně na chování potrubí a zadržovaných prostupů během zkoušky a analýzy vzorků, měření teplot na zkušebním potrubí a v místě zadržovaného prostupu.

**Klíčová slova:** prostup, potrubí, požární bezpečnost staveb

### Úvod

Zabránění šíření požáru mezi požárními úseky je zabezpečeno zejména požárně dělicími konstrukcemi, které mají různou požární odolnost. V případě, že zejména požárními stěnami a stropy procházejí instalace, jako jsou například potrubní rozvody vzduchu, vody nebo kanalizace a v neposlední řadě také kabelové elektroinstalace, nastává reálná možnost, kdy se požár může rozšířit dále. Experimentální měření mělo zhodnotit, jaké nebezpečí z hlediska šíření požáru představují prostupy instalací. Měření je zaměřeno zejména na potrubní rozvody různých průměrů, které donedávna bylo možno instalovat bez požárně bezpečnostního zařízení, zejména manžet, ucpávek a podobně, tedy jen zadržáním hmotami třídy reakce na oheň A1, A2 v celé šířce požárně dělicí konstrukce, tento postup se s nástupem nových normových požadavků změnil a je nutné tyto rozvody opatřit požárně bezpečnostním zařízením. Vzorky byly vybrány na základě širokého spektra použití v budovách, zejména jako rozvody vody, vzduchu nebo kanalizačních systémů, a to jak hořlavé plastové, tak nehořlavé měděné potrubí. Detailnější popis experimentálního měření je možno najít v [11].

### Normové požadavky

Od přelomu tisíciletí se hodnocení prostupů instalací řídilo požadavky různých norem, to platilo také v případě jejich těsnění. Zejména se jednalo

o kmenové normy ČSN 73 0802 ČSN 73 0804 a ČSN 73 0810. V roce 2005 vyšla aktualizace normy ČSN 730810. Požadavky v této normě jsou vzhledem k té předchozí mnohem přísnější, objevují se zde mezní průřezy potrubí, typ potrubí a náplň potrubí, kdy prostup v požárně dělicí konstrukci klasifikace EI a EW nemusí být utěsněn dle ČSN EN 13 501 - 2, objevují se zde požadavky pro zdravotnická zařízení. V roce 2009 došlo k další aktualizaci normy ČSN 730810, došlo k úpravě a doplnění mezních rozměrů, materiálů a plnicího média. Je také vznesen požadavek, že nad tyto hodnoty je nutno použít požárně bezpečnostního zařízení, které má požární odolnost určenou dle požadované požární odolnosti požárně dělicí konstrukce. V tomto roce došlo k doplnění požadavku v normě ČSN 73 0802, kde už je přímo zakotven požadavek, že těsnění prostupů rozvodů a instalací (vodovody, plynovody), technologických rozvodů a elektrických rozvaděčů musí být provedeny v souladu ČSN 73 0810:2009, v roce 2010 došlo k zanesení tohoto požadavku také v aktualizaci ČSN 73 0804. [1][2][3]

Zásadní změnu v posuzování prostupů vnesla nová norma ČSN 730810:2016. Podstata se nemění - prostupy mají být realizovány tak, aby co nejméně prostupovaly požárně dělicími konstrukcemi, a konstrukce musí být dotaženy až k vnějším povrchům prostupujících zařízení, avšak zpřísnila se kritéria pro prostup bez požárně bezpečnostního zařízení - požární přepážky, ucpávky. Těsnění prostupů může být provedeno dobetonováním, dozdržením hmotami třídy reakce na oheň A1 nebo

<sup>1</sup> VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství  
Lumírova 13, 700 30 Ostrava - Výškovice  
walter.groer@vsb.cz

A2, pokud se nejedná o prostupy okolo chráněných únikových cest nebo požárních a evakuačních výtahů, takto provedené těsnění je provedeno v celé tloušťce požárně dělicí konstrukce. Takto provedené těsnění může být pouze v následujících případech [1]:

- Jedná se o maximálně 3 potrubí s trvalou náplní nehořlavou kapalinou, ve vzdálenosti do 500 mm od sebe. potrubí je třídy reakce na oheň A1 nebo A2 nebo je vnější průměr maximálně 30 mm. Takto provedené potrubí může mít izolace, které jsou třídy reakce 25 na oheň A1 nebo A2, a musí mít přesah minimálně 500 mm na obě strany konstrukce. Pokud jsou potrubí vzdálené od sebe více než 500 mm, hodnotí se jako samostatné prostupy.
- V případě jednotlivého kabelu instalace, který má vnější průměr do 20 mm. Tento vstup může být realizován také v sádkartonové nebo sendvičové konstrukci. Konstrukce musí být dotažena až k vnějšímu povrchu kabelu stejnou skladbou.

V ostatních případech musí být těsnění provedeno pomocí požárně technického zařízení, tedy výrobku, požární přepážkou nebo ucpávkou, zkoušené dle ČSN EN 13501 - 2. Tyto prostupy pak musí mít požární odolnost EI nebo E, podle toho, v jaké požárně dělicí konstrukci se nachází.

Co se týče požadavků ve Velké Británii, je možno u požárně dělicí konstrukce použít potrubí z nehořlavého materiálu do průměru 160 mm bez použití požárně bezpečnostního zařízení, u hliníkového, PVC, olova nebo potrubí z cementových vláken je do 110 mm a z jiného materiálu maximálně 40 mm, je však potřeba dodržet další požadavky uvedené v platných normách [6][7][8]. Požadavky v USA umožňují nehořlavé potrubí použít bez PBZ do 150 mm, hořlavé potrubí je nutno opatřit manžetou vždy, ale musí být dozděno nehořlavými materiály. Je opět nutné dodržet další požadavky spojené s instalací potrubí [9][10].

Vzhledem k vybraným zahraničním požadavkům je možno konstatovat, že v současné chvíli jsou tyto požadavky pro nehořlavá potrubí mnohem vstřícnější než české normové požadavky.

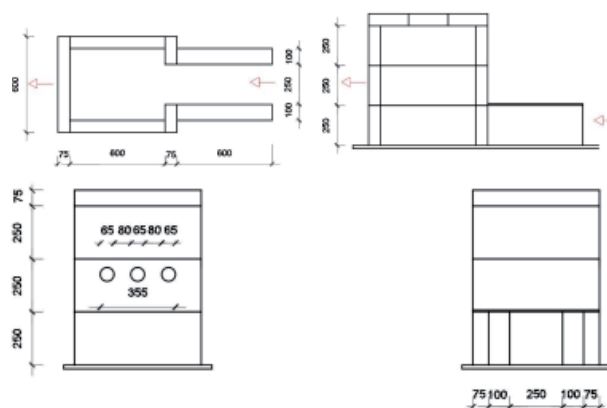
### Experimentální měření

Cílem experimentálního měření bylo ověřit zvolené konfigurace prostupů z hlediska možnosti rozšíření požáru. Byly zvoleny potrubní rozvody různých průměrů. Rozměry a materiál potrubí byly zvoleny na základě normových požadavků, zejména požadavků normy ČSN 73 0810:2009 z hlediska použití požárně bezpečnostního zařízení, tedy manžet a těsnění, které je klasifikováno dle ČSN

EN 13 501 - 2:2017. Hlavním cílem bylo ověřit, zda stanovené průměry potrubí ze stanovených materiálů třídy reakce na oheň B až F vyhoví požadavkům ČSN 73 0810:2016 bez použití tohoto požárně bezpečnostního zařízení, tedy jen dozděním, případně dobetonováním hmotami třídy reakce na oheň A1 nebo A2 v celé délce konstrukce

### Zkušební pec

Zkušební pec byla zkonstruována na plynné palivo -propan, stěny a strop pece byly zkonstruovány z příčkovek YTONG tl. 75 mm, s objemovou hmotností  $500 \text{ kg.m}^{-3}$ . Pec byla schopna zajistit normové podmínky požárního namáhání s ohledem na tepelné působení, tedy namáhání dle teplotní normové křivky. V peci byly současně zkoušeny dva prostupy potrubních instalací, plastové potrubí bylo zazděno mezi dvě příčkovky YTONG, tl. 150 mm. V případě měděného potrubí bylo na levé straně zazděno do příčkovky YTONG tl. 75 mm a na pravé do příčkovky YTONG tl. 150 mm. Požární odolnost příčkovek je stanovena na EI 180. V peci byl zkonstruován příváděcí otvor, ve kterém byl umístěn plynový hořák, a odváděcí otvory na druhé straně pece. Schéma pece je znázorněno na Obrázku 1, skutečná pec na Obrázku 2.



Obr. 1 Schéma zkušební pece

### Zkušební vzorky

Byly vybrány vzorky běžně dostupných materiálů. Jednalo se o odpadní potrubí HT EM DN 32, DN 50, DN 75 a DN 110, dále vodovodní potrubí PPR DN 32, DN 40, DN 50, vodovodní potrubí PPR STABI GLASS DN 32 a DN 40, a měděné potrubí DN 35. Vodovodní potrubí bylo naplněno vodou (nebyla zajištěna cirkulace), odpadní potrubí bylo bez média, tedy jen vzduch a měděné nehořlavé potrubí bylo zkoušeno jak s vodou, tak se vzduchem.



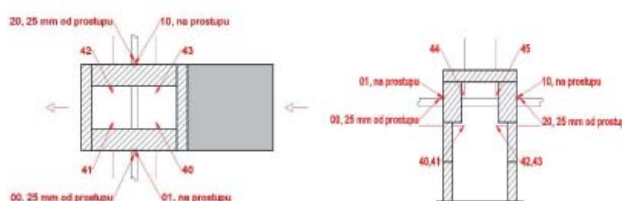
Obr. 2 Zkušební pec

Do příčekvek YTONG tl. 150 mm byly následně vyvrtány otvory s průměrem přibližně o 2 cm větším, než byl zkušební vzorek. To umožnilo aplikaci zdící hmoty třídy reakce na oheň A1. U měděných vodovodních trubek ať se vzduchem nebo s vodou, byla levá část trubky zazděna do YTONG 75 mm a pravá část do YTONG 150 mm. Vždy byl do příčekvek vyvrtán jeden otvor, kterým trubka procházela. Prstencové otvory okolo potrubí byly následně zazděny rychleschnoucím lepícím a stěrkovacím tmelem na pórobeton WEBER, s třídou reakce na oheň A1. Aplikace lepícího tmelu v celé šířce konstrukce byla docílena použitím plátěného zdobícího sáčku a následně byl tento tmel dotažen k vnější hraně konstrukce se stykem s potrubím pomocí řemeslnické špachtle, a to jak u vnitřní, tak i u vnější strany zkušební pece. Takto připravené vzorky byly odstaveny cca 48 hodin, aby bylo docíleno zaschnutí tmelu. Vzorky byly zkoušeny horizontálně.

V průběhu experimentálního měření byly použity dva typy termočlánků typu K - drátové termočlánky a plášťové termočlánky. Plášťové termočlánky byly použity na měření teploty v peci. Termočlánky dodala firma OMEGA. Použité termočlánky byly typu TJ3-CAIN-M10U, tedy termočlánek typu K, s pláštěm Inconel průměru 1,57 mm, s neuzeměným měřicím koncem. Tento typ termočlánku byl použit pro termočlánky označené 40, 41, 42, 43, 44 a 45. Drátové termočlánky byly použity na měření teploty na potrubí a na prostupech. Také byly dodány firmou

OMEGA, typ HH - K - 20 - SLE (ROHS), tloušťky 1,52 mm. Tento typ byl použit pro termočlánky označené 00, 01, 10 a 20.

Pro zaznamenávání teploty z termočlánků byly použity ústředny ALMEMO 5690 - 2M, ALMEMO 2890 - 9 a AMLEMO 2590. Teploty byly zapisovány do souborů v sekundových intervalech. Tato data byla následně použita pro zobrazení grafických závislostí a pro další poznatky z měření. Umístění termočlánků je možno vidět na Obrázku 3.



Obr. 3 Umístění termočlánků

### Zkušební postup

Na připravené vzorky, po vyschnutí lepícího tmelu třídy reakce na oheň A1, byly umístěny termočlánky, podle Obrázku 3. Následně byla přidána stropní konstrukce pece, která se skládala ze tří příčekvek YTONG. Pokud potrubí mělo být zkoušeno s vodou, tak do připraveného vzorku byla aplikována studená voda. Po odzkoušení všech termočlánků v peci a na potrubí byl zapnut záznam sběru dat na ústřednách ALMEMO. Poté byl otevřen přívod propanu a k hořáku byl přiblížen plamen. Tím bylo zahájeno měření. Regulace přívodu propanu probíhala vně zkušební komory, ve které byla umístěna zkušební pec. Regulace probíhala pomocí redukčního ventilu s tlakoměrem na tlakové láhvi. Otevřením nebo zavřením ventilu byla regulována průměrná teplota v peci, která byla zobrazována na ústředně. Průměrná teplota byla počítána z termočlánků označených 40, 41, 42, 43 při měření č. 1, č. 2 a č. 3. Pro zbytek měření byly přidány další dva termočlánky označené 44 a 45, které byly v peci umístěny 1 cm nad procházejícím potrubím a 2 cm od prostupu. Cílem korigování přívodu propanu bylo dosáhnout v určitý čas určité teploty, dle normové teplotní křivky. Tabulka 1 zobrazuje závislost teploty na čase, které bylo potřeba v peci dosáhnout.

Tab. 1 Teploty v čase dle teplotní normové křivky

t [min]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
T [°C]	349,2	444,5	502,3	543,9	576,4	603,1	625,8	645,5	662,8	678,4	692,5	705,4	717,3	728,3	738,6	748,2	757,2	765,7	773,7	781,4
t [min]	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
T [°C]	788,6	795,6	802,2	808,5	814,6	820,5	826,1	831,5	836,7	841,8	846,7	851,4	856,0	860,5	864,8	869,0	873,1	877,1	881,0	884,7
t [min]	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
T [°C]	888,4	892,0	895,5	899,0	902,3	905,6	908,8	912,0	915,1	918,1	921,0	923,9	926,8	929,6	932,3	935,0	937,7	940,3	942,8	945,3



Dále byly zaznamenávány teploty z termočlánků označených 00, 01 (levý prostup) a 10, 20 (pravý prostup). Termočlánky označené 00 a 20 byly umístěny vždy 25 mm od hranice konstrukce na povrchu potrubí, a to z důvodu sledování limitní teploty 180 °C. Tato teplota nesměla být překročena, aby nebylo porušeno kritérium izolace. Termočlánky označené 01 a 10 byly umístěny při styku potrubí s konstrukcí, z důvodu sledování teplot v tomto místě a z důvodu porovnání teplot na termočláncích s označením 00 a 20. V průběhu zkoušek bylo pozorováno, jak se potrubí a zazděné prostupy chovají, poznatky byly zapisovány a dokumentovány pomocí fotoaparátu. Jako limitní čas trvání zkoušek byl stanoven čas 45 minut pro plastové potrubí. U měděného potrubí s náplní vody, případně vzduchu, byl čas stanoven 60 minut. V průběhu zkoušek byla také testována celistvost zazděného prostupu.

Zkouška mohla být ukončena několika způsoby:

- uplynutím předem stanoveného času (45, 60 minut),
- porušením kritérií pro izolaci nebo celistvost pro levý i pravý vzorek,
- z nepředvídaných okolností, jako může být například vyprázdnění propanové tlakové lahve (k čemuž během žádné zkoušky nedošlo) nebo zamrznutí redukčního ventilu na tlakové lahvi, čímž by bylo znemožněno korigování průměrné teploty v peci.

Během experimentálního měření a po jeho ukončení byly vzorky fotograficky dokumentovány. Během měření byly zkoušeny zároveň dva prostupy, jeden na levé straně pece, druhý na pravé straně pece (zkušební potrubí bylo zazděno mezi nosné konstrukce pece).

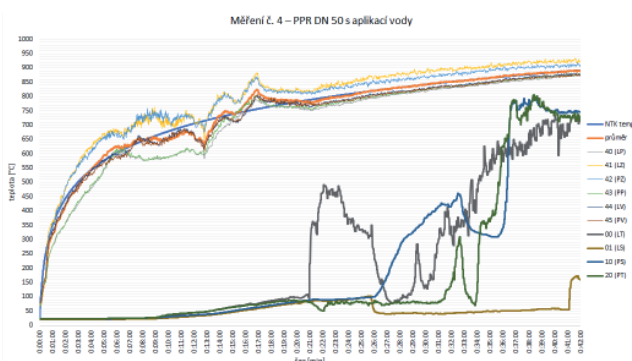
Zkoušení celistvosti a izolace probíhalo v průběhu experimentálního měření na základě požadavků uvedených v ČSN EN 1363 - 1:2013. Celistvost byla zkoušena zejména bavlněným polštářkem přiložením k povrchu zkušebního vzorku po dobu minimálně 10 s a maximálně 30 s nebo dokud nedošlo k jeho vznícení. Bavlněný polštářek byl přiložen nejen k povrchu prostupujícího potrubí vně pece, ale primárně v místě zazděného prostupu. Časy přiložení polštářku byly zaznamenávány. V průběhu experimentálního měření se nevytvořily žádné spáry v zazděném prostupu. Během celého experimentálního měření byl kladen důraz na pozorování možného plamenného hoření vně pece. Teploty pro získání kritéria izolace byly zaznamenávány prostřednictvím ALMEMO ústředěn v sekundových intervalech a zároveň v reálném čase byly na těchto ústřednách zobrazovány. Kritérium

pro dosažení mezního stavu izolace bylo jediné, a to dosažení teploty 180 °C nad počáteční průměrnou teplotu na neohříváné straně pece. Pro každý prostup byly vyčleněny dva termočlánky. Jeden ve vzdálenosti 25 mm od místa prostupu, na kterém nesměla teplota přesáhnout 180 °C nad průměrnou počáteční teplotu a druhý v místě prostupu, který neměl pro mezní stav izolace žádný vliv.

### Průběh měření

Ze všech vzorků byly pro popsání vybrány dva, jeden pro hořlavé potrubí, druhý pro nehořlavé potrubí.

PPR DN 50 s aplikací vody - Měření průměrné teploty probíhalo pomocí termočlánků s označením 40, 41, 42, 43, 44 a 45. Před měřením byla do připraveného vzorku s navařenými koleny aplikovaná voda. Ve 12. minutě se začíná ozývat praskot. Na Obrázku 4 je možno vidět v této minutě prohoření trubky a následně výtok vody do zkušební pece, což se projevilo poklesem průměrné teploty v peci. Ve 21. minutě došlo k nárůstu teploty o 180 °C nad počáteční teplotu 20 °C u levého vzorku. Tím bylo porušeno kritérium izolace. U pravého vzorku je předpoklad porušení kritéria taktéž v 21. minutě. Ve chvíli, kdy došlo k ohnutí pravého vzorku (21. minuta), došlo k odchýlení termočlánku ze své původní polohy, proto nebyl zaznamenán nárůst teploty. Na Obrázku 4 je možno pozorovat pokles teploty, který byl způsoben odchýlením termočlánku mimo působení horkých plynů. Při přiložení bavlněného polštářku ve 21. minutě nedošlo k jeho vznícení, přiložen byl poté v 22., 23. a 30 minutě, taktéž nedošlo ke vznícení. Ve 35. minutě došlo k prošlehávání plamene z obou prostupů, tím bylo porušeno kritérium celistvosti u obou vzorků. Zkouška byla ukončena ve 42. minutě z důvodu porušení kritérií jak pro izolaci, tak pro celistvost. Na Obrázku 4 je možno vidět grafické znázornění průběhu teplot během zkoušky.

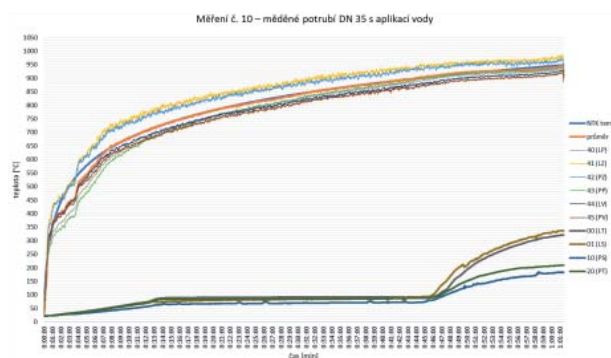


Obr. 4 Grafický průběh teplot při měření PPR DN 50 s aplikací vody



Obr. 5 Zkušební vzorek PPR DN 50 během zkoušky

Měděné nehořlavé potrubí DN 35 s aplikací vody - Měření průměrné teploty probíhalo pomocí termočlánků s označením 40, 41, 42, 43, 44 a 45. Před měřením byla do připraveného vzorku s přípevnými koleny aplikována voda. Levý prostup byl instalován do příčky YTONG 75 mm, pravý do příčky YTONG 150 mm. Jelikož nebylo předpokládáno, že by došlo k ohnutí vzorků, tak jak se to dělo u plastového potrubí, bylo provedeno fixní připevnění termočlánků ve vzdálenosti 25 mm od prostupu. To bylo docíleno pomocí kovových svorek s izolací ze skelné vaty, aby nedošlo k přenosu tepla z kovových vzorků na termočlánky, a tím ke zkreslení měřené teploty na těchto termočláncích. Ve 14. minutě byl zpozorován var vody uvnitř potrubí. Voda vyvěřela úplně ve 45. minutě. Izolace byla porušena na levém vzorku v 50. minutě, na pravém vzorku v 57. minutě. Přiložené bavlněné polštářky se nevznítily ani jednou, nebylo pozorováno plamenné hoření ani tvorba prasklin, nebyla tedy porušena celistvost. Zkouška byla plánovaně ukončena v 60. minutě. Na Obrázku 6 je možno vidět grafické znázornění průběhu teplot během zkoušky. Tloušťka požárně dělicí konstrukce na pravé straně (150 mm) zapříčinila posun porušení kritéria izolace o 7 minut než na straně levé, kde byla tloušťka požárně dělicí konstrukce 75 mm.



Obr. 6 Grafický průběh teplot při měření měděného potrubí DN 35 s aplikací vody



Obr. 7 Měděné potrubí po ukončení zkoušky

### Vyhodnocení experimentálního měření

V tabulce 2 je možno vidět přehled výsledků, které byly při zkouškách získány. Hodnoty, které nebyly potvrzené, zejména tedy časy, kdy bylo porušeno kritérium izolace, jsou uvedeny v závorkách. Jedná se o případy, kdy termočlánek umístěný na potrubí se vychýlil ze své původní pozice při ohnutí vzorků. Vzorky, u kterých je pomlčka, nevyhovely žádné třídě požární odolnosti. Důvod, proč u některých měření vydržel levý nebo pravý vzorek déle, případně nevydržel vůbec, může být nepřiměřené nahřívání dané strany, tedy větší působení plamene uvnitř pece. V průběhu měření byla snaha tento jev eliminovat, zejména vycentrováním hořáků.

Na výsledky mají vliv jak materiály potrubí, tak tloušťka stěny potrubí a jejich vnější průměr. Nejpriznivější se jeví potrubí o malém vnějším průměru, do DN 40 (u vodovodního potrubí). U průměru DN 50 nedošlo k zatažení, které by zamezilo zejména prosluhávání plamene. Všechna vodovodní potrubí si zachovaly svou izolační vlastnost minimálně 21 minut. Je však nutné zmínit skutečnost, že potrubí bylo ze začátku naplněno vodou, došlo k chlazení potrubí touto vodou. Ve chvíli, kdy došlo ohřátí vody na takovou teplotu, že už nebyla schopna ochlazovat potrubí, toto potrubí prohořelo. Potrubí bylo zkoušeno se statickou vodou. Výsledky by mohly být odlišné, kdyby vodovodním potrubí protékala trvalá náplň vody za přetlaku, jak je běžné v praxi.

Tab. 2 Výsledky experimentálního měření

číslo měření	Typ	název, průměr	počáteční médium	šířka PDK [mm]	trvání zkoušky [min]	prostup	porušení				výsledná třída dle [33]
							izolace	čas [min]	celistvost	čas [min]	
1	Vodovodní	PPR DN 32	voda	150	45	Levý	Ano	24	Ne	-	EI 20, E 45
				150		pravý	Ne	-	Ne	-	EI 45
8	Vodovodní	PPR DN 40	voda	150	45	Levý	Ne	-	Ne	-	EI 45
				150		pravý	Ano	21	Ne	-	EI 20, E 45
4	Vodovodní	PPR DN 50	voda	150	42	Levý	Ano	21	Ano	35	EI 20, E 30
				150		pravý	Ano	(21)	Ano	35	(EI 20), E 30
9	Vodovodní	PPR STABI GLASS DN 32	voda	150	45	Levý	Ano	(26)	Ne	-	(EI 20), E 45
				150		pravý	Ano	(29)	Ne	-	(EI 20), E 45
2	Vodovodní	PPR STABI GLASS DN 40	voda	150	45	Levý	Ano	(25)	Ne	-	(EI 20) E 45
				150		pravý	Ano	30	Ne	-	(EI 20) E 45
7	Kanalizační	HT EM DN 32	vzduch	150	32	Levý	Ano	10	Ne	-	E 30
				150		pravý	Ne	-	Ne	-	EI 30
3	Kanalizační	HT EM DN 50	vzduch	150	14	Levý	Ano	12	Ano	13	-
				150		pravý	Ano	11	Ano	13	-
5	Kanalizační	HT EM DN 75	vzduch	150	17	Levý	Ano	(6)	Ano	11	-
				150		pravý	Ano	5	Ano	11	-
6	Kanalizační	HT EM DN 110	vzduch	150	7	Levý	Ano	6	Ano	6	-
				150		pravý	Ano	6	Ano	6	-
10	Vodovodní	měděné potrubí DN 35	voda	75	60	Levý	Ano	50	Ne	-	EI 45, E 60
				150		pravý	Ano	57	Ne	-	EI 45, E 60
11	Vodovodní	měděné potrubí DN 35	vzduch	75	46	Levý	Ano	18	Ne	-	EI 15, E 45
				150		pravý	Ano	44	Ne	-	EI 30, E 45

U měděného potrubí se projevil vliv šířky konstrukce, ve které je potrubí instalováno, zazděno. S aplikací vody (opět statickou) tento rozdíl znamenal 7 minut, ve prospěch širší 150 mm konstrukce. Se vzduchem tento rozdíl byl 26 minut. Opět je na místě hypotéza, jak by se potrubí zachovalo s trvalou náplní tekoucí vody za přetlaku, zda by kritérium izolace bylo porušeno, pokud by potrubím protékala voda a nedošlo by k jejímu vyvěření. Je možné, že by se potrubí nezahřálo na takovou teplotu, aby bylo porušeno kritérium izolace. U tohoto potrubí se zejména projevilo vedení tepla materiálem potrubí. Záměrně byla vybrána měď, která má nejvyšší tepelnou vodivost z běžně instalovaných materiálů, jako potrubních rozvodů. Instalace PBZ, zejména manžety, by neměla vliv na pokles teploty na termočláncích pod kritickou hodnotu pro kritérium izolace, tyto systémy nejsou schopny ovlivnit teplotu na odvrácené straně konstrukce. Jako reálnější možnost ochrany se jeví obalení nehořlavou izolací v určité délce. Použití izolace však současně normové požadavky, zejména požadavky ČSN 73 0810:2016 neumožňují, avšak tato úvaha by stála za zvážení provedení dalších zkoušek a ověření.

Kanalizační hořlavé potrubí se vzhledem k výsledkům zkoušek jeví jako méně bezpečné než hořlavé vodovodní potrubí. Potrubí bylo zkoušeno pouze se vzduchem, jak je běžné v praxi. Mělo také mnohem menší tloušťku stěny, došlo tedy k rychlému prohoření. Nejbezpečnější se jeví kanalizační potrubí DN 32, kdy došlo k zatavení prostupu a vzorek si zachoval celistvost po celou dobu zkoušky. Potrubí DN 50 sice mělo částečně zatavený prostup, to ale nezabránilo následnému prohoření po několika minutách.



Obr. 8 Zatavený prostup PPR DN 40

Je možno obecně konstatovat, že nebezpečnost stoupá s vnějším průměrem. Nejvíce nebezpečné, dle výsledků zkoušek, bylo kanalizační potrubí DN 110. Je třeba zmínit, že všechny vnější průměry ještě donedávna vyhovovaly normovým požadavkům bez použití PBZ, které vyhovuje požadavkům ČSN EN 13 501 - 2:2017.

Během experimentálního měření vyhovělo spíše kritériu celistvosti, než izolace, více vysvětlí Tabulka 1. Stojí za úvahu zvážit možnost provedení zkoušek plastového potrubí ještě menších vnějších průměrů, zda by opravdu došlo k porušení izolace nebo celistvosti a zejména nutnosti instalace PBZ. Samozřejmě záleží na šířce požárně dělicí konstrukce a její požární odolnosti.

Malé průměry, ať už vodovodního nebo kanalizačního potrubí, představují relativně malé nebezpečí. V průběhu zkoušek se sice vytvořil na krátkou dobu otevřený prostup, ale následně byl

zataven tímto potrubím. Totéž probíhá v případě například protipožárních manžet, kdy až při vzniklém otvoru proběhne reakce protipožárního zpěnitelného materiálu v manžetě a postupně se otvor uzavře.

## Závěr

Cílem měření bylo zhodnotit jaké nebezpečí z hlediska šíření požáru představují prostupy instalací s ohledem na konkrétní podmínky požáru. Na základě evidence a statistických dat bylo zjištěno, že podíl na šíření požáru mezi požárními úseky prostupy instalací je v řádech promile, tedy vzhledem k počtu událostí je podíl malý. Na vývoj normových požadavků měl zásadní vliv vývoj nových materiálů a zařízení, které je možno u prostupů instalací použít. Jedná se zejména o speciálně vyvíjené tmely, malty, a hlavně o zpěňující manžety a ucpávky, které způsobí zaplnění prostoru po překročení aktivační teploty.

V dnešní době české normové požadavky požadují aplikaci PBZ u drtivé většiny prostupujícího potrubí. Ve srovnání se zahraničními požadavky, zejména z USA a Britských ostrovů jsou tyto požadavky přísnější. Například pro nehořlavé potrubí v USA je nutné použít certifikovaného výrobku až od vnějšího průměru 150 mm, na Britských ostrovech od 160 mm. V ČR je to již od 30 mm.

Pro experimentální měření byla použity hořlavá a nehořlavá potrubí. Hořlavá potrubí byla složena z polypropylenu a byly vybrány tři druhy, a to vodovodní potrubí z čistého polypropylénu DN 32, DN 40 a DN 50 tlakové řady PN 16, vodovodní potrubí z polypropylénu s příměsí skelných vláken DN 32 a DN 40 tlakové řady PN 20 a kanalizační polypropylénové potrubí DN 32, DN 50, DN 75 a DN 110. Vodovodní potrubí bylo zkoušeno se statickou vodou, kanalizační potrubí bylo zkoušeno se vzduchem. Tloušťky stěn jsou stejné jak u čistého potrubí, tak u potrubí s příměsí skelných vláken, tedy 4,4 mm, 5,5 mm a 6,9 mm, tloušťka kanalizačního potrubí byla menší, a to 1,8 - 2,7 mm. Nehořlavé potrubí bylo složeno z mědi o průměru DN 35 a bylo zkoušeno jak s vodou, tak se vzduchem. Potrubí bylo instalováno do nosných konstrukcí zkušební pece a prostup byl zazděn lepícím tmelem na porobeton, třídy reakce na oheň A1. Při jednom měření byly vyzkoušeny dva totožné prostupy, jeden na levé a druhý na pravé straně zkušební pece. V průběhu měření probíhalo ověřování kritérií celistvosti a izolace.

Z měření vyplynuly poznatky, že nebezpečí šíření požáru u hořlavých potrubí se zvyšuje s rostoucím vnějším průměrem potrubí a typem potrubí. Je možno konstatovat, že nejmenší riziko

šíření požáru tvoří malé průměry jednotlivých prostupů vodovodního potrubí, kdy se prostup během měření zatavil samotným materiálem potrubí. Největší riziko představují velké průměry, zejména kanalizačního potrubí, kdy zatavení už nebylo pozorováno, kdežto bylo pozorováno prohořívání. U nehořlavého měděného potrubí bylo pozorováno porušení kritéria izolace. Toto porušení bylo zapříčiněno zejména vedením tepla materiálem potrubí. Nejnebezpečnější se na šíření požáru jevílo potrubí se vzduchem a zazdění v požárně dělicí konstrukci poloviční šířky. Nejbezpečnější se ukázalo potrubí s náplní vody. Je však nutno dodat, že se tyto poznatky lišily pouze v čase, izolační kritérium bylo vždy porušeno.

U měděného potrubí se statickou vodou bylo porušení kritéria izolace ovlivněno časem, kdy voda vyvěla. Pokud by potrubí bylo trvale naplněno vodou, tak jak je běžné v praxi, došlo by k proudění vody uvnitř potrubí, tím pádem by bylo docíleno lepšího efektu ochlazování. Lze předpokládat, že ochlazovací efekt vody by zapříčinil neporušení izolačního kritéria.

Ze současně platné normy ČSN 73 0810 jednoznačně vyplývá, že je nutné opatřit nehořlavé potrubí s nehořlavou kapalinou od průměru 30 mm certifikovaným PBZ. V případě náplně vzduchu jsou to všechna nehořlavá potrubí. Systémy pro ošetření prostupů dle článku 7.5.8 ČSN EN 13 501 - 2, například manžety a ucpávky apod. zapění případný otvor po vyhořelém potrubí. V případě nehořlavého potrubí s teplotou tání nad teplotami dle normové teplotní křivky tento prostor nevzniká. Pokud vůbec nastane, děje se tak až při vystavení vysokým teplotám v řádech hodin. Tyto certifikované výrobky nemají vliv na nárůst teploty na potrubí a odvrácené straně konstrukce, a tedy na izolační schopnost. Jsou určeny hlavně k zapěnění vzniklého otvoru zejména u potrubí z hořlavých materiálů. Nehořlavé potrubí v podmínkách požáru neodpadne. Nevznikne otvor, který by bylo nutno zapěnit manžetou nebo jiným požadovaným certifikovaným výrobkem. Proto jejich instalace u těchto potrubí nemá žádný účinek. U náplně s vodou postačuje chladicí efekt této vody. U náplně vzduchu nárůst teploty zpěňující protipožární manžeta neovlivní.

Na základě provedených experimentů lze konstatovat, že použití PBZ u nehořlavého potrubí neřeší problém porušení izolačních vlastností. Jako efektivnější možností se jeví použití nehořlavé izolace okolo potrubí do určité vzdálenosti. Tento postup však kodex norem ČSN nedovoluje.

## Reference

- [1] ČSN 73 0810. Požární bezpečnost staveb - Společná ustanovení. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- [2] ČSN 73 0802. Požární bezpečnost staveb: Nevýrobní objekty. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- [3] ČSN 73 0804. Požární bezpečnost staveb: Výrobní objekty. Praha: Český normalizační institut.
- [4] ČSN EN 1363-1. Zkoušení požární odolnosti - Část 1: Základní požadavky. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
- [5] ČSN EN 13501-2. Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb - Část 2: Klasifikace podle výsledků zkoušek požární odolnosti kromě vzduchotechnických zařízení. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
- [6] DEPARTMENT FOR COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT. The Building Regulations 2010: Approved document B. 2006 ed., incorporating 2007, 2010 and 2013 amendments. Newcastle upon Tyne: NBS, 2013. ISBN 978-185-9464-892.
- [7] BILLINGTON, M.J., S.P. BARNSHAW, K.T. BRIGHT a A. CROOKS. The Building Regulations: Explained and Illustrated: 14TH edition. 9600 Garsington Road, Oxford, OX4 2DQ, United Kingdom: Wiley Blackwell, 2017. ISBN 9781405195027.
- [8] Technical Handbook - domestic. 2017. Dostupné také z: <http://www.gov.scot/Resource/0052/00529527.pdf>
- [9] NFPA 221. Standard for High Challenge Fire Walls, Fire Walls, and Fire Barrier Walls. National Fire Protection Association, 2017.
- [10] NFPA 5000. Building Construction and Safety Code. National Fire Protection Association, 2017.
- [11] GROER, Walter, Bc. Šíření požáru prostupy instalací. Ostrava, 2018. 71 s. Diplomová práce. VŠB-TUO, Fakulta bezpečnostního inženýrství.

## APLIKÁCIA ANALÝZY STROMU UDALOSTÍ NA NEGATÍVNE SLEDY UDALOSTÍ V ŽELEZNIČNEJ DOPRAVE

Ing. Katarína HOTEROVÁ<sup>1</sup>, prof. Ing. Zdeněk DVOŘÁK, PhD.<sup>1</sup>

**Abstrakt:** Železničná infraštruktúra tvorí dôležitú časť národnej infraštruktúry, taktiež predstavuje rýchly, ekonomický a ekologický spôsob prepravy obyvateľstva, ale aj hospodárskych komodít. Spoľahlivosť a bezpečnosť sa stávajú čoraz viac dominantnejšími kritériami pri hodnotení jednotlivých druhov dopravy. Negatívne udalosti môžu ovplyvniť nie len kvalitu poskytovanej služby, ale pri extrémnych udalostiach dopad aj na samotnú dopravnú infraštruktúru, na dopravné technológie a prostriedky, ale aj na riadiace a informačné systémy. Na identifikáciu negatívnych sledov udalostí bude aplikovaná analýza stromu udalostí. Táto metóda poukáže na možné scenáre, ktoré môžu nastať po iniciačnej udalosti, ktorou bude prekážka na železničnom moste.

**Kľúčové slová:** železničná infraštruktúra, analýza stromu udalostí, sled udalostí

### Úvod

Národná infraštruktúra predstavuje prepojený systém prvkov. Dopravná infraštruktúra je jednou z najdôležitejších súčastí národnej infraštruktúry nie len Slovenskej republiky, ale aj každého štátu. Dopravnú infraštruktúru tvorí cestná, železničná, letecká, vodná a potrubná doprava. Železničnú dopravu môžeme považovať za najefektívnejšiu s ohľadom na finančnú náročnosť, ekologickosť, rýchlosť a spoľahlivosť. Medzi nevýhody by sme mohli zaradiť neprepojenosť celého územia so železničnou infraštruktúrou. Pri hodnotení bezpečnosti železničnej infraštruktúry je potrebné zdefinovať kritéria, podľa ktorých môžeme rozdeliť jednotlivé objekty podľa dôležitosti. I keď kritéria dôležitosti sú pre každého subjektívne. Pri hodnotení dôležitosti konkrétnych objektov môžeme vychádzať z rôznych zdrojov. Po vyselektovaní týchto objektov môžeme použiť rôzne metódy hodnotenia rizika. Pre článok bude použitá analýza ETA, pomocou ktorej dokážeme znázorniť a pravdepodobnostne ohodnotiť jednotlivé činnosti po vzniku iniciačnej udalosti.

### 1. Riziká a ohrozenia železničnej dopravy

Pri skúmaní negatívnych sledov udalostí je potrebné najskôr určiť, v ktorých oblastiach môže k takýmto udalostiam dôjsť. Riziká a ohrozenia železničnej dopravy existujú v prepravnom procese,

v okolí dopravného systému, súvisiace so samotnou dopravnou infraštruktúrou, v procese riadenia železničnej dopravy a súvisiace s prevádzkou železničných dráhových vozidiel (Soušek, 2013, Dvořák a kol., 2010). Každý objekt dopravnej infraštruktúry je ohrozený rizikom a rôznymi činiteľmi. Je dôležité sa zamerať hlavne na tie, ktoré sú istým spôsobom vo väčšej miere dôležité. Pri hodnotení dôležitých objektov musíme uvažovať s kritériami ako sú:

- dopady na obyvateľstvo,
- dopady na ekonomiku,
- dopady na životné prostredie,
- dopady na politickú situáciu,
- synergické a kaskádové efekty individuálneho dopadu (Dvořák, 2017).

Medzi základné prvky, ktoré sú hodnotené predchádzajúcimi kritériami zaradíme:

- železničné tunely,
- železničné mosty,
- železničné stanice,
- intermodálne dopravné terminály (APVV, 2018).

Po tom ako sú stanovené dôležité objekty železničnej dopravy sa frekvencia každého ohrozenia môže hodnotiť s využitím štatistických údajov a expertným tímom pomocou metódy scenárov ETA a FTA (Dvořák, 2017). ETA znamená Event Tree Analysis (ďalej len ETA), čo v preklade znamená

<sup>1</sup> Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva  
Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina  
katarina.hoterova@fbi.uniza.sk, zdenek.dvorak@fbi.uniza.sk

analýza stromu udalostí. Je to grafická metoda, která znázorňuje sled udalostí, které nasledujú po iniciačnej udalosti. Iniciačná udalosť je udalosť, ktorá spôsobí narušenie alebo znefunkčnenie systému. Analýza môže byť aplikovateľná kvalitatívne a aj kvantitatívne. Kvalitatívne popisuje možné problémy ako kombináciu udalostí, ktoré môžu vytvoriť rôzne typy nedostatkov. Kvantitatívne odhaduje početnosť a pravdepodobnosť udalostí a dôležitosť rôznych sledov porúch (ČSN EN 31 010,2009). ETA pozostáva z postupných krokov, ktoré budú popísané nižšie v článku. FTA znamená Fault Tree Analysis, čo v preklade znamená analýza stromu porúch. Táto metóda pri skúmaní spoľahlivosti zložitých systémov a odhaľovaní chýb v procesoch využíva grafický model vo forme vetvových diagramov. Tieto diagramy umožňujú systematické zobrazenie jednotlivých negatívnych udalostí až po vrcholovú udalosť, ktorá môže nastať (Štetinová, 2006).

## 2. Aplikácia analýzy stromu udalostí v železničnej doprave

Na aplikáciu analýzy ETA bol vybraný objekt železničnej dopravy, ktorý predstavuje dôležitý uzol. Jedná sa o železničný most na úseku Žilina - Košice. Most premostňuje rieku Váh a poľnú cestu a ústi do železničného tunela. Pri narušení alebo zničení tohto objektu by dopady boli na obyvateľstvo, ekonomiku, v extrémnych prípadoch na životné prostredie (Hoterová, 2019). Pri aplikácii analýzy ETA sa uvažovalo s iniciačnou udalosťou, ktorou bola prekážka na železničnom moste. Iniciačná udalosť vždy nadobúda hodnotu pravdepodobnosti rovnú 1. Ďalej bola určené činnosti ako spozorovanie prekážky obsluhou, vykoľajenie vlaku, únik nebezpečných látok, nahlásenie prekážky obsluhou. Na činnosti sa odpovedá áno/nie. Pravdepodobnosti budú určené na možnosť áno. Ak sa dajú činnosť nepodariť vykonať, tak určená pravdepodobnosť pre možnosť áno sa odpočíta od celkovej hodnoty 1.

Hodnoty pravdepodobností jednotlivých činností boli stanovené len na základe môjho uváženia, keďže neboli dostupné informácie k stanoveniu expertných hodnôt pravdepodobností. Dané hodnoty pravdepodobností nemajú výpovednú hodnotu. Stanovené pravdepodobnosti pomôžu kvantifikovať metódu ETA. Jednotlivé pravdepodobnosti boli stanovené:

1. prekážka na železničnom objekte - jedná sa o iniciačnú udalosť a bude vždy mať hodnotu pravdepodobnosti rovnú 1 (A),

2. spozorovanie prekážky na železničnom objekte obsluhou s hodnotou pravdepodobnosti 0,8 (B),
3. vykoľajenie vlaku v dôsledku prekážky na železničnom objekte s hodnotou pravdepodobnosti 0,4 (C),
4. únik nebezpečných látok v dôsledku prekážky na železničnom objekte s hodnotou pravdepodobnosti 0,2 (D),
5. nahlásenie prekážky na železničnom objekte obsluhou s hodnotou pravdepodobnosti 0,7 (E).

Obrázok 1 znázorňuje výsledný strom udalostí. Ako bolo vyššie spomenuté hlavná je iniciačná udalosť a ďalej sú hierarchicky usporiadané činnosti. Vždy pri činnostiach môžu nastať dva rozdielne stavy - áno/nie. V zátvorkách sú stanovené možné pravdepodobnosti individuálnych činností bez závislosti na predchádzajúcich činnostiach. Čísla bez zátvoriek znamenajú pravdepodobnosti, ktoré na seba nadväzujú. Tieto čísla získame násobením jednotlivých pravdepodobností vetiev a uzlov. Pri uvažovaní situácie, kedy bude prekážka na železničnom moste, obsluha zaznamená prekážku, dôjde k vykoľajeniu vlaku, unikne nebezpečná látka a nahlási sa prekážka je pravdepodobnosť koncového stavu 0,0448. Túto pravdepodobnosť sme dostali z nasledujúcich vzťahov:

Pravdepodobnosť spozorovania prekážky je rovná 0,8 ( $1 \cdot 0,8$ ).

Pravdepodobnosť vykoľajenia vlaku je určená ako vzťah:

Pravdepodobnosť spozorovania prekážky \* stanovená pravdepodobnosť vykoľajenia vlaku  
 $0,8 \cdot 0,4 = 0,32$

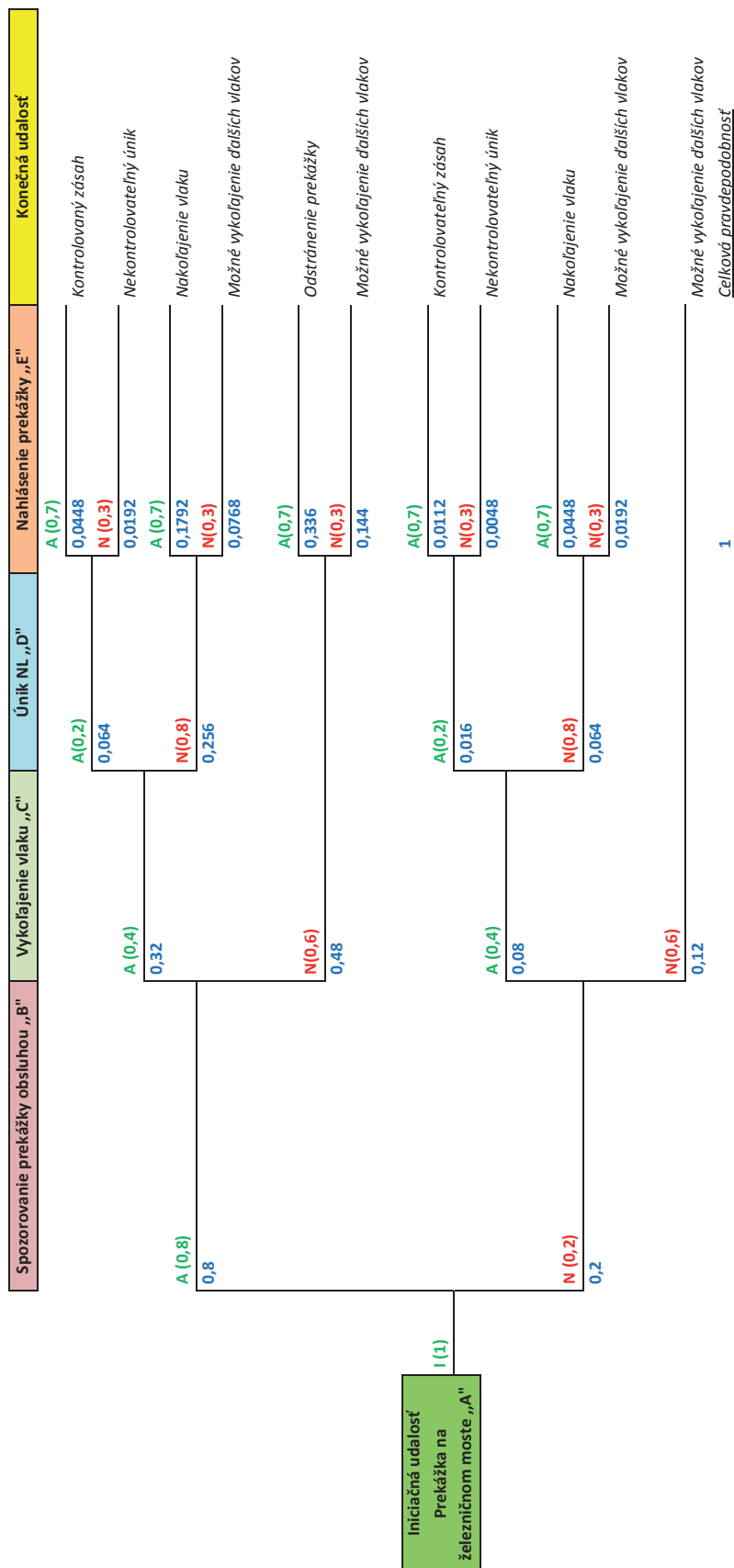
Pravdepodobnosť úniku nebezpečných látok je určená ako vzťah:

Pravdepodobnosť vykoľajenia vlaku \* stanovená pravdepodobnosť úniku nebezpečných látok  
 $0,32 \cdot 0,2 = 0,064$

Pravdepodobnosť nahlásenia prekážky je určená ako vzťah:

Pravdepodobnosť úniku nebezpečných látok \* stanovená pravdepodobnosť nahlásenia prekážky  
 $0,064 \cdot 0,7 = 0,0448$

Obdobne sa počítajú ostatné činnosti až pokiaľ nedosiahneme koncový stav iniciačnej udalosti.



Obr. 1 Výsledný graf metódy ETA



Tabuľka 1 zobrazuje koncové stavy na základe vytvoreného stromu udalostí ETA. V tabuľke môžeme vidieť číslo konkrétnej sekvencie. Tieto sekvencie sa zapisujú smerom zhora nadol. Zápis sekvencie smeruje od iniciačnej udalosti až po koncový stav. Každá sekvencia má začiatok v iniciačnej udalosti. Ak sa daná činnosť bola neúspešná dá sa nad danú charakteristiku pomlčka, ak sa daná činnosť vôbec nepodielala charakteristika sa nezapisuje. Tabuľka ďalej popisuje k jednotlivým sekvenciám, čiže koncovým stavom, pravdepodobnosti. Z výsledných hodnôt môžeme usúdiť, že činnosť s najväčšou pravdepodobnosťou je sekvencia 5. Slovnou ju popíšeme ako stav, kedy nastane iniciačná udalosť, ďalej obsluha spozoruje prekážku na železničnom moste, nedôjde k vykoľajeniu vlaku a obsluha nahlási prekážku.

Tab. 1 Tabuľka koncových stavov aplikácie metódy

Číslo sekvencie	Zápis sekvencie	Pravdepodobnosť
1	ABCDE	0,0448
2	ABCDĚ	0,0192
3	ABCĎE	0,1792
4	ABCĎĚ	0,0768
5	ABĚE	0,336
6	ABĚĚ	0,144
7	AĚBCDE	0,0112
8	AĚBCĎE	0,0048
9	AĚBCĎĚ	0,0448
10	AĚBCĎĚ	0,0192
11	AĚĚ	0,12

Aplikácia metódy ETA umožňuje predpokladať stav, ktorý nastane po iniciačnej udalosti. Najpravdepodobnejším stavom, ak iniciačnou udalosťou bude prekážka na trati, je zaznamenanie prekážky, nevykoľajenie vlaku a tento stav nahlási obsluha s pravdepodobnosťou koncového stavu, ktorým bude odstránenie prekážky, 0,336. Čiže s ohľadom na pravdepodobnosť daných udalostí môžeme tvrdiť, že pracovníci sú pripravení a dobre zaškolení.

## Záver

Pri hodnotení rizík a ohrození železničnej infraštruktúry, a celkovo dopravnej infraštruktúry, je dôležité si najskôr určiť objekty, ktoré sú pre danú oblasť, krajinu tie najdôležitejšie. Pri hodnotení dôležitosti môžeme vychádzať z rôznych zdrojov. Vo všeobecnosti sa dá tvrdiť, že najdôležitejšími dvoma

kritériami sú dopad na obyvateľstvo a ekonomický dopad. Pre potreby článku bol vybraný mostný objekt, na ktorý bola aplikovaná analýza stromu udalostí. Iniciačnou udalosťou bola prekážka na železničnej trati. Výsledkom aplikácie analýzy bolo, že najpravdepodobnejšou koncovou činnosťou bude odstránenie prekážky, čiže nevzniknú žiadne škody.

## Podpora projektom

Tento článok bol podporený projektmi VEGA 1/0159/19 - Hodnotenie úrovne odolnosti kľúčových prvkov pozemnej dopravnej infraštruktúry a grantovým projektom IGP201902 - Návrh metodiky hodnotenia odolnosti infraštruktúrnych objektov v sektore doprava.

## Literatúra

- SOUŠEK, R. and DVOŘÁK, Z., 2013. Methods for processing type threats in railway transport, Transport Means - Proceedings of the International Conference 2013, pp. 278-281.
- DVOŘÁK, Z., SVENTEKOVÁ, E., ŘEHÁK, D. and ČEKEREVAC, Z., 2017. Assessment of Critical Infrastructure Elements in Transport, Procedia Engineering 2017, pp. 548-555.
- DVOŘÁK, Z., ČIŽLÁK, M., LEITNER, B., SOUŠEK, R. a SVENTEKOVÁ, E., 2010, monografia Riadenie rizik v železničnej doprave, 1. vydanie, Univerzita Pardubice, ISBN 978-80-86530-71-0.
- APVV 0471-10 Ochrana kritickej infraštruktúry v sektore doprava.
- ČSN ISO 31010:2009, Management rizik - Techniky posudzování rizik.
- ŠTETINOVÁ, A. Analýza stromu poruchových stavov - metóda FTA a jej aplikácia v oblasti cestnej nákladnej dopravy [online], 2006. ŽU v Žiline: Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov. Dostupné z: <http://www.logistickymonitor.sk/en/images/prispevky/analiza-stromu-poruchovych-stavov.doc>
- HOTEROVÁ, K., DVOŘÁK, Z. and BLAHO, P. 2019. Objectification of criteria for a critical infrastructure elements in the rail transport sub-sector. 13<sup>th</sup> International Scientific Conference on Sustainable, Modern and Safe Transport, TRANSCOM 2019.

## POVRCHOVÉ ZMĚNY BĚHEM TEPELNÉ ZÁTĚŽE

Ing. Vojtěch JANKŮJ<sup>1</sup>, Ing. Miroslav MYNARZ, Ph.D.<sup>1</sup>, Ing. Petr LEPIK, Ph.D.<sup>1</sup>

**Abstrakt:** Článek sumarizuje výsledky experimentálního měření, při kterém byla sledována odolnost povrchových úprav ocelových konstrukcí vystavených tepelné zátěži. Tepelná zátěž může být způsobena například teplem z technologických procesů nebo požárem. Během této zátěže může docházet k namáhání ocelových konstrukcí. Ty proto bývají v mnoha případech ošetřeny protipožárními nátěry, které zvyšují jejich odolnost před účinky tepla. Často však bývají ošetřeny pouze antikorozivním nátěrem chránícím konstrukce před nepříznivými vlivy prostředí, ve kterém se vyskytují. V rámci prováděných experimentů byly sledovány a vyhodnocovány účinky tepelné zátěže radiální složkou na vybrané protikoroziční nátěry a ocelové konstrukce. Těch bylo použito několik typů, kdy se jednalo o barvy jednovrstvé, dvouvrtvé, ale také jednosložkové a dvousložkové. Za účelem porovnání byla zvolena černá a bílá barva. Hodnoceno bylo převážně poškození a kompaktnost nátěrové vrstvy, která ztrácela své vlastnosti po vystavení vyšším teplotám. V závislosti na rozsahu poškození by mohla být v praxi usuzována úroveň tepelného namáhání ocelových konstrukcí.

**Klíčová slova:** ocelové konstrukce, povrchová úprava, požár, tepelná zátěž, radiace

### Úvod

Během požáru mohou plameny a uvolněná energie významně ovlivnit své okolí. Jsou-li takovéto energie vystaveny ocelové konstrukce a jejich prvky, může dojít ke změnám jejich vlastností. Ocelové konstrukce a jejich prvky jsou v současné době hojně využívány především pro své vlastnosti, ke kterým patří například nízká hmotnost vzhledem k jejich únosnosti, ale v dnešním „uspěchaném“ světě také rychlá montáž. Další vlastností je unosnost, avšak ta se může měnit právě v případě požáru. Při něm jsou totiž konstrukce zatěžovány vyššími teplotami (horké plyny, plamen), ale zároveň odolávají i mechanickému zatížení (Li and Pasternak, 2019). Tepelný účinek ohně na povrchy výrobků lze obecně rozdělit do několika variant. Tepelný tok vyjadřuje energii za jednotku času v oblasti, kde je výrobek nebo konstrukční prvek schopen absorbovat teplo. Zatížení se vyhodnocuje jako konvekční tepelný tok a sálavý tepelný tok na jednotku plochy. Tepelné zatížení na daném povrchu je indikováno tepelnou složkou z okolní teploty. Pokud je povrch výrobku nebo popř. konstrukčního prvku tepelně izolován, je vypočten nulový tepelný tok na jednotku plochy. Předpokladem pro tyto procesy je existence teplotního rozdílu, kdy směr přenosu je vždy od

vyšších teplot k nižším teplotám. Toto tvrzení vyjadřuje nultý zákon termodynamiky, který říká, že jestliže jsou dva systémy v rovnováze se třetím, pak jsou právě tyto dva systémy v rovnováze s každým jiným (Bejan, 2004). Z hlediska termodynamiky je tedy teplo definováno jako přenos energie, který je způsobený teplotními gradienty a rozdíly. Přenos tepla je rozdělen do tří typů, přičemž se jedná o vedení, radiaci a proudění. Přenos tepla vedením si lze představit jako přenos přes stěnu ocelové trubky. Příkladem pro radiaci je přechod tepla slunečními paprsky do země. Tyto typy přenosu probíhají v molekulárním a subatomárním měřítku. Třetí metodou přenosu tepla je konvekce, kdy dochází k přenosu energie pohybem média. Konvekce tedy nastane, dojde-li ke smíchání dvou tekutin majících odlišné teploty. V důsledku jejich proudění se teplota z teplejší tekutiny přenáší na tu chladnější. K tomuto přenosu tepelné energie dochází pouze u tekutin (tekutin a plynů). Všechny tři druhy přenosu energie můžeme zaznamenat společně u radiátorů. Uvnitř radiátorů nastává konvektivní přenos tepla z horké vody na plášť radiátoru. Kondukce probíhá napříč pláštěm radiátoru a z povrchu radiátoru do místnosti je přenos tepla způsoben radiální složkou, ale také konvekcí. Tim je rozuměna přirozená konvekce, kdy ohřátý vzduch sousedící s povrchem radiátoru

<sup>1</sup> VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství  
Lumírova 13, 700 30 Ostrava - Výškovice  
vojtech.jankuj@vsb.cz, miroslav.mynarz@vsb.cz, petr.lepik@vsb.cz

stoupá v důsledku jeho vztlaku a chladnější vzduch proudí, aby zaujal jeho místo (Mills, 1992; Halliday at al., 2003).

Kritická teplota je pro většinu ocelových konstrukcí stanovena přibližně na 500 °C. Je-li ocel použita jako stavební prvek vystavena kritické teplotě, je její další použití považováno za nebezpečné. Z důvodu větší odolnosti v případě vystavení požáru, jsou prováděny některé kroky, které zajistí větší požární odolnost konstrukce vystavené požáru nebo tepelné zátěži. To se provádí například zvýšením statické rezervy v konstrukcích, vyplnění dutých profilů například betonem, nebo použití protipožárních nátěrů (ČSN 73 0810). Například Lucherini (2018) a jeho tým provedli experimentální studii s tenkými intumescentními nátěry, kdy sledovali teplotu počátku bobtnání. Experimenty byly prováděny za použití sálavých panelů a řízení dopadajícího toku sálavého tepla na exponovaném povrchu vzorků ošetřených ocelových prvků. V tomto případě šlo o testování protipožárních nátěrů, avšak Mensinger a Gaigl (2016, 2017) testovali antikorozi systém jako protipožární ochranu proti ohni. Hlavním cílem jejich studie byl teplotní vývoj žárově zinkovaných ocelových prvků v ohni. Výsledky jejich zkoušek ukazují lepší chování žárově zinkovaných ocelových prvků ve srovnání s ocelovými prvky, které nebyly ošetřeny, nebo na nich byla přítomna vrstva rzi. V článku jsou prezentovány postupy a výsledky experimentálního měření, ve kterém byly naneseny protikorozi nátěry na ocelové prvky a následně vystaveny tepelné zátěži. Byly zde hodnoceny povrchové změny na daných konstrukcích. Ty nastávaly při různých tepelných zátěžích a zároveň byl hodnocen přenos tepelné energie ocelovým prvkem.

### Experimentální měření

Pro zdroj tepelné zátěže byl v experimentální části zvolen topný panel s označením QH - 081060 - T od firmy Omega. U tohoto topného panelu bylo nejprve provedeno měření ukazující samotnou tepelnou zátěž, kterou dokáže topný panel vyprodukovat. V tomto ohledu byly v ose topného tělesa měřeny hustota tepelného toku a teplota v prostoru před topným tělesem. V závislosti na zvolené vzdálenosti měřících přístrojů docházelo k zaznamenání rozdílných hodnot sledovaných veličin, jak ukazuje Tabulka 1.

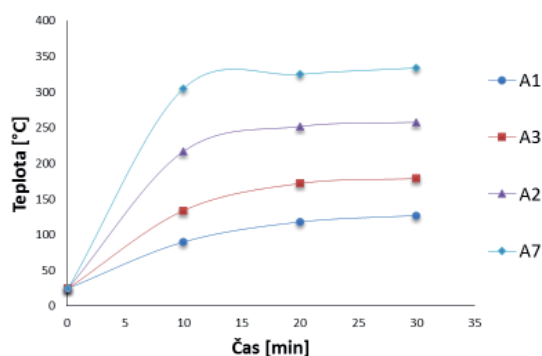
Tab. 1 Hodnoty hustoty tepelného toku a teplot

Vzdálenost [cm]	Hustota tepelného toku [kW.m <sup>-2</sup> ]	Teplota [°C]
10	77	68
15	40	59
20	22	44
30	12	34
40	7	30

Ve vzdálenostech 600 mm až 100 mm byla měřena nejprve hustota tepelného toku a poté teplota v ose topného panelu. Pro měření hustoty tepelného toku byl použit radiometr Heat Flux Meter SBG 01 firmy Hukseflux Thermal Sensors. Maximální hustota tepelného toku 77 kW.m<sup>-2</sup> byla naměřena ve vzdálenosti 100 mm od topného panelu. V této vzdálenosti byl pomocí plášťové termočlávkové sondy měřena také teplota s odpovídající hodnotou 68 °C.

Po zjištění těchto základních hodnot byly vybrány vzdálenosti, ve kterých budou testované vzorky vystaveny tepelné zátěži. Testovanými vzorky byly v tomto případě připravené ocelové plechy. Ty byly vyrobeny o rozměru 300 × 300 mm a o dvou odlišných tloušťkách. Jednalo se o velikosti 5 mm (dále jen "Typ A") a 10 mm (dále jen "Typ B"). Tyto připravené ocelové plechy byly pře samotným testováním opatřeny antikorozi povrchovou úpravou. Pro tyto účely byly použity tři různé vzorky barev od dvou různých společností. Jednalo se o firmy Colorlak a Hempel. V případě barvy Colorlak se jednalo o jednosložkovou barvu s provedením ve dvou vrstvách, kdy byla na základní nátěr nanesena vrchní vrstva. Oproti tomu byly barvy firmy Hempel jednovrstvé, avšak dvousložkové, což znamená, že před nanášením došlo dle pokynů výrobce ke smíchání tvrdidla a samotné barvy. Po důkladném promíchání těchto dvou složek došlo k nátěru. Všechny barvy byly nanášeny na očištěnou plochu ocelového plechu v černém a bílém provedení pomocí štětce. Po aplikaci nátěrů a jejich přirozeném vytvrzení došlo k vystavení tepelné zátěži. Barevné odstíny byly definovány dle odstínů RAL. Použita byla bílá barva RAL 9003 a černá barva s odstínem RAL 9005. Během tepelné zátěže byla měřena na odvrácené straně od topného tělesa měřena teplota ve středu ocelového plechu. Teplota byla měřena infračerveným bezkontaktním teploměrem s přesností ± 0,75 °C. Měření probíhalo po deseti minutách, kdy byly konstrukce celkově vystaveny tepelné zátěži ve vzdálenostech 40, 30, 20, 15 cm od topného tělesa po dobu 30 minut. Počáteční teplota jednotlivých testovaných ocelových plechů se pohybovala v rozmezí 20 - 25 °C.

Měřená teplota indikovala největší teplotní nárůst v prvních deseti minutách. Tento teplotní nárůst byl zaznamenán bez ohledu na tloušťku exponovaného ocelového plechu. V porovnání s tímto zjištěním nenabývaly teploty ve zbytku tepelné zátěže takových hodnot. Obrázek 1 ukazuje naměřené hodnoty (Vzorek - Typ A - barva Hempadur / Bílá) během 30 minut. Tento příklad zobrazuje vystavení vzorku ve vzdálenostech od 40 cm do 15 cm (A1 - 40 cm, A3 - 30 cm, A2 - 20 cm and A7 - 15 cm).



Obr. 1 Nárůst teploty u vzorku typu A, barvy Hempadur bílý

Viditelné rozdíly mezi typem A a typem B byly pozorovány u barev Hempel. U barvy Colorlak docházelo ke kolísání hodnot, ale viditelné rozdíly byly potvrzeny během prvních deseti minut. Teploty byly větší v případě typu A než typu B. Po 20 - 30 minutách byla teplota typu A větší, avšak v několika případech byla teplota typu B větší. Teplotní rozdíly byly porovnávány s různou vzdáleností a dobou od topného panelu, tloušťkou ocelových plechů a různými barvami povrchové ochrany. Významným faktorem na rozdílné teploty byly v tomto ohledu vzdálenost a doba vystavení zkoušeného vzorku tepelné expozici.

### Vzdálenost a doba namáhání

V porovnání vzdálenosti a času vystavení tepelné zátěži docházelo k velkému nárůstu teploty v prvních deseti minutách od začátku měření u obou typů A/B. Měření také ukázala, že se teplota stabilizovala během 30 minutách a žádný velký nárůst nebyl zaznamenán. Nicméně mezi oběma porovnávanými tloušťkami byly pozorovány větší rozdíly. Ačkoliv celkové teploty u typu B byly menší v porovnání s typem A, tak rozdíly mezi jednotlivými měřeními byly větší u typu B. Zároveň docházelo během zmenšování vzdálenosti k rychlejšímu zahřívání ocelového plechu, ať už se jednalo o typ A nebo B. Během procesu zahřívání byla ovlivňována také vrstva nátěru. Zajímavé

byly povrchové změny v různých vzdálenostech od topného panelu, tedy v odlišné tepelné zátěži. Ve vzdálenostech 40 a 30 cm byla pozorována menší změna odstínu a docházelo k odpařování těkavých látek. Při menších vzdálenostech, tedy vyšší zátěži, již byla narušena struktura povrchové ochrany.

### Vliv barevného odstínu

Důležité rozdíly byly pozorovány mezi bílým a černým odstínem, zejména v prvním měření. Jak bylo předpokládáno, k větší akumulaci tepelné energie docházelo ve vzorcích ošetřených černou povrchovou úpravou. Tyto rozdíly lze vidět v Tabulce 2, která shrnuje naměřené teploty pro ocelové plechy typu A i B ve vzdálenosti 20 cm od topného panelu, pro všechny barevné nátěry. V porovnání bílé a černé barvy pro obě tloušťky ukazuje ve většině případů schopnost černé barvy k absorbování většího množství tepla než bílá povrchová úprava. Ovšem v ojedinělých případech byly zaznamenány i vyšší teploty v případě bílé povrchové úpravy. Tabulka 2 také ukazuje rozdíly mezi oběma typy A/B ocelových plechů. Jak již bylo zmíněno, největší nárůst teploty byl zaznamenán po prvních deseti minutách.

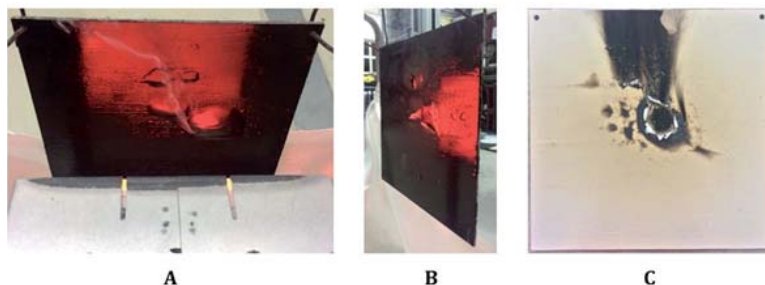
Tab. 2 Naměřené teploty u jednotlivých vzorků

Typ	Čas [min]	Teplota [°C]					
		Hempathane		Hemepadur		Colorlak	
		Bílá barva	Černá barva	Bílá barva	Černá barva	Bílá barva	Černá barva
A	10	239	280	247	278	237	281
	20	282	314	282	294	273	308
	30	289	319	292	290	283	320
B	10	171	203	172	205	198	247
	20	236	275	235	267	265	284
	30	261	302	264	290	286	305

### Změny povrchové úpravy

Povrchové změny v různých vzdálenostech a tedy různé tepelné zátěži byly zajímavé během jejich hodnocení. Ve vzdálenostech 30 cm a více docházelo k odpařování těkavých látek a zároveň k lehkým změnám barevné protikorozní ochrany. V menších vzdálenostech za vyšších teplot již byla povrchová vrstva narušena výsledkem změny v její struktuře. Všechny povrchové úpravy reagovaly na změnu teploty rovnocenně bez ohledu na výrobce, typ nebo barvu. Zpočátku vystavení tepelné zátěži se z povrchové ochrany odpařují těkavé látky a lze pozorovat mírné změny povrchu (Obrázek 2 A). Při zvětšování tepelné zátěže již reagovala povrchová

vrstva odlišně. V ojedinělém případě došlo k zahoření nátěru, takže musel být test po čtyřech minutách ukončen (Obrázek 2 C). Při větší zátěži docházelo k vytvoření bubliny, kdy po jejím prasknutí vznikla značná trhлина v nátěru (Obrázek 2 B).



Obr. 2 Vizuální změny na povrchu testovaných vzorků

### Colorlak

Barva firmy Colorlak je jednosložková barva aplikovaná ve dvou vrstvách. V našem případě tvořila první základovou vrstvou barva Synerox Primer. Vrchní krycí vrstvou pak byla Profimetal S2029. Tato barva reagovala ve vzdálenosti 30 cm lehkým ztmavnutím celého povrchu na ocelových deskách typu A i B. Při zmenšování vzdálenosti se vytvořila se středu plechu černá skvrna a dále se tvořily trhliny, které se šířily postupně do stran. Povrchová ochrana byla v nejmenší vzdálenosti zničena. Bylo zaznamenáno většího poškození u povrchu černé barvy, který byl celý zničený. Během zahřívání bylo zaznamenáno více a více trhlín, což bylo typickým znakem pro tento typ nátěru. Větší poškození povrchu bylo zaznamenáno u typu A s černou povrchovou úpravou.

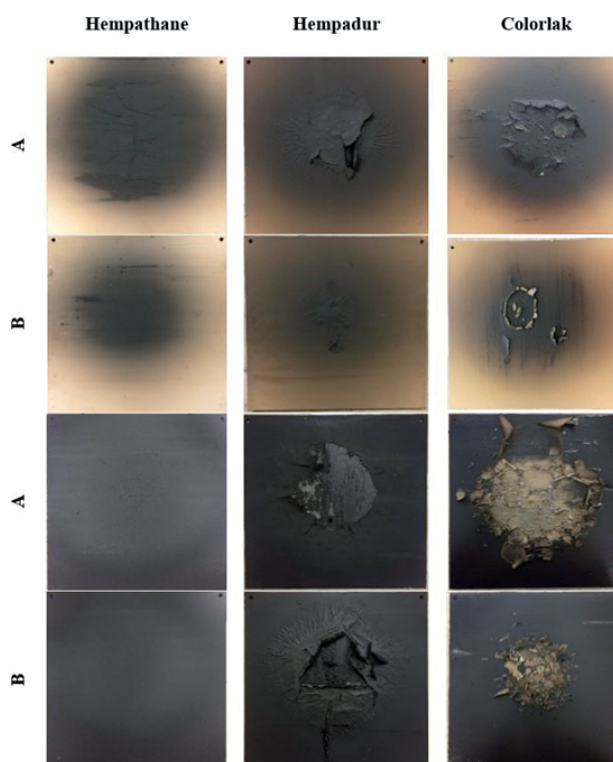
### Hempadur

Tato dvousložková jednovrstvá barva Hempadur Mastic 45880 byla použita v dalším případě testování. Po smíchání barvy s tvrdidlem došlo k nátěru této směsi na povrch ocelového plechu. Vizuálně, i z hlediska integrity povrchové vrstvy, vykazovala bílá barva lepší odolnost. Ve vzdálenosti 20 cm byla pozorována pouze lehká změna barvy, ale žádné poškození nátěrové vrstvy, jak bylo typické pro Colorlak. Ovšem v případě černého provedení již byla ochranná vrstva poškozena. Srovnáme-li tyto změny s předchozí barvou Colorlak, tak došlo k vytvoření pouze několika trhlín a na několika místech byla barevná vrstva oddělena od povrchu ocelových plechů. Při větší zátěži ve vzdálenosti 15 cm vykazovaly všechny vzorky silnější reakci.

Stejně jako u ostatních vzorků bylo pozorováno větší poškození v případě černé barvy.

### Hempathane

Dalším typem dvousložkové jednovrstvé barvy byla Hempathane HS 55610 stejně jako předchozí typ od firmy Hempel. V porovnání s ostatními barvami vykazovala největší odolnost a nejmenší poškození povrchového nátěru, kdy byly pozorovány pouze změny barevného odstínu. U bílé barvy došlo k vytvoření černého zbarvení uprostřed plechu a vytvoření lehké trhliny. Černá povrchová ochrana ztratila lesk a došlo k určité degradaci v nejmenší vzdálenosti. Při větší zátěži byla patrná změna černé v šedou. Tato změna se postupně šířila od středu ocelového plechu.



Obr. 3 Reakce povrchových úprav po 30 minutách ve vzdálenosti 15 cm

Na Obrázku 3 jsou pro ukázkou zobrazeny reakce jednotlivých typů barev při vystavení tepelné zátěži po dobu 30 minut ve vzdálenosti 15 cm. Této vzdálenosti odpovídala teplota 59 °C a hustota tepelného toku 40 kW.m<sup>-2</sup>. Jak je na první pohled patrné a jak již bylo řečeno, nejlepší odolnost vůči tepelné zátěži vykazovala barva Hempathane.

Ačkoliv došlo k vytvoření trhlin, nedošlo oproti dalším dvěma testovaným vzorkům k oddělení barevného povlaku od ocelového plechu. Největší reakci naopak vykazovala barva Colorlak v případě černého provedení a typu A. Srovnáme-li mezi sebou jednotlivé dva typy ocelových plechů A/B, je patrná podobnost reakce, avšak u typu B nedosahuje reakce velikosti rozměrů, jako u typu A. Podobně tomu tak je ve srovnání obou barevných odstínů. V případě odstínů docházelo k větší degradaci povrchu u černého odstínu avšak podobným způsobem.

## Závěr

V tomto experimentálním měření byly ocelové plechy ošetřené povrchovým nátěrem vystaveny tepelné zátěži. Spolu s teplotami, které byly měřeny ve středu ocelového plechu na zadní nedopadové ploše byly sledovány i změny ve struktuře povrchové ochrany. Rozdíly v akumulaci vyzařovaného tepla byly ovlivněny jak tloušťkami ocelového plechu, tak i barvou povrchové ochrany. Při tepelném zatížení tyto dva faktory přímo a výhradně ovlivnily povrchovou úpravu. Největší nárůst teploty byl pozorován během prvních 10 minut a v následujících časech se teplota postupně stabilizovala. Ve srovnání dvou typů tloušťek byly největší rozdíly také v prvních deseti minutách experimentu. Rozdílly se postupně snižovaly a ke konci měření byla teplota téměř stejná. Rozdílné teploty byly zaznamenány také u různých odstínů barvy, kdy měla černá barva větší teplotu. Nejzajímavějším aspektem byly jednotlivé reakce povrchových úprav na tepelnou zátěž. Během zahřívání došlo k různým reakcím v závislosti na daných faktorech jako byla barva nátěru, tloušťka ocelového plechu a tepelná zátěž. Největší odolnost vykazovala barva Hempthane u které docházelo k nejmenšímu narušení struktury barevného nátěru. Naopak největší poškození bylo zaznamenáno u barvy Colorlak, která ztrácela svou kompaktnost a docházelo k vytvoření mnoha trhlin a oddělení povrchového nátěru od ocelového plechu. Z provedených měření je zřejmé, že rozsah poškození nátěru vlivem tepelné expozice je závislý rovněž na typu použitého nátěrového systému. Nicméně hlavním parametrem, který má vliv na rozsah porušení nátěru je intenzita a doba vystavení tepelné zátěži. Nezanedbatelný vliv má i odstín použité povrchové úpravy. Na základě těchto zjištění, se jeví jako reálná možnost stanovovat rozsah vystavení ocelových konstrukcí tepelnému zatížení při mimořádných situacích např. při požáru, na základě vizuálního posouzení nátěrového systému zasažených konstrukcí.

## Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava projektu SP2019/94 „Chování vybraných materiálů a povrchových úprav při působení zvýšených teplot“.

## Literatura

- Bejan, A. 2004. Convection heat transfer. 3<sup>rd</sup> ed. Hoboken, N.J.: Wiley, c2004. ISBN 04-712-7150-0.
- ČSN 73 0810 - Požární bezpečnost staveb - Společná ustanovení. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016.
- Halliday, D, R. Resnick a J. Walker, Dub, P. ed. Fyzika. 2., přeprac. vyd. Brno: VUTIUM, c2013. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-4123-1.
- Li, Z., Pasternak H. 2019. Experimental and numerical investigations of statistical size effect in S235JR steel structural elements. Construction and Building Materials, vol 206, pp 665 - 673. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2019.02.106.
- Lucherini, A., N., Abusamha, J., Segall-Brown and C., Maluk 2018. Experimental study on the onset of swelling for thin intumescent coatings. Journal of Physics: Conference Series, volume 1107/issue 3, DOI: 10.1088/1742-6596/1107/3/032017.
- Mensinger, M. and Ch. Gaigl. 2016. The temperature development of hot dip galvanized steel members in fire. Proceedings 22<sup>nd</sup> Hot Dip Galvanizing Conference.
- Mensinger, M. and Ch. Gaigl. 2017. Hot dip galvanized steel construction under fire exposure. IFireSS 2017 - 2<sup>nd</sup> International Fire Safety Symposium, Napoli, Italy.
- Mills, Anthony F. Heat transfer. Homewood, IL: Irwin, c1992. ISBN 02-560-7642-1.

## UPLATNENIE PDCA CYKLU PRI RIEŠENÍ PROTIVÝBUCHOVEJ OCHRANY OBJEKTŮV

Ing. Richard JANKURA<sup>1</sup>, Ing. Matúš IVANČO<sup>1</sup>

**Abstrakt:** Ochrana objektov pred účinkami výbušných nástražných systémov je veľmi zložitá. Špecifickosť ochrany objektov voči tomuto ohrozeniu si vyžaduje zvláštnosť postupov, ktorými ju chceme dosiahnuť. Článok je zameraný na možnosť využitia PDCA cyklu pri riešení tejto oblasti. V článku je popísaný a demonštrovaný postup aplikácie PDCA cyklu v oblasti riešenia protivýbuchovej ochrany vybraného objektu. Bližšie sú popísané jednotlivé kroky daného cyklu, ktoré je potrebné dodržať.

**Kľúčové slová:** PDCA cyklus, bezpečnostný manažment, ochrana, výbušniny, odolnosť

### Úvod

Ochrana objektov pred útokmi, ktoré sú vykonávané pomocou výbušniny, sú veľmi zložitú. V mnohých prípadoch ide najmä o teroristické útoky, ktoré sa vyznačujú ťažkou predvídateľnosťou, a preto je neľahké sa voči nim brániť. Účinky výbuchu výbušniny závisia od mnohých faktorov, ktoré môžu byť nekonečne variabilné, čo sťažuje návrh takých bezpečnostných opatrení, ktoré by pomohli znížiť zraniteľnosť objektu na primeranú úroveň. Využitie PDCA cyklu a postupnosť jeho krokov môžu pomôcť pri riešení tejto špecifickej oblasti. V článku bude popísaný samotný PDCA cyklus a jeho prepojenie pri riešení protivýbuchovej ochrany objektov.

### 1. PDCA cyklus

Cyklus PDCA, alebo inak aj Demingov cyklus, je nikdy nekončiaci proces, ktorý sa opakuje stále dookola. Ide o jednoduchý, efektívny a zároveň univerzálny postup, ktorý sa využíva pri zlepšovaní kvality výrobkov, služieb alebo iných vecí rôzneho druhu. Je možné ho využiť v rôznych odvetviach (Zlepšovanie, 2012).

Skratka PDCA pozostáva zo 4 začiatkových písmen, kde každé predstavuje určitú činnosť (fázu cyklu):

- **P** - Plan - Plánuj,
- **D** - Do - Vykonaj,
- **C** - Check - Kontroluj,
- **A** - Act - Jednaj (Zlepšovanie, 2012).

Prvou fázou tohto procesu je **plánovanie**. V tejto časti cyklu je potrebné si stanoviť ciele, ktoré chceme dosiahnuť, vymedziť zdroje potrebné na dosiahnutie cieľov a pod. Je potrebné analyzovať situáciu, pre oblasť plánovaného zlepšovania. Vymedzujú sa tu oblasti zlepšenia, termíny zavedenia a ostatné veci, ktoré je potrebné naplánovať. V závislosti na projekte sa môže stať, že sa niektoré činnosti budú opakovať viac krát, pokiaľ sa nedosiahne stanovený výstup (Roser, 2017a).

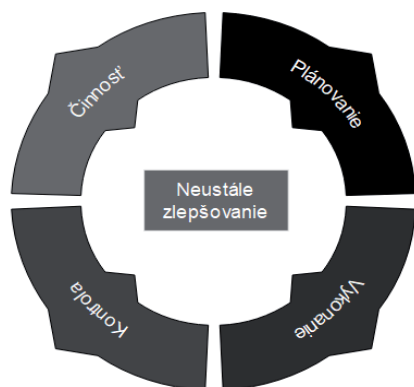
Druhou fázou je **vykonanie**. V jednoduchosti povedané, ide o realizáciu toho, čo bolo naplánované. Rozhodujúcim faktorom v tomto kroku je dobré zvládnutie naplánovaných zmien (Roser, 2017a).

Nasledujúcim krokom je **kontrola**. V tejto časti sa porovnávajú dosiahnuté výsledky s plánovanými. Jej zámerom je sledovať, resp. merať procesy a výsledné produkty, a porovnávať ich s cieľmi a požiadavkami stanovených v procese plánovania. V tomto smere sa podávajú správy o jednotlivých výsledkoch. Skutočne funguje implementované riešenie? Boli dosiahnuté vytýčené ciele? Jedná sa o veľmi podstatné otázky, na ktoré je potrebné odpovedať (Roser, 2017a).

Konečnou fázou cyklu je **činnosť** (jednaj). V nej sa stanovujú činnosti na základe výsledkov z predošlej fázy. Tu sa prijímajú opatrenia na zlepšovanie výkonnosti procesov, ak je to potrebné. Pokiaľ implementované riešenie nedosiahne cieľ, je nutné nájsť príčinu. V dôsledku toho sa opäť zahajuje nový cyklus od fázy plánovania. Účelom je nájsť nové alebo lepšie riešenie, ktoré pomôže k dosiahnutiu stanoveného cieľa (Roser, 2017a).

<sup>1</sup> Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva  
Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina  
richard.jankura@fbi.uniza.sk, matus.ivanco@fbi.uniza.sk

Dosiahnutím cieľov, ale vo väčšine prípadov práca nekončí. Po vyriešení jedného problému, prichádza na rad riešenie iného. Pomocou priorit je potom potrebné určiť ďalšie úlohy, ktorých vyriešenie začneme novým PDCA cyklom. Na nasledujúcom obrázku je zobrazený PDCA cyklus (obr. 1).



Obr. 1 PDCA cyklus (Podľa: Roser, 2017a)

Napriek tomu, že proces PDCA cyklu vyzerá byť jednoduchý, vznikajú v ňom mnohé **chyby**. Najčastejším zlyhaním je preskakovanie fázy kontroly a činnosti. Ak sa nebudú kontrolovať činnosti, ktoré boli navrhnuté, je veľký predpoklad, že nebudú fungovať. Problém by sa teda nevyriešil, možno len na malú chvíľu. Sú to náročné fázy, ktoré by sa ale nemali vynechávať. Považuje sa to za najväčšiu chybu v zlepšovacích procesoch. O tomto probléme hovorí aj **Howthornský efekt**, ktorý bol objavený v roku 1930 a pomenovaný v roku 1950. Tento efekt hovorí o tom, že každá zmena na pracovisku povedie k zlepšeniu. Samozrejme len krátkodobo. Keď totiž manažment dané pracovisko kontroluje, dochádza k nárastu produktivity. Ak ale prestane, všetko sa pomaly vráti do starých koľají. Znamená to, že ak chceme dosiahnuť funkčné zmeny pomocou PDCA cyklu, nie je možné, aby sme vynechávali tieto kroky (Roser, 2017b).

## 2. Ochrana objektov proti výbušninám a ich účinkom

Ak sa chceme zaoberať ochranou objektov pred výbušninami, je potrebné si bližšie priblížiť túto problematiku.

**Výbušniny** (občas explozívny materiál) sú látky schopné chemického výbuchu. Je to pevná alebo kvapalná látka, alebo ich zmes, ktorá je schopná exotermickej výbušnej premeny aj bez prístupu atmosférického kyslíka, a vytvára plyn takej teploty, tlaku a rýchlosti, že dokáže deštruktívne pôsobiť na okolie (Jangl, 2012).

Pri výbuchu vzniká **rázová (tlaková) vlna**. Tu možno charakterizovať ako veľmi rýchlo sa šíriacu vlnu, ktorá má veľmi vysokú teplotu, a je charakterizovaná zmenou tlaku, hustoty a teploty na jej priečeli. V priebehu reakcie dochádza k premeny tuhej, či tekutej zložky výbušniny na vysokotlakový plyn. Sekundárne produkty, ktoré vznikajú pri explózii sa šíria do okolia pod vysokým tlakom (Jangl, 2012).

Je dôležité si uvedomiť, od čoho sa odvíja veľkosť tlakovej vlny, ak chceme obmedziť škody, ktoré môže spôsobiť. **Veľkosť rázovej vlny** závisí od:

- hmotnosti výbušniny,
- vzdialenosti miesta možného cieľa od epicentra výbuchu,
- typu výbušniny.

Pri poškodení budov a konštrukcií vplyvom pôsobenia rázovej vlny je týchto faktorov viacero. Závisia od odozvy stavebnej konštrukcie, pôsobenia fragmentov a otrasov zeme. Okrem iného sú dôležité aj nasledujúce atribúty (Jangl, 2012):

- konštrukcia budovy,
- druh použitého stavebného materiálu,
- spájanie jednotlivých stavebných prvkov.

**Obvodová ochrana** okrem stavebných konštrukcií zahŕňa aj otvorové výplne. Tie sú často krát najviac zraniteľnými miestami pri pôsobení tlakovej vlny v systéme plášťovej ochrany. Ide najmä o sklenené otvorové výplne, ktoré patria k najslabším častiam budovy, v porovnaní so stenami alebo trámovými časťami. Samozrejme aj od týchto prvkov sú požadované určité pevnostné charakteristiky. Za spodnú hranicu pretlaku rázovej vlny, ktorá môže spôsobiť prasknutie okennej tabule je považovaná hodnota 1 kPa (Jangl, 2012).

## 3. PDCA cyklus pri riešení protivýbuchovej ochrany

Využitie PDCA cyklu pri riešení protivýbuchovej ochrany nie je typická oblasť využitia tohto procesu. Je preto potrebné stanoviť postupy, ako konať pri ochrane objektov, ktoré chceme chrániť proti účinkom výbuchu. Prvým krokom je časť **plánovania**, v ktorej je potrebné na začiatok definovať problémovú oblasť, ktorú chceme vyriešiť. Potom nasleduje vytýčenie cieľa, ktorý hodláme dosiahnuť. Po zadaní týchto častí nasleduje analýza situácie, ktorú je potrebné poznať pri riešení vymedzeného problému. Podstatný je zber dát a informácií k danej oblasti. V tejto časti procesu sa navrhujú aj riešenia, ktorými sa dá daný problém vyriešiť. Je odporúčajúce navrhnúť viacero nápadov



a variantov riešenia, a vybrať jeden najvhodnejší, ktorý by mal mať najväčší efekt (Roser, 2017a).

Jednotlivé časti kroku plánovania pri riešení protivýbuchovej ochrany objektov:

1. Definovanie problémovej oblasti.
2. Definovanie cieľa.
3. Analýza situácie:
  - a. Súčasný stav bezpečnosti.
  - b. Analýza vonkajšieho prostredia.
  - c. Analýza vnútorného prostredia.
  - d. Predvídanie motívu napadnutia, možný typ výbušniny, jej hmotnosť a vzdialenosť uloženia.
4. Návrh opatrení.
5. Výber optimálneho variantu riešenia.

Druhá fáza je rovnaká, ako aj pri iných procesoch zlepšovania. Ide teda o **implementáciu návrhu**, ktorý bol zvolený. Je potrebné realizovať riešenia, ktoré boli navrhnuté v časti plánovanie. Môže sa stať, že sa vyskytnú aj dodatočné problémy, s ktorými sa nepočítalo, a tie sa musia riešiť súčasne.

**Kontrolná fáza** má v celom procese PDCA cyklu významné miesto. Pomocou nej overujeme, či skutočne došlo k vyriešeniu problému pomocou implementovaného riešenia. Pri kontrole zvýšenia bezpečnosti objektu pred výbušninou a jej účinkami je vhodné sa zamerať na aspekty, od ktorých závisí veľkosť tlaku:

1. Zvýšili sme možnú vzdialenosť miesta uloženia výbušniny od miesta napadnutia?
2. Obmedzili sme sprístupnenie väčšieho množstva výbušniny do objektu?
3. Zvýšila sa pevnosť stavebnej konštrukcie voči účinkom výbuchu?
4. Zvýšila sa odolnosť otvorových výplní voči účinkom výbuchu?

Tento krok, a stanovenie položených otázok je veľmi dôležité, a môže veľa odhaliť.

Posledná fáza „**činnosť**“ závisí od dosiahnutých výsledkov. Rozhoduje sa, čo ďalej robiť v závislosti od výsledkov overovacej fázy. Pokiaľ sa nedosiahne cieľ, je nutné hľadať príčinu. Možným príkladom je zvýšenie vzdialenosti uloženia výbušniny, ktorá by mala za následok menšie škody na objekte, ale na druhej strane sa nezabránilo v dostatočnej miere chrániť osoby pred fragmentmi z rozbitého skla. V dôsledku toho sa spúšťa nový cyklus, ktorý začína opäť plánovaním. Takto sa postupuje pri hľadaní nového alebo lepšieho riešenia, pre dosiahnutie vytýčeného cieľa.

V mnohých prípadoch sa aj pri dosiahnutí cieľa práca nekončí. Po vyriešení jedného problému prichádza na rad riešenie ďalšieho. PDCA cyklus je procesom trvalého zlepšovania, a v mnohých prípadoch je ťažké dosiahnuť optimálne výsledky len jedným procesom.

#### 4. *Demonštrácia PDCA cyklu na konkrétnom objekte*

V tejto časti článku bude demonštrovaný možný postup využitia PDCA cyklu pri riešení protivýbuchovej ochrany objektu. Najprv bude uskutočnená časť plánovania, potom realizácia, kontrola a nakoniec vykonanie. Príklad využitia bude aplikovaný na objekte, kde cieľom je znížiť jeho zraniteľnosť proti účinkom výbušných nástražných systémov.

**Problémová oblasť:** Riešenie protivýbuchovej ochrany objektu.

**Cieľ:** Zníženie zraniteľnosti objektu proti útoku výbušninou.

##### **Analýza situácie**

Ide o veľkosklad kancelárskych a školských potrieb, ktorý nachádza v priemyselnej zóne, to znamená, že ho obklopujú rôzne výrobné organizácie. Neďaleko objektu sa nachádza aj stredná škola, autobusová zastávka, či benzínová pumpa. Objekt je situovaný v extraviláne. Priemyselná zóna sa nenachádza v oblasti s častým výskytom kriminality. Prístupové cesty pre dopravné prostriedky sú riešené z vedľajšej komunikácie, ktorá je priamo prepojená s hlavnou cestou. Hlavná cesta je cestou triedy I. a je v tesnej blízkosti objektu. Územím priemyselnej zóny vedie aj železničná trať, ktorou zväčša premávajú osobné vlaky.

Objekt je riešený ako samostatne stojaca budova pôdorysných rozmerov 10 x 25 m. Okolo budovy sú vytvorené parkovacie miesta pre osobné automobily a spevnená plocha pre zásobovanie. Objekt tvorí jednopodlažná budova so sedlovou strechou. Súčasťou skladu je dvojpodlažný vstavok, v ktorom sa nachádzajú kancelárie, šatne a sociálne zariadenia. Nosná časť stavby je riešená z pevnej oceľovej konštrukcie, osadenej na betónových pätkách. Opláštenie stavby je zo sendvičového panelu.

Obvodová ochrana je tvorená zváraným pletivom vo výške 180 cm. Otvorové výplne sú väčšinou z bežných prvkov, bez zvýšenej odolnosti proti výbuchu. Ide o plastové okná s izolačným trojsklom a stabilný 6-komorový profilový systém so stavebnou hĺbkou 85 mm. Vstup do areálu je počas pracovnej doby voľný, bez kontroly na vstupnej bráne. Počas

tohoto času objekt navštěvují zákazníci, dodávatelé, ale aj iní ľudia. Vnútorne priestory sú monitorované kamerovým systémom. Budova je napojená na Mestskú políciu.

Na základe analýzy vonkajšieho a vnútorného prostredia organizácie môžeme vytvoriť scenáre, ktoré poukážu na možné spôsoby vykonania útoku. Keďže existuje mnoho alternatív útoku, budeme uvažovať len o útoku výbušninou voľne priloženej k objektu, nakoľko je prístup k objektu voľný, a výbušninou umiestnenou v osobnom vozidle. Tieto spôsoby útokov sa zdajú byť najpravdepodobnejšie z pohľadu vykonania, či motivácie útoku, nakoľko sa nejdená o cieľ so zvýšenou dôležitosťou.

Na základe analýzy súčasného stavu ochrany objektu a vymedzených spôsoboch útoku je potrebné vyhodnotiť **zraniteľnosť** objektu. Tá bude hodnotená podľa nasledujúcich kritérií:

- **Malá zraniteľnosť** (1) - k objektu nie je možné sa dostať na vzdialenosť, ktorá by predstavovala ohrozenie pre konkrétne množstvo výbušniny a výbuch by nespôsobil významné škody na plášti budovy, ani na ľuďoch nachádzajúcich sa vnútri.
- **Stredná zraniteľnosť** (2) - k objektu je možné sa dostať na vzdialenosť, ktorá by predstavovala zvýšené ohrozenie pre plášť budovy a ľudí vo vnútri. Výbuch by mohol spôsobiť škody na objektu a ohroziť ľudí vo vnútri.
- **Veľká zraniteľnosť** (3) - k objektu je možné sa dostať na vzdialenosť, ktorá by predstavovala pri uložení výbušniny konkrétnej hmotnosti ničivé následky na objektoch a ľuďoch vo vnútri budovy, alebo v jej okolí.

V nasledujúcej tabuľke sú opísané možné scenáre útoku s konkrétnou hmotnosťou výbušného nástražného systému a ohodnotená zraniteľnosť na základe predchádzajúcej škály.

Tab. 1 Možné scenáre napadnutia objektu a hodnotenie zraniteľnosti objektu (Jangl, 2012)

Typ výbušniny	Hmotnosť	Minimálna vzdialenosť, aby nebola budova poškodená [m]	Scenár	Zraniteľné miesto	Hodnota zraniteľnosti
Príručná batožina	23 kg	46	Počas pracovnej doby, kedy je vstup do objektu nekontrolovaný, páchatel pristúpi až k budove, kde uloží kufor s výbušninou	Vstupná bránka, Plášťová ochrana	Veľká zraniteľnosť
			Počas pracovnej doby príde útočník do areálu s autom, v ktorom bude aj batožina, a priloží ju k objektu	Vstupná brána, Plášťová ochrana	Veľká zraniteľnosť
Vozidlo typu coupé	227 kg	98	Autom sa dostane útočník počas pracovnej doby priamo k budove	Vstupná brána, Plášťová ochrana	Veľká zraniteľnosť
			Vozidlo zaparkované pred obvodovou ochranou objektu	Vonkajší priestor, plášťová ochrana	Veľká zraniteľnosť
Príručný kufřík	9 kg	34	Príručný kufřík priložený priamo k objektu	Vstupná bránka, Plášťová ochrana	Veľká zraniteľnosť
			Príručný kufřík možno prehodiť cez obvodovú ochranu priamo k objektu	Plášťová ochrana	Veľká zraniteľnosť

V časti plánovanie sa uskutočňuje aj návrh opatrení, ktoré by mali znížiť zraniteľnosť objektu. Ochrana objektov proti výbušninám, resp. ich účinkom je veľmi špecifická. Ak vychádzame z činiteľov, ktoré ovplyvňujú veľkosť tlakovej vlny, je možné navrhnúť určité opatrenia, ktoré by ich redukovali. Je možné zvyšovať odolnosť plášťovej ochrany objektov, zvyšovať vzdialenosť možného uloženia výbušniny, alebo obmedziť priloženie daného množstva výbušniny do určitých vzdialeností.

#### Navrhované opatrenia:

1. Opatrenie - zvýšenie vzdialenosti uloženia daného množstva výbušniny.

Dôležitým krokom je v tomto prípade zabezpečiť systém kontroly vstupov na perimetri, ktorý by obmedzil prístup nepovolaných osôb a dopravných prostriedkov do areálu objektu. Systém by pozostával z automatickej rampy, ktorá by slúžila pre prejazd dopravných prostriedkov. Pre vstup peších chodcov by bol implementovaný turniket na vstupnej bránke. Systémy kontroly vstupov by boli doplnené o kamerový systém, ktorým by sa monitorovala práve táto časť obvodovej ochrany.

## 2. Opatrenie - zvyšovanie odolnosti prvkov plášťovej ochrany.

Dostatok výbušniny v aute by mohol spôsobiť škody aj z väčšej vzdialenosti, ako je vzdialenosť perimetra od budovy. V tomto prípade by bolo potrebné spevňovať prvky plášťovej ochrany objektov. Odolnosť stavebných prvkov je možné zvyšovať polymérovým nástrekom, ktorý je možné aplikovať na rôzne materiály. Ten by zvýšil pevnosť a celistvosť stenových konštrukcií. Po aplikácii nástreku sa môže takáto stena prirovnať k oceľovej konštrukcii. Je prakticky neviditeľná, čiže nepokazí dizajnové požiadavky.

K prvkom plášťovej ochrany patria aj otvorové výplne, najmä okná, ktoré sú veľmi citlivé na tlak. Ich spevnenie a zvýšenie odolnosti by mohlo byť realizované viacerými možnosťami (Reference, 2011).

Tab. 2 Možnosti zvyšovania odolnosti otvorových výplní (Podľa: Guidance, 2014)

Aplikovateľné na súčasných oknách	Popis
Bezpečnostné fólie	Aplikácia filmu na sklenených výplniach pomáha zvýšiť odolnosť okien. Udržiava sklo v jednom celku a zamedzuje nebezpečenstvu lietajúcich fragmentov.
Koncept tzv. záchytnej tyče	Systém pomáha udržať okno proti vypuknutiu pri zaťažení rázovou vlnou. Ide o uchytenie tyče v stene za oknom.
Káblvový zachytávací systém	Ide o rozmiestnenie káblvových systémov za sklom. Princípom je prenášanie sily nárazu pomocou káblov na nosnú konštrukciu.
Protivýbuchové závesy	Systém určený na zachytávanie fragmentov za sklom pri výbuchu. Pozostáva zo samostatného mechanizmu upevňovania záclony k okennému rámu.
<b>Výmena okien</b>	<b>Popis</b>
Tvrdené sklo	Zvýšená odolnosť skla. Pri rozbití sa sklo rozbije na menšie úlomky, ktoré ale nie sú ostré ako u normálneho skla.
Laminované sklo	Táto možnosť poskytuje lepšiu odolnosť ako použitie fólií na sklo. Ide o viacvrstvé sklo s použitím fólií.

## 3. Opatrenie - obmedzenie priloženia určitého množstva výbušniny.

Ide o využitie prístupu CPTED (Prevenencia kriminality prostredníctvom environmentálneho dizajnu). Metóda hovorí o využívaní priestoru pre zníženie kriminality. Prvým a zásadným krokom je udržiavanie priestoru, čo odrádza páchateľa k vykonaniu trestnému činu (Hofreiter, 2015). Druhým krokom je pravidlo vidieť a byť vidieť. Toto opatrenie by bolo ošetrené osvetlením, ktoré by bolo inštalované pri hlavnom vstupe do budovy, ako aj v areáli. To pomôže odradiť a ľahšie odhaliť

páchateľa. Podstatným krokom by bolo využitie priestoru pred budovou, konkrétne pred hlavným vchodom do budovy. Išlo by o aplikáciu vystužených lavičiek a košov, ktoré by zabránili dostať sa až ku vchodovým dverám dopravným prostriedkom. Okrem toho by sa týmito prvkami vystužila časť areálu pred perimetrickou ochranou. Zabránilo by sa tak prekonaniu perimetra autom smerom od prístupovej cesty.

Pri návrhu na zlepšenie danej oblasti cyklu PDCA je dôležité vybrať viacero variantov, ktoré je možné použiť pre dosiahnutie cieľa a vybrať z nich jeden vhodný. V procese rozhodovania o výbere použitého variantu je možné využiť metódy viackriteriálneho rozhodovania (Metóda rozhodovacej matice, Analytický hierarchický proces). Ide o metódy, pomocou ktorých dokážeme vybrať optimálny variant pri stanovených kritériách. Vo fáze **vykonanie** by bol vybraný variant implementovaný. Je dôležité sa zamerať na to, aby sa navrhnuté opatrenia dodržali podľa plánovania.

V procese **kontroly** je potrebné vyhodnotiť zraniteľnosť objektu po zavedení zvoleného opatrenia. To znamená, že by sa skúmalo zvýšenie vzdialenosti uloženia výbušniny, zvýšenie odolnosti jednotlivých prvkov ochrany alebo zamedzeniu určitému množstvu výbušniny. Vo fáze kontroly sa praxe vyhodnocuje, či cieľ bol alebo nebol splnený. Ak by sme aplikovali prvý variant, ktorým je systém kontroly vstupov, zamedzili by sme vneseniu príručného kufrička k objektu. Tým pádom by sme zvýšili možnú vzdialenosť uloženia výbušného nástražného systému. Vymedzená vzdialenosť v tomto prípade by bola dostatočná nato, aby účinky výbuchu nepoškodili budovu, ani jej otvorové výplne. Pre tento typ scenáru by bola hodnota zraniteľnosti objektu hodnotená ako malá. To ale neplatí o ostatných variantoch s väčším

množstvom výbušniny. Je preto nutné konštatovať, že **cieľ** nebol naplnený vo všetkých ohľadoch. V tom prípade prichádza na rad fáza činnosť.

Vo fáze činnosť je potrebné sa zaoberať výsledkami z fázy kontroly a hľadať príčiny, ktoré sú zodpovedné za nedosiahnutie cieľa. Kontrola ukázala, že objekt je zraniteľný pre výbušniny uložené v aute a v príručnej batožine. Zvýšenie vzdialenosti pomocou systému kontroly vstupov nevytvorilo dostatočnú vzdialenosť, pre dané hmotnosti výbušnín. Prichádza na rad uvažovanie

o použití jednoho z ostatných navrhovaných variant ochrany alebo o návrhu nového variantu riešenia. Po zhodnotení aktuálneho stavu sa začína s celým procesom PDCA cyklu odznova. To znamená výber iného riešenia, jeho aplikovania a zhodnotenia, či cieľ daného procesu bol splnený.

## 5. Diskusia

Ochrana objektov voči výbušným nástražným systémom je veľmi zložitá a špecifická oblasť riešenia ochrany. Útok pomocou výbušniny sa vyznačuje nekonečnými možnosťami uskutočnenia útoku, nakoľko tento útok závisí od mnohých faktorov. Ide o hmotnosť použitej výbušniny, o vzdialenosť jej uloženia, o jej typ, alebo prostredie, v akom bola uložená. Väčšina faktorov závisí od páchatel'a, čo zdôrazňuje zložitosť prípravy na takýto útok.

V rámci článku bolo poukázané na využitie PDCA cyklu pri riešení protivýbuchovej ochrany objektov. Tento cyklus sa využíva najmä v zlepšovacích procesoch vo firmách, alebo pri zvyšovaní kvality rôznych procesov. Sled krokov a ich postupnosť je ale možné využiť aj v alternatívnych oblastiach. Na príklade sme demonštrovali jeho využitie oblasti riešenia protivýbuchovej ochrany objektov. Demonštrácia ukázala, že proces PDCA cyklu aj s jednotlivými krokmi je možné využiť aj pri uplatňovaní zmien a zlepšovaní riešení v rámci ochrany objektov pred účinkami výbuchu. V článku sú stanovené postupy, ktoré je potrebné dodržiavať pri riešení ochrany objektov. Niektoré kroky môžu závisieť aj od typu organizácie, jej veľkosti a pod.

Je veľmi dôležité dodržiavať postupnosť jednotlivých krokov, stanoviť konkrétny cieľ, vhodne vyhodnotiť a analyzovať prostredie, a vybrať riešenia, ktoré by pomohli daný zámer naplniť. Výhodou PDCA cyklu sú najmä fázy kontroly, ktoré umožnia preskúmať už aplikované riešenia so zámerom zistiť naplnenie cieľov.

## Záver

Význam cyklu PDCA spočíva v trvalom zlepšovaní jednotlivých procesov. Je preto potrebné zdôrazniť, že nie všetko sa musí podariť na prvý krát. Tento proces preto hovorí o opakovaní jednotlivých krokov. Dodržiavaním osobitných častí prezentovaného cyklu dokážeme vyriešiť rôznorodé problémové oblasti. Tento cyklus je možné využiť aj pri riešení protivýbuchovej ochrany budov, čo sa ukázalo v článku. Pomocou dodržiavania cyklu v jednotlivých krokoch sme dokázali vymedziť problémovú oblasť, vytýčiť cieľ, navrhnúť opatrenia a následne ich realizovať, kontrolovať a vykonávať nápravu. Postupnosťou

procesu sa dá zistiť mnoho nedostatkov, ktoré môžu vzniknúť pri návrhu a realizácii opatrení, ktoré by zvýšili bezpečnosť vybraného objektu. Neustále zlepšovanie pomáha postupne zvyšovať celkovú bezpečnosť organizácie. V článku bolo okrem demonštrácie využitia PDCA cyklu prezentované aj možné návrhy opatrení, ktoré sú realizovateľné pri znižovaní zraniteľnosti objektov.

## Pod'akovanie

Tento článok bol spolufinancovaný z inštitucionálneho grantového projektu I-19-028-18 Určenie odolnosti vybraných prvkov plášt'ovej ochrany objektov voči mimoriadnemu zaťaženiu.

## Použitá literatúra

- Explosive Blast. [online]. Homeland Security, 2011. [cit. 2019-04-27]. Dostupné na: [https://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1455-20490-7465/fema426\\_ch4.pdf](https://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1455-20490-7465/fema426_ch4.pdf)
- Guidance note: Measures to Improve the Blast Resistance of Glazing, 2014. [online]. Centre for the Protection of National Infrastructure. [cit. 2019-04-27]. Dostupné na: <https://www.cpn.gov.uk/system/files/documents/89/49/Improve-the-blast-resistance-of-glazing.pdf>
- HOFREITER, L. 2015. Manažment ochrany objektov. [online]. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 2015. [cit. 2019-04-26]. Dostupné na: [http://fsi.uniza.sk/kbm/wp-content/uploads/2017/03/VSU\\_Hofreiter\\_FBI.pdf](http://fsi.uniza.sk/kbm/wp-content/uploads/2017/03/VSU_Hofreiter_FBI.pdf)
- JANGL, Š., KAVICKÝ, V. 2012. Ochrana pred účinkami výbuchov výbušnín a nástražných výbušných systémov. Žilinská univerzita v Žiline. 294 s. ISBN 978-80-971108-0-2.
- Reference Manual to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings. [online]. Buildings and Infrastructure Protection Series, 2011. [cit. 2019-04-26] Dostupné na: <https://www.dhs.gov/xlibrary/assets/st/st-bips-06.pdf>
- ROSER, CH., 2017. PDCA, 1. Časť: Kľúč k LEANu. [online]. Průmyslové inženýrství. [cit. 2019-04-20]. Dostupné na: <http://www.prumysloveinzenyrstvi.cz/pdca-1-cast-klic-k-leanu/>
- ROSER, CH., 2017. PDCA, 2. Časť: Historie a běžné chyby. [online]. Průmyslové inženýrství. [cit. 2019-04-22]. Dostupné na: <http://www.prumysloveinzenyrstvi.cz/pdca-2-cast-historie-bezne-chyby/>
- Zlepšovanie na štyri písmená? PDCA. [online]. Qualityforeveryone, 2012. [cit. 2019-04-20]. Dostupné na: <http://q4e1.blogspot.com/2012/03/zlepsovane-na-styri-pismena-pdca.html>

## MOŽNOSTI VYUŽITIA SIMULÁCIÍ POČAS PRÍPRAVY NA KRÍZOVÉ SITUÁCIE

Ing. Michaela JÁNOŠÍKOVÁ<sup>1</sup>, doc. Ing. Jozef RISTVEJ, PhD.<sup>1</sup>

**Abstrakt:** Adekvátne riešiť vzniknutý krízový jav je v súčasnosti nevyhnutnosťou. Preto príprava odborníkov na riešenie krízových javov patrí medzi významné oblasti krízového manažmentu, a to nie len na Slovensku. Príprava sa okrem zložiek Integrovaného záchranného systému, ktoré priamo zasahujú na mieste vzniknutej udalosti, týka aj členov krízových štábov, ktorí majú významnú a nezastupiteľnú úlohu pri riešení krízových javov. Jednou z možností, ako podporiť proces prípravy je využitie rôznych informačných technológií, medzi ktoré patria aj simulácie. Článok uvádza základné spôsoby prípravy na krízové situácie, s dôrazom na krízové štáby, ako aj návrh možného spôsobu implementácie simulácií do procesu prípravy v krízovom manažmente.

**Kľúčové slová:** krízový manažment, príprava, simulácie

### Úvod

V rámci krízového manažmentu identifikujeme oblasť, ktorá sa venuje príprave odborníkov krízového manažmentu. Vzdelávanie zamestnancov krízového manažmentu, pôsobiach na jednotlivých úrovniach verejnej správy, podlieha Ministerstvu vnútra Slovenskej republiky (MV SR). Systém vzdelávania v rámci MV SR, ako u zamestnancov štátnej správy, vychádza z Plánu kontinuálneho vzdelávania zamestnancov Ministerstva vnútra Slovenskej republiky, ktorý je vydávaný začiatkom každého roka na jeden rok. Prípravu uvedeného plánu zabezpečuje Sekcia krízového riadenia MV SR. Vzdelávanie zamestnancov je zamerané na rozvoj manažérskych kompetencií, osobnostný rozvoj, rozvoj jazykových schopností a vzdelávanie v oblasti informačných technológií, čo tvorí všeobecný základ pre všetkých pracovníkov v tejto oblasti. V oblasti odbornej prípravy sú pracovníci krízového manažmentu špecificky vzdelávaní v závislosti od ich pracovnej náplne v konkrétnom prostredí.

Jednou z úloh prípravy je podporiť rozhodovanie odborníkov krízového manažmentu s cieľom zefektívniť reakciu na riešenie vzniknutého krízového javu. Práve v tejto oblasti majú významnú úlohu informačné systémy na podporu rozhodovania. Tie disponujú prostriedkami na analýzu dôsledkov v meniacich sa podmienkach. Jedným z možných

informačných systémov na podporu rozhodovania pri príprave odborníkov krízového manažmentu sú aj simulácie.

### 1. Príprava na krízové situácie

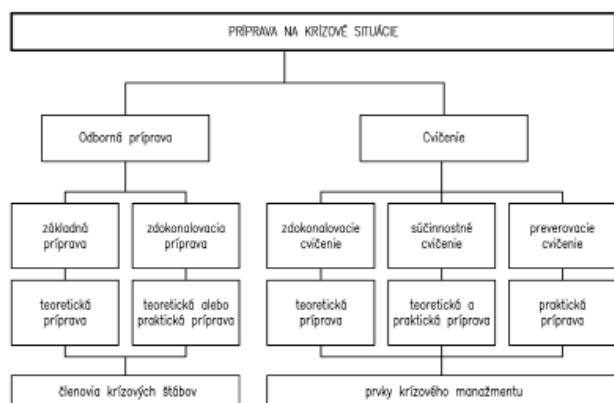
Krízový štáb predstavuje výkonný prvok krízového riadenia, ktorý je tvorený štatutárnym zástupcom orgánu verejnej moci, pracovníkmi krízového manažmentu a inými odborníkmi zaoberajúcimi sa analýzou rizík či prevenciou vzniku krízových javov (Bezpečnostná, 2017). Zákon č. 387/2002 Z. z. o riadení štátu v krízových situáciách mimo času vojny a vojnoveho stavu ho definuje ako výkonný orgán krízového riadenia, pričom jeho úlohou je analyzovať riziká krízových situácií, navrhovať opatrenia na ich riešenie a koordinovať činnosť všetkých zložiek, ktoré sú v jeho pôsobnosti v období krízovej situácie.

Okrem zriadenia krízového štábu patrí medzi základné úlohy okresných úradov v sídle kraja a okresných úradov tiež koordinácia činností pri príprave na krízové situácie a pri ich riešení. Jednou z hlavných úloh je aj organizácia odbornej prípravy krízových štábov okresných úradov a obcí počas ich prípravy na krízové situácie (Zákon č. 387/2002).

Príprava prvkov krízového manažmentu vyplýva z Nariadenia MV SR č. 5/2017 o plnení úloh pri príprave na krízové situácie a pri ich riešení. Podľa tohto nariadenia sa príprava vykonáva dvoma

<sup>1</sup> Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva  
Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina  
michaela.janosikova@fbi.uniza.sk, Jozef.Ristvej@fbi.uniza.sk

spôsobi, a to prostredníctvom odbornej prípravy a cvičení. Schéma prípravy na krízové situácie je zobrazená na obr. 1.



Obr. 1 Schematické znázornenie prípravy na krízové situácie

**Odborná príprava** je „činnosť, ktorej cieľom je vytvoriť podmienky k získavaniu a prehľbovaniu vedomostí členov krízového štábu, skupiny riadenia, zamestnancov útvaru v pôsobnosti ministerstva zaradených na pracovisku krízového manažmentu a krízovom pracovisku pri príprave na krízové situácie a pri ich riešení“ (Nariadenie MV SR č. 5/2017).

**Základná príprava** predstavuje prípravu novovymenovaných členov krízových štábov okresného úradu a členov sekretariátu, ak činnosť v krízovom štábe daná osoba nevykonávala v predchádzajúcom funkčnom období. Je vykonávaná formou teoretickej prípravy, najčastejšie prednášky, kde si zamestnanci osvoja základné informácie z oblasti prípravy na krízové situácie. Za organizáciu je zodpovedný okresný úrad v sídle kraja alebo ním poverený okresný úrad (Nariadenie MV SR č. 5/2017).

**Zdokonalovacia príprava** je prípravou členov krízových štábov okresného úradu a členov sekretariátu a uskutočňuje sa minimálne 1 krát za rok. Je vykonávaná na zdokonaľovanie, dopĺňanie a aktualizáciu vedomostí a schopností potrebných na výkon činností na úseku krízového riadenia. Tento typ prípravy je vykonávaný formou teoretickej prípravy (interaktívna prednáška) alebo praktickej činnosti vo forme ukážky, cvičenia, príp. náviku. Rovnako ako základnú prípravu ju organizuje okresný úrad v sídle kraja prípadne ním poverený okresný úrad. Je možné ju prepojiť so základnou prípravou (Nariadenie MV SR č. 5/2017).

**Cvičenie** predstavuje základnú formu prípravy prvkov krízového manažmentu zameranú na riešenie krízovej situácie. Podľa spôsobu vykonania môže byť teoretická alebo praktická. Podľa druhu

činnosti môžeme cvičenia deliť na zdokonaľovacie, súčinnosť a preverovacie (Nariadenie MV SR č. 5/2017).

**Zdokonaľovacie cvičenia** sú primárne určené na zvyšovanie úrovne pripravenosti prvkov krízového manažmentu útvaru. Tento druh cvičení je vykonávaný formou teoretickej prípravy (Nariadenie MV SR č. 5/2017).

**Súčinnosť cvičenia** slúžia na overenie vypracovaných metodík jednotlivých činností útvarov v pôsobnosti ministerstva alebo okresných úradov, pričom sa počíta so zapojením viacerých prvkov krízového manažmentu. Účelom tohto druhu cvičení je zlepšenie súčinnosťných väzieb s využitím informačných a telekomunikačných systémov. Súčinnosť cvičenia sú vykonané formou teoretickej a praktickej prípravy (Nariadenie MV SR č. 5/2017).

**Preverovacie cvičenia** sú vykonávané na overenie úrovne krízového riadenia a pripravenosti prvkov krízového manažmentu útvaru v pôsobnosti ministerstva alebo okresného úradu, no je nimi hodnotená aj realnosť vytvorenej dokumentácie. Tieto cvičenia majú formu praktickej prípravy (Nariadenie MV SR č. 5/2017).

**Prvky krízového manažmentu** sú orgány krízového manažmentu, t.j. bezpečnostné rady, krízové štáby, jednotlivé ústredné orgány štátnej správy pôsobiace v systéme krízového manažmentu. Napriek prijatiu viacerých všeobecne záväzných právnych predpisov, ktoré stanovujú kompetencie a úlohy jednotlivým prvkom krízového manažmentu, tento termín nie je definovaný a vzájomná kompatibilita a ich vzájomné väzby a kompetencie v krízových situáciách nie sú právne, ani odborne úplne zosúladené. Na druhú stranu výkonnými prvkami krízového manažmentu sú jednotlivé zložky Integrovaného záchranného systému a jednotlivci (právnické a fyzické osoby) pôsobiaci v krízovom manažmente.

## 2. Simulácia ako podporný nástroj pri príprave na krízové situácie

Rybár (2000) uvádza, že pojem simulácia môže byť chápaný ako proces spojený s používaním už vytvoreného, pripraveného a overeného modelu nejakým subjektom pri riešení určitej úlohy. Ako základné typy simulácií rozoznávame virtuálnu, živú a konštruktívnu simuláciu. V súčasnosti sa však objavuje aj ich kombinácia, nazývaná distribuovaná interaktívna simulácia.

**Virtuálna simulácia** je simulácia, založená na využívaní virtuálnej reality, ktorá sa vzťahuje k interaktívnej počítačovej simulácií v reálnom

alebo imaginárnom simulovanom prostredí. Tento druh simulácie spočíva vo využívaní simulačných nástrojov a simulovaného prostredia fyzickými osobami, ktoré sa ich použitím dostávajú do virtuálnej reality. Hlavnou výhodou takejto simulácie je, že oproti konštruktívnej simulácii je schopná vytvoriť reálnejšie prostredie, a tým poskytnúť cvičiacim pocit ponorenia sa do danej situácie (Walle, 2010).

Využívanie virtuálnej reality ako podporného nástroja pri cvičeniach má najväčšie opodstatnenie u výkonných prvkov krízového manažmentu. Cieľovou skupinou sú teda členovia Integrovaného záchranného systému, ktorí pomocou virtuálnej simulácie môžu precvičovať svoje schopnosti a zručnosti, zdokonaľovať svoje reakcie na vznik rôznych typov udalostí. Ako príklad je možné uviesť rekonfigurovateľné virtuálne simulátory, pozri obr. 2, ktorými disponuje Akadémia ozbrojených síl generála Milana Rastislava Štefánika v Liptovskom Mikuláši. Virtuálne simulátory predstavujú špeciálne počítače imitujúce reálne používanú techniku, ktoré reagujú na činnosť cvičiacich - reálnych ľudí. Špeciálny počítačový systém umožňuje vzájomnú komunikáciu medzi cvičiacim a simulátorom v reálnom čase a v simulovanom trojrozmernom prostredí. Virtuálne simulátory sú prioritne určené pre taktický výcvik osádok v bojovej, ale aj nebojovej činnosti, kde môžu predstavovať rôzne typy pozemnej i leteckej bojovej a nebojovej techniky, ako sú bojové vozidlá pechoty, vrtníky, sanitky, hasičské vozidlá, policajné autá či autobusy a osobné automobily (Rekonfigurovateľný, 2012). Použitie prostriedkov virtuálnej simulácie pri výcviku členov základných záchranných zložiek Integrovaného záchranného systému, ako sú hasiči, zdravotníci, chemici, horskí či banskí záchranári, však zatiaľ na Slovensku nie je úplne bežné.



**Živá simulácia** je činnosť, ktorá zahŕňa osoby vykonávajúce aktivity v kvázi reálnej situácii. Výhodou týchto simulácií je, že sú reálnejšie ako virtuálne a konštruktívne simulácie. Jej hlavnou nevýhodou je jej náročnosť, či už časová, finančná alebo organizačná. Taktiež je obmedzený počet možných simulovaných scenárov v rámci jedného cvičenia, väčšinou je možné realizovať len jeden scenár. Avšak, živá simulácia má zásadný význam pre pochopenie charakteristík, interakcií a spolupráce aktérov pracujúcich v spoločnom prostredí (Walle, 2010).

Forma živej simulácie je využívaná pri súčinnostných a preverovacích cvičeniach, počas ktorých osoby vykonávajú aktivity v kvázi reálnej situácii. Plánovanie a vykonávanie cvičení, ako praktickej formy vzdelávania je náročné na organizáciu, čas, materiálne aj finančne zabezpečenie. Preto je tento spôsob prípravy využívaný prioritne pre výkonné zložky krízového manažmentu, najmä profesionálne zložky, hasiči, chemici, policajti a pod.

Cvičenia realizované formou živej simulácie sú vykonávané na rôznych úrovniach riadenia, počnúc zásahovými jednotkami a končiac cvičeniami s medzinárodnou účasťou. Medzi najväčšie cvičenie v rámci Slovenskej republiky patrilo cvičenie simulovanej havárie jadrového zariadenia v Slovenskej republike na národnej úrovni - „Havran 2012“, ilustračné fotografie z cvičenia na obr. 3, ktoré sa konalo v roku 2012 a zúčastnili sa ho zložky národnej, regionálnej i miestnej úrovne. Cieľom cvičenia bolo precvičiť a preveriť vzájomné väzby a reakciu krízových štábov na všetkých úrovniach, činnosti vybraných ministerstiev, ďalších orgánov štátnej správy, územnej samosprávy, dotknutých inštitúcií, záchranných zložiek a Slovenských



Obr. 2 Rekonfigurovateľný virtuálny simulátor vozidla BVP - 2, výhľad vodiča v bojovej polohe (vľavo) a výhľad veliteľa (vpravo)

Zdroj: Akadémia ozbrojených síl generála Milana Rastislava Štefánika, 2012

elektrární, a. s., závod Atómová elektrárň Bohunice (Sekcia, 2012).



Obr. 3 Cvičenie simulovanej havárie jadrového zariadenia v Slovenskej republike na národnej úrovni - „Havran 2012“

Zdroj: Ministerstvo vnútra Slovenskej republiky, 2012

Krízové štáby na nižších úrovniach riadenia sú do praktických cvičení zapájané len ojedinele. Ich príprava je vykonávaná predovšetkým prostredníctvom prednášok a seminárov, ktoré sú vykonávané teoretickým spôsobom. Jednou z možností, ako zinteraktívniť prípravu krízových štábov je využiť počas prípravy ich členov konštruktívnu simuláciu, ako nástroj napomáhajúci vytvoriť reálnejšie prostredie pre tréning riešenia krízového javu.

**Konštruktívna simulácia** je typ simulácie veľmi podobný počítačovému hram, ktorých základom je ovládanie simulovanej postavy, entity, v simulovanom prostredí. Entita môže v prostredí vykonávať rôzne činnosti, prostredníctvom ktorých „hráč“ vytvára konkrétne udalosti. Tento typ simulácie je často využívaný vo vojenstve na vytváranie cvičení, podporujúcich efektívne zostavovanie stratégií za účelom podpory informačných a rozhodovacích procesov (Rybár, 2000). Simulovaní ľudia, technika, či štruktúry jednotiek sú zobrazované na mapách, čím vytvárajú

prostredie pre overovanie rozhodovacieho procesu veliteľa a reálnosť naplánovaných fáz operácií z hľadiska času i priestoru (Simulácie, 2019).

Konštruktívna simulácia je založená na báze počítačovej podpory, kde softvérový nástroj umožňuje simulovať procesy a javy v reálnom alebo špecifikovanom čase a prostredí. Cieľom tvorby takéhoto prostredia je dosiahnuť u cvičiacich dojem vykonávania skutočných operácií a činností tak, ako keby boli vykonávané aj v reálnom prostredí (Simulácie, 2019).

Rovnako ako pri vojenských cvičeniach, tak aj pri riešení krízových javov, je konštruktívna simulácia schopná pripravovať a uskutočňovať simulované scenáre pre rozličné situácie zasahujúce prakticky celé územie štátu. Výhodou tejto simulácie je nižšia finančná, materiálna i časová náročnosť v porovnaní so živou simuláciou. Nie je však možné vytvoriť pre účastníkov tak reálne prostredie, ako vo virtuálnej či živej simulácii.

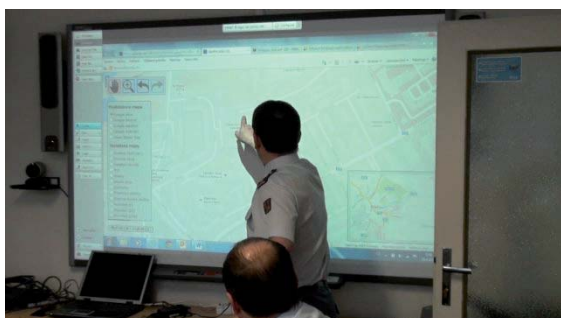
Počas prípravy na krízové situácie je možné konštruktívnu simuláciu využiť ako nástroj na podporu zdokonaľovacej prípravy krízových štábov, ako aj počas súčinnostných a preverovacích cvičení prvkov krízového manažmentu.

V rámci zdokonaľovacej prípravy krízových štábov môže byť konštruktívna simulácia využitá počas cvičení, ako nástroj pre podporu rozhodovania a prípravy členov krízových štábov. Prostredníctvom simulácie je možné vytvoriť prostredie, ktoré bude čo najviac pripomínať vznik reálneho krízového javu. Snaha vytvoriť interaktívnejšie a dynamickejšie prostredie, v ktorom budú účastníci cvičenia nútení reagovať na vzniknutú situáciu, má za cieľ skvalitniť rozhodovacie procesy v rámci krízového štábu a tiež precvičiť komunikáciu medzi jednotlivými členmi štábu. Rovnako tak je možné takýto druh cvičenia, ktoré bude podporované konštruktívnu simuláciou, využiť aj počas súčinnostných a preverovacích cvičení prvkov krízového manažmentu, kde je možné precvičovať komunikáciu a koordináciu zúčastnených zložiek, ako aj testovať a verifikovať dokumentáciu.

Konštruktívna simulácia je využívaná aj pri príprave a vzdelávaní krízových štábov v rámci Českej republiky. Simulácie pri príprave krízových štábov využíva aj Fakulta bezpečnostného inžinierstva VŠB - TU v Ostrave. Tá pracuje so simulačným programom SIMPROKIM - Simulátor procesov krízového manažmentu. Špecializované pracovisko je určené na prípravu osôb zaradených do krízových štábov, prioritne na úrovni obcí s rozšírenou pôsobnosťou. Príprava týchto osôb prebieha prostredníctvom vzdelávacích kurzov, kde sú riešené rôzne druhy krízových javov.



Využitie simulácií v procese prípravy členov krízových štábov má vytvoriť nástroj prípravy v podmienkach maximálne podobných tým reálnym, vrátane psychologického a časového hľadiska. Ilustračné fotografie zo školení krízových štábov sú vedené v obr. 4. Školenia s využitím programu SIMPROKIM boli použité ako základ pri tvorbe Metodiky pre školenia pracovníkov krízového manažmentu vytvorenej členmi FBI VŠB - TU v Ostrave, ktorú osvedčením o certifikácii podporilo aj Ministerstvo vnútra Českej republiky (Adamec, 2019; SIMPROKIM, 2019).



Obr. 4 Školenie krízového štábu s využitím konštruktívnej simulácie  
Zdroj: SIMPROKIM, VŠB - TU Ostrava, 2019

V rámci Slovenskej republiky je konštruktívna simulácia využívaná v rámci Akadémie ozbrojených síl predovšetkým na cvičeniach vojenských príslušníkov a príslušníkov policajného zboru. Využitie tohto typu simulácie pri príprave krízových štábov je možné prostredníctvom *Laboratória modelovania a simulácie krízových javov v doprave* Žilinskej univerzity v Žiline. Laboratórium umožňuje simulovať rozličné druhy krízových javov v rôznych prostrediach. Môže tak slúžiť ako účinný nástroj na prípravu odborníkov krízového riadenia, ktorí môžu pomocou riešenia situácie, ktorá je vytvorená v prostredí konštruktívnej simulácie, zlepšovať svoje rozhodovacie schopnosti v podmienkach neurčitosti.

Rybár (2000) okrem spomínaných troch druhov simulácií uvádza aj štvrtú možnosť, a to ich kombináciu. Tento spôsob simulácie sa nazýva **distribučovaná interaktívna simulácia**, ktorá umožňuje možné prepojenie konštruktívnej a virtuálnej simulácie. Takýmto spôsobom je možné prepojiť dve rôzne simulačné prostredia na rovnakom mapovom podklade a v rovnakej taktickej situácii. Počas kombinovaného cvičenia sú pomocou konštruktívnej simulácie simulované jednotky protivníka a jednotky cvičiaceho štábu, zatiaľ čo osádka jednotlivých vozidiel môžu byť simulované na virtuálnych simulátoroch. Vstupy pre cvičiace štáby sú poskytované z jednotného komunikačného prostredia (Simulácie, 2019). Tento typ simulácie je bežne využívaný pri cvičeniach Akadémie ozbrojených síl Slovenskej republiky.

## Záver

Vzdelávanie členov krízových štábov predovšetkým teoretickým spôsobom, ktorý je vykonávaný prostredníctvom základnej odbornej prípravy, je veľmi dobrým základom k ich oboznámeniu sa s prostredím krízového manažmentu. Je však nevyhnutné, aby bola príprava členov krízových štábov podporená aj prakticky, a to prostredníctvom interaktívneho riešenia rôznych druhov krízových javov či vykonávaním cvičení. Cvičenia prvkov krízového manažmentu sú vykonávané predovšetkým formou živej simulácie, ktorá je však organizačne, časovo, materiálne i finančne veľmi náročná. Vhodnou alternatívou v prípade cvičení krízových štábov je práve konštruktívna simulácia. Prostredníctvom nej je možné vytvoriť situáciu s podmienkami podobnými reálnym podmienkam, vrátane psychologického i časového hľadiska s cieľom podporiť rozhodovacie procesy, komunikáciu a celkovú koordináciu krízového štábu. Ďalšou výzvou do budúcnosti je spôsob získavania a spracovávaní údajov, t.j. najmä implementácia analýzy údajov, ako aj hĺbková analýza údajov do prostredia prípravy v rámci krízového manažmentu.

Prostredníctvom simulačného softvéru je tiež možné vytvárať komplexné hodnotenia rizík v rôznorodom prostredí, navrhovať preventívne opatrenia manažérskeho i technického charakteru či overovať havarijné plány.

## Pod'akovanie a uznanie

Táto práca bola podporená internou grantovou schémou Fakulty bezpečnostného inžinierstva Žilinskej Univerzity z grantu č. IGP201903.

## Literatúra

- Adamec, V. 2019. <vilem.adamec@vsb.cz>. [2019-01-21]. Příprava v krízovom manažmente v Českej republike. [E-mail to: Michaela Jánošíková <michaela.janosikova@fbi.uniza.sk>].
- Nariadenie MV SR č. 5/2017 o plnení úloh pri príprave na krízové situácie a pri ich riešení v znení neskorších predpisov.
- Rekonfigurovateľný Virtuálny Simulátor [online]. 2012. Akadémia ozbrojených síl generála Milana Rastislava Štefánika. [cit. 2019-06-13]. Dostupné na: <http://www.aos.sk/sc/dokum/RVS.pdf>
- Rybár, M. a kol. 2000. Modelovanie a simulácie vo vojenstve. Bratislava: Vydavateľská a informačná agentúra, Ministerstvo obrany Slovenskej republiky. 398 s. ISBN 80-88842-34-4.
- Sekcia Integrovaného záchranného systému a civilnej ochrany. 2012. Informácia o cvičení HAVRAN 2012 pre novinárov, EBO 15. októbra 2012. Bratislava. Ministerstvo vnútra Slovenskej republiky.
- SIMPROKIM. 2019. Nabídka školení [online]. [cit. 2019-06-20]. Dostupné z: <http://simprokim.vsb.cz/>
- Simulácie - Typy simulácií [online]. 2019. Simulačné centrum Akadémie ozbrojených síl SR. [cit. 2019-06-13]. Dostupné na: <http://www.aos.sk/sc/index.php?go=2>
- Bezpečnostná rada Slovenskej republiky. 2017. Terminologický slovník krízového riadenia a zásady jeho používania. Bratislava.
- Walle, van de, B. a kol., 2010. Information Systems for Emergency Management. New York: ME. Sharpe, 2010, ISBN 978-0-7656-2134-4.
- Zákon č. 387/2002 Z. z. o riadení štátu v krízových situáciách mimo času vojny a vojnového stavu v znení neskorších predpisov.

## VPYLV KRIMINALITY NA BEZPEČNOST PRVKOV KRITICKEJ INFRAŠTRUKTÚRY V ELEKTROENERGETIKE

Ing. Roman KMEŤ<sup>1</sup>, Ing. Nikola CHOVANČÍKOVÁ<sup>1</sup>

**Abstrakt:** Súčasná doba sa vyznačuje vznikom veľkého množstva trestných činov, ktoré negatívne vplývajú na obyvateľstvo i celú spoločnosť. Preto je potrebné vedieť, kde sa najviac sústreďujú a, ako ohrozujú daný región alebo miestnu oblasť resp. konkrétne objekty. Na zistenie množstva i druhu trestných činov nami vybratej oblasti využijeme mapu kriminality. Mapa kriminality je aplikácia, ktorá umožňuje používateľom získať prehľad o kriminálnych činoch vyskytujúcich sa v rôznych oblastiach po celom Slovensku. Táto aplikácia môže mať výrazný vplyv i na zabezpečenie potenciálnych prvkov kritickej infraštruktúry v podsektore elektroenergetika. Tieto prvky sú dôležité pre udržania chodu všetkých činností v celom regióne alebo konkrétnom mieste, pretože všetky činnosti sú závislé na dodávkach elektrickej energie. Pomocou mapy kriminality dokážeme zistiť aký druh kriminálnych činov sa odohráva v oblasti, kde sa nachádza potenciálny prvok a tým aplikovať efektívne bezpečnostné opatrenia na jeho ochranu.

**Kľúčové slová:** mapa kriminality, trestný čin, kritická infraštruktúra, prvok, kriminalita

### Úvod

Kritická infraštruktúra zastrešuje procesy, systémy, zariadenia, technológie, siete, aktíva a služby dôležité pre zabezpečenie správneho fungovania štátu. Narušenie kritickej infraštruktúry môže spôsobiť vysoké straty na životoch, v hospodárstve a značnému poškodeniu širokej verejnosti napr. pri výpadku poskytovania služby (Critical Infrastructure). Poškodenie prvkov kritickej infraštruktúry môže byť zapríčinené vplyvom antropogénnych alebo prírodných hrozieb. Veľmi časťou antropogénnou hrozbou, ktorá môže vplývať na bezpečnosť prvkov kritickej infraštruktúry je i kriminalita. Pre identifikáciu možných kriminálnych hrozieb bude využitá aplikácia t.j. mapa kriminality. Našu pozornosť zameriame predovšetkým na kriminálne hrozby, ktoré môžu zapríčiniť ohrozenie potenciálnych prvkov kritickej infraštruktúry v podsektore elektroenergetika vo vybratom regióne.

### 1. Analýza vybraného sektoru kritickej infraštruktúry

Kritická infraštruktúra je veľmi rozsiahlym a komplikovaným systémom, ktorým by sa mala

súčasná spoločnosť aktívne zaoberať. Dôvodom prečo by sme mali upriamiť našu pozornosť práve na kritickú infraštruktúru a v nej začlenené prvky sú mnohé hrozby, ktoré by mohli ovplyvniť ich fungovanie. Na zabezpečení ochrany kritickej infraštruktúry sa podieľali mnohé medzinárodné spoločenstvá i samotné štáty. Jedným z nich bola i samotná Európska únia. V rámci EÚ boli vytvorené mnohé právne dokumenty, ktoré sa zaoberali ochranou kritickej infraštruktúry. Pilierom ochrany KI sa stala Smernica rady 2008/114/ES o európskych kritických infraštruktúrach. Smernica stanovuje postup na identifikáciu a označenie európskych kritickej infraštruktúry a spoločný prístup na posúdenie potreby zlepšiť ich ochranu. Kritickou infraštruktúrou sa podľa Smernice rady 2008/114/ES rozumie aktívum, systém alebo jeho časť, ktorá je nevyhnutná pre udržania dôležitých spoločenských procesov, zdravia, bezpečnosti, hospodárskeho a sociálneho života obyvateľstva. Smernica má sektorový rozsah pôsobnosti, ktorý sa vzťahuje na odvetvie energetiky a dopravy. Od tejto smernice sa odvíjali jednotlivé právne dokumenty, ktoré vznikali na území členských štátov a upravovali ochranu národnej kritickej infraštruktúry podľa podmienok v danom štáte. Na území Slovenskej republiky sa od Smernice rady odvíjal právne nástroj vo forme

<sup>1</sup> Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva  
Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina  
roman.kmet@fbi.uniza.sk, nikola.chovancikova@fbi.uniza.sk

zákona č. 45/2011 o kritickej infraštruktúre. Spôsob zabezpečenia prvkov KI v sektoroch priemysel a energetika je zobrazené v metodickom usmernení Ministerstva hospodárstva SR. Toto usmernenie odporúča prevádzkovateľom prvkov KI využívať ho pri navrhovaní a hodnotení úrovne ochrany jednotlivých prvkov KI v sektoroch energetika a priemysel (Metodické usmernenie MH SR). Súčasťou kritickej infraštruktúry na území SR je 9 sektorov vrátane 20 podsektorov. Podľa nášho názoru je najvýznamnejšou súčasťou kritickej infraštruktúry podsektor elektroenergetika, pretože všetky činnosti sú závislé na dodávke elektrickej energie napr. zdravotníctvo, doprava. Je nevyhnutné venovať pozornosť hrozbám, ktoré by mohli ohroziť fungovanie elektroenergetických prvkov (elektrárne, rozvodne, distribučná a prenosová sieť, a iné) a prijať adekvátne opatrenia na ich elimináciu na požadovanú úroveň.

## 2. Bezpečnostné hrozby

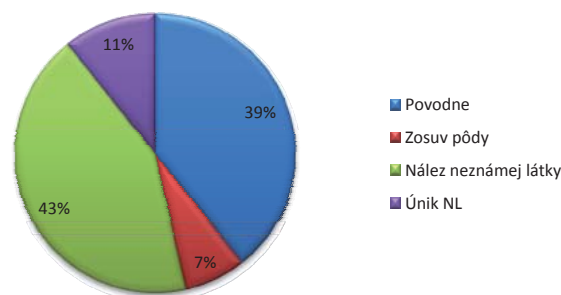
Bezpečnosť elektroenergetických prvkov môže byť ovplyvnená hrozbami prírodného a antropogénneho charakteru. Hrozby prírodného charakteru sú nezávislé na ľudskom konaní. Človek ich vznik nemôže predvídať a ani ovplyvniť rozsah ich negatívneho pôsobenia na spoločnosť (Šimák, 2015). Na území Slovenska sa stretávame s prírodnými hrozbami ako napríklad povodne, nadmerné snehové zrážky, víchrice a iné, ktoré môžu ohroziť elektroenergetické prvky.

**Víchrice** majú väčšinou za následok pád stromov na elektrické vedenie a čím sú spôsobené výpadky elektrickej energie. Konkrétny príklad výpadku elektriny spôsobený pádom stromu na elektrické vedenie nastal na strednom Slovensku. Kedy na vedenie popadali stromy a vo viacerých prípadoch došlo k pretrhnutiu vodičov alebo poškodenie izolátorov. Najviac to ovplyvnilo Makov, Krásno nad Kysucou a Čadcou. Bez prúdu ostalo 58 trafostaníc, čo malo dosah na takmer päťtisíc domácností (Blažek, 2018). Aby sa predchádzalo takýmto udalostiam vykonáva sa odstraňovanie stromov v pásme elektrického vedenia, aby pád stromov nemohol poškodiť vodiče vzdušného vedenia (Odstraňovanie stromov).

**Povodne** predstavujú ďalšiu hrozbu, ktorá môže spôsobiť narušenie fungovania energetických prvkov. Územie stredného a západného Slovenska v septembri 2018 zasiahli intenzívne búrky, ktoré spôsobili rozsiahle výpadky elektriny. Mnoho obyvateľov Žilinského aj Banskobystrického kraja pocítili kratšie i dlhšie výpadky elektriny (Búrky spôsobili).

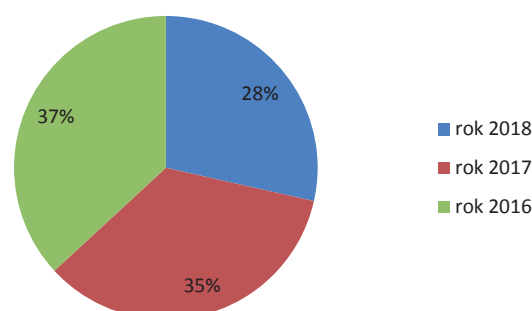
Hrozby antropogénneho charakteru predstavujú zásadný problém, ktorému čelí dnešná spoločnosť. Riziko vzniku negatívnej udalosti antropogénneho charakteru sa pri súčasnom rýchlom technologickom vývoji zvyšuje a predstavuje veľkú hrozbu pre fungovanie elektroenergetických prvkov (Šimák, 2015). Medzi hrozby antropogénneho charakteru zaradzujeme teroristické útoky, trestnú činnosť, obmedzenie dodávok energií a iné.

V článku sústredíme našu pozornosť na bezpečnostné hrozby, ktoré pôsobia na nami vymedzenom území, ktorým je okres Prievidza. Zhodnotíme pôsobenie prírodných a antropogénnych hrozieb na území za posledné roky a následne vyvodíme nejaké návrhy na zlepšenie danej situácie. Na obrázku 1 sú zobrazené jednotlivé mimoriadne udalosti, ktorými bolo postihnuté územie okresu Prievidza od roku 2013 - 2018.



Obr. 1 Mimoriadne udalosti od roku 2013 - 2018

Na základe grafu na obrázku č. 1 môžeme konštatovať, že v okrese Prievidza sa často nevyskytujú mimoriadne udalosti, ktoré by mohli spôsobiť narušenie fungovania elektroenergetických prvkov.



Obr. 2 Zobrazenie vybraných kriminálnych činov za príslušné roky

Obrázok č. 2 zobrazuje percentuálne vyjadrenie vybraných kriminálnych činov za roky 2016, 2017, 2018. Jedná sa predovšetkým o majetkovú kriminalitu, výtržníctvo, požiare a výbuchy, ktoré by mohli potenciálnym zdrojom ohrozenia pre elektroenergetické prvky.

Ako môžeme vidieť kriminálna činnosť predstavuje faktor, ktorý výrazne vplývava na bezpečnosť v okrese a tým môže negatívne vplývať i na bezpečnosť potenciálnych prvkov kritickej infraštruktúry nachádzajúcich sa v okrese. Preto je podľa nás dôležité sa venovať problematike kriminality a nájsť vhodný spôsob, ktorý by umožnil identifikovať oblasti s vysokou kriminalitou a viedol k následnému prijatiu adekvátnych opatrení.

### 3. Mapa kriminality

Mapa kriminality predstavuje interaktívnu desktopovú aplikáciu, ktorá umožňuje monitorovanie jednotlivých druhov kriminality, výpočet indexu kriminality a sledovanie jeho vývoja v čase, vizualizáciu dostupných dát o trestných činoch za určité obdobie pre ľubovoľnú lokalitu. Prostredníctvom tejto aplikácie, dokážeme zistiť výskyt trestných činov v blízkosti prvkov kritickej infraštruktúry a vyhodnotiť situáciu, či na daný prvok môže negatívne vplývať konkrétny druh kriminálnej činnosti nachádzajúcej sa v jeho blízkosti. Aplikácia pri zobrazení trestných činov využíva mapy Google, kde sú jednotlivé trestné činy zobrazené červenými bodmi. Samotná tvorba mapy kriminality pozostáva z nasledujúcich častí a to:

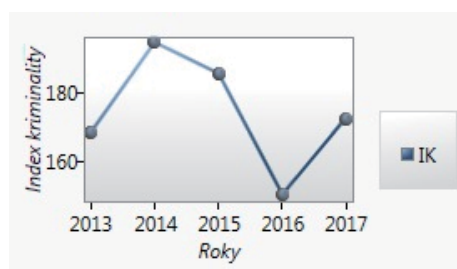
- filter,
- vývoj indexu kriminality v čase,
- mapa jednotlivých trestných činov,
- index kriminality pre jednotlivé lokality.

Pre zobrazenie trestných činov v danej lokalite sa vyplní filter v rámci aplikácie zobrazený na obrázku 3, ktorý umožní používateľovi určiť druh kriminality, trestný čin, a iné.

Druhú veľmi dôležitú časť predstavuje vývoj indexu kriminality v čase pozri obrázok 4. Pomocou tohto ukazovateľa môžeme zistiť, či má kriminalita v jednotlivých oblastiach rastúcu alebo klesajúcu tendenciu. Tiež je možné určiť mesiace, v ktorých je zvýšená úroveň kriminality.

Ako bolo spomenuté, jednotlivé kriminálne činy sú zobrazené na mape a označené červenou značkou pozri obrázok 5. Pri umiestnení kurzoru myši na konkrétny trestný čin sa nám zobrazí celý informačný list k danému trestnému činu. Tento informačný list obsahuje dátum skutku, druh kriminality, skutkovú podstatu, súradnice, lokalitu, ulicu, výšku škody a popis.

Obr. 3 Filter mapy kriminality

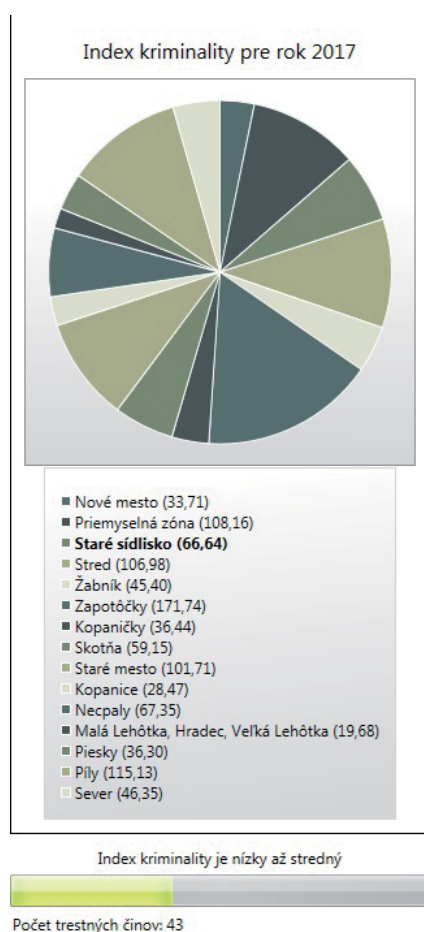


Obr. 4 Vývoj indexu kriminality v lokalite Zapotôčky

Poslednú časť mapy kriminality tvorí index kriminality pre jednotlivé lokality. Tento index je možné rozdeliť do dvoch častí a to: index kriminality a ukazovateľ indexu kriminality. Index kriminality je znázornený koláčovým grafom spolu so zoznamom jednotlivých lokalít mesta Prievidza, kde je ku každej lokalite pridelený index kriminality. V spodnej časti ukazovateľa indexu kriminality je zobrazená úroveň kriminality, ktorá je hodnotená príslušnými stupňami a to ako nízka, nízka až stredná, stredná až vysoká alebo vysoká, a to na základe hodnoty indexu kriminality. Každá úroveň kriminality má pridelenú konkrétnu farbu. Používateľ tak môže na základe ukazovateľa vyhodnotiť úroveň kriminality v ním zvolenej lokalite a prispôsobiť napr. stupeň zabezpečenia objektu pred prípadným ohrozením.



Obr. 5 Zobrazenie kriminálnych činov vrátane bližšieho popisu



Obr. 6 Zobrazenie indexu kriminality

## Záver

Ako bolo povedané vo viacerých častiach článku súčasná doba a rýchly technologický vývoj vedie súčasnú spoločnosť do situácií, kedy sa musí vysporiadať s mimoriadnymi udalosťami antropogénneho i prírodného charakteru. Hrozby prírodného charakteru napr. povodne, víchrice môžeme len veľmi ťažko ovplyvniť. Na ich zvládnutie sa pripravujú plány na príslušných úrovniach riadenia, ktoré umožnia efektívne a s čo

najmenšími dopadmi zvládnuť vzniknutú situáciu. Čo môžeme ovplyvniť sú antropogénne hrozby. Prijatím nových bezpečnostných opatrení a využitím nových softvérových nástrojov dokážeme účinne bojovať proti týmto hrozbám. Súčasná fungovanie spoločnosti je ovplyvňované predovšetkým narastajúcou kriminalitou, s ktorou sa vyrovnávajú mnohé štáty vo svete. Práve kriminalita môže byť zdrojom ohrozenia i pre potenciálne prvky kritickej infraštruktúry v podsektore elektroenergetika a môže ohrozovať ich činnosť. Ochrana týchto prvkov nie len v elektroenergetike, ale i v iných oblastiach sa môže zlepšiť práve využitím aplikácie mapa kriminality, ktorá dokáže vyhodnotiť druh trestných činov i úroveň kriminality v blízkosti prvkov. Takéto vyhodnotenie prostredia, v ktorom sa prvok KI nachádza, otvára priestor pre návrh a zavádzanie adekvátnych opatrení na ich ochranu prvku a tým viesť k eliminácii nežiadúcich výpadkov.

## Referencie

Critical Infrastructure. [on-line]. Publicsafety.gc.ca, 2018. Available from: <https://www.publicsafety.gc.ca/ent/ntnl-scrt/crtcl-nfrstrctr/index-en.aspx>

Zákon č. 45/2011 z 8. februára 2011 o ochrane kritickej infraštruktúry

Smernica rady 2008/114/ES o identifikácii a označení európskych kritickej infraštruktúr a zhodnotení potreby zlepšiť ich ochranu. [on-line]. Eur-lex.europa.eu, 2008. K dispozícii na adrese: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/?uri=CELEX%3A32008L0114>

Metodické usmernenie č. 29014/2014-1000-53190. [online]. Economy.gov.sk, 2014 K dispozícii na adrese: <http://www.economy.gov.sk/uploads/files/J4Vom9oj.pdf>

ŠIMÁK, L. 2015. Krízový manažment vo verejnej správe. ŽU v Žiline.

V obci Sklené narazil osobný vlak do stromu, zranilo sa päť ľudí. [on-line]. Mykysuce.sme.sk, 2018. K dispozícii na adrese: <https://mykysuce.sme.sk/c/20949360/silny-vietor-narobil-sarapatu-nacestu-padol-strom.html>

Odstraňovanie stromov v pásme elektrického vedenia. [on-line]. Ladce.sk. K dispozícii na adrese: <https://www.ladce.sk/odstranovanie-stromov-v-pasme-elektrickeho-vedenia/>

Búrky spôsobili na strednom Slovensku množstvo výpadkov elektriny, Bratislavu sužovali záplavy. [on-line]. Kosiceonline.sk, 2018. K dispozícii na adrese: <https://www.kosiceonline.sk/burky-sposobili-na-strednom-slovensku-mnozstvo-vypadkov-elektriny-bratislavu-suzovali-zaplavy>

## VYMEZENÍ HROZEB Z POHLEDU OCHRANY OBYVATELSTVA VYUŽITELNÝCH PRO ÚZEMNÍ PLÁNOVÁNÍ

Ing. Barbora MACHALOVÁ<sup>1</sup>, doc. Ing. Jiří POKORNÝ, Ph.D., MPA<sup>1</sup>

**Abstrakt:** Zajištění ochrany obyvatelstva a celkové bezpečnosti území je jedním ze základních úkolů státu, na kterém se podílí také veřejná správa. Mění se hrozby světa vyvolané změnou klimatu, novými materiály a technologiemi a dalšími vlivy, vyvolávají akutní potřebu přípravy území na řešení mimořádných událostí a krizových situací. Jednou z dílčích částí přípravy na řešení uvedených událostí je stanovení požadavků ochrany obyvatelstva v rámci územního plánování. V současné době je však realizace požadavků ochrany obyvatelstva v rámci územního plánování, zejména z důvodu absence konkrétních požadavků, problematická.

Článek definuje územní plánování a s ním související dokumentaci, která se v České republice dále člení na územně analytické podklady a územně plánovací dokumentaci. V navazující části článku jsou popsány hrozby, které má význam z hlediska ochrany obyvatelstva v rámci územního plánování hodnotit. Vytipované hrozby navazují na Analýzu hrozeb pro ČR a analýzy hrozeb rozpracované pro úroveň krajů.

**Klíčová slova:** ochrana obyvatelstva, územní plánování, analýza hrozeb, vymezení hrozeb

### Úvod

Jedním ze základních úkolů, které plní orgány veřejné správy, je zajištění bezpečnosti území a ochrany obyvatel (Zákon 110, 1998). Bezpečnost České republiky je založena na principu zajištění bezpečnosti jednotlivce, ochrany jeho života, zdraví, svobody, lidské důstojnosti a majetku. Aktuální bezpečnostní situace a měnící se hrozby světa, které mohou být vyvolané jednak změnou klimatu, také novými materiály a technologiemi a dalšími vlivy, vyvolávají potřebu připravovat území na řešení mimořádných událostí a krizových situací. Zajištění bezpečnosti území a obyvatelstva, které se zde nachází, je zajišťováno rovněž bezpečnostním plánováním, které hledá vhodná opatření pro řešení mimořádných událostí k ochraně obyvatelstva pomocí bezpečnostních plánů. Zpracovávání bezpečnostních plánů navazuje na územní plánování, které má za cíl vytvářet předpoklady pro výstavbu v území a jeho udržitelný rozvoj. Vytváří podmínky pro příznivé životní prostředí, hospodářský rozvoj území a soudržnost obyvatel, dále koordinuje využití území a chrání krajinu (Jaroš et al., 2017).

### Vymezení problému

Nejdříve je nutné definovat územní plánování (Zákon 183, 2006), jehož úkolem je zajistit a posoudit stav daného území, jeho přírodní, civilizační a kulturní hodnoty, vytvářet podmínky pro snižování nebezpečí přírodních katastrof a pro odstraňování jejich důsledků, regulovat rozsah ploch pro využívání přírodních zdrojů a v neposlední řadě zajistit podmínky pro zajištění civilní ochrany.

V rámci územního plánování jsou stanovovány požadavky ochrany obyvatelstva, vyplývající z vyhlášky (Vyhláška 380, 2002). Stávající standardy v České republice pro stanovení požadavků ochrany obyvatelstva pro územní plánování jsou však v současné době v podstatě neaplikovatelné. Mezi nejvýznamnější důvody patří nejasné definiční vymezení ve vztahu ke stavebním předpisům, nejasně stanovené požadavky a zejména jejich téměř nemožná praktická realizace. Proto je potřeba standardy pro stanovení požadavků ochrany obyvatelstva v územním plánování v České republice přepracovat.

Dále článek popisuje nástroje územního plánování, mezi které můžeme zařadit územně analytické podklady a územně plánovací

<sup>1</sup> VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství  
Lumírova 13, 700 30 Ostrava - Výškovice  
barbora.machalova@vsb.cz

dokumentaci (Zákon 183, 2006; Vyhláška 500, 2006).

**Územně analytické podklady** se pořizují pro území všech krajů v podrobnosti a rozsahu nezbytném pro pořizování zásad územního rozvoje a pro správní území všech obcí s rozšířenou působností. Obsah je obdobný pro obce i kraje, liší se jen v jejich podrobnosti, rozsahu a v druzích jevů v území, které jsou sledovány. Údaje z územně analytických podkladů jsou rovněž podkladem pro rozhodování stavebních úřadů a to zejména v území obcí, které nemají platný územní plán. Údaje o území poskytuje pořizovateli příslušný orgán veřejné správy, tedy i hasičský záchranný sbor kraje (dále také jen „HZS kraje“).

**Územně plánovací dokumentaci** tvoří zásady územního rozvoje, územní plán a regulační plán, které jsou vydávány formou opatření obecné povahy podle správního řádu.

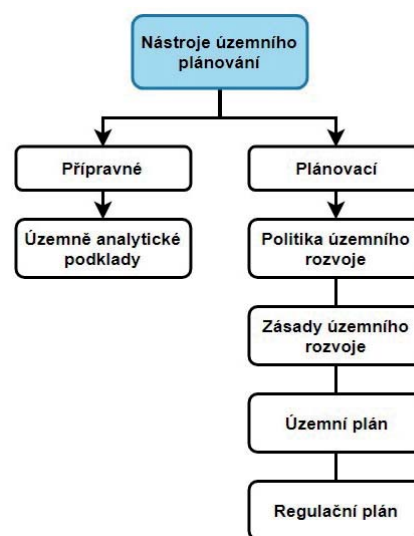
**Zásady územního rozvoje** stanovují základní požadavky na účelné a hospodárné uspořádání území kraje. Vydává je zastupitelstvo kraje formou opatření obecné povahy podle správního řádu.

Hasičský záchranný sbor kraje se podílí na vymezení ploch a koridorů nadmístního významu, veřejně prospěšných staveb, veřejně prospěšných opatření, staveb a opatření k zajišťování obrany a bezpečnosti státu a vymezení asanačních území nadmístního významu, pro která lze práva k pozemkům a stavbám vyvlastnit. Hasičské záchranné sbory krajů se dále podílejí na vyhodnocení vlivů, na eliminaci nebo snížení hrozeb řešeného území a zajišťování ochrany obyvatelstva v souladu s havarijními a krizovými plány. Podle vyhlášky č. 380/2002 Sb. se do zásad územního rozvoje, zapracuje návrh území speciálních zájmů pro požadované potřeby: evakuace obyvatelstva a jeho nouzového ubytování, nouzového zásobování obyvatelstva vodou, ochrany před vlivy nebezpečných látek skladovaných na území, ochrany před důsledky možného teroristického útoku na objekty, jejichž poškození může způsobit mimořádnou událost.

**Územní plán** se zpracovává na území obce. Je zde stanoven rozvoj území obce, ochrana jeho hodnot, jeho uspořádání krajiny a veřejné infrastruktury. Vymezuje zastavěné území, plochy, koridory a plochy přestavby pro veřejně prospěšné stavby a opatření a pro územní rezervy. Zastupitelstvo obce rozhoduje o pořizování územního plánu buď na základě vlastního podnětu, nebo na návrh orgánů veřejné správy, na návrh občana, dále pak na návrh oprávněného investora a na návrh fyzické nebo

právnícké osoby, která vlastní pozemek nebo stavbu na území obce.

**Regulační plán** se zpracovává na vymezenou plochu území, kterou určuje zastupitelstvo kraje nebo zastupitelstvo obce formou opatření obecné povahy podle správního řádu. V dané ploše stanovuje podmínky pro využívání pozemků, pro ochranu hodnoty a charakteru území, pro umístění staveb a pro vytváření příznivého životního prostředí. Regulační plán, který byl vydán krajem, musí být závazný pro územní plány a regulační plány vydávané obcemi. Regulační plán je pořizován buď z podnětu zastupitelstva kraje nebo obce, nebo na žádost fyzické nebo právnícké osoby.



Obr. 1 Nástroje územního plánování

### Proces vymezení hrozeb

Úvodním krokem pro stanovení opatření z pohledu ochrany obyvatelstva v rámci územního plánování je vymezení hrozeb, které se na území vyskytují. Proces vymezení těchto hrozeb vychází z postupu uvedeného na obr. 2.



Obr. 2 Proces vymezování hrozeb v území

### Analýza hrozeb České republiky

Vzhledem k existenci značného množství druhů hrozeb a proměnlivosti jejich povahy je potřeba posoudit tyto hrozby pro jednotlivá území, přičemž k tomuto posouzení je možné využít některé již zpracované podklady (ČSN EN 31010, 2010; ČSN



ISO 31000, 2018). Za nejvýznamnější analýzu lze považovat Analýzu hrozeb České republiky a na ni navazující Analýzy hrozeb krajů. Tyto analýzy byly zpracovány na základě úkolu „Zpracovat analýzu hrozeb pro Českou republiku a její závěry promítnout do metodických a strategických materiálů v oblasti bezpečnosti státu“ vyplývajícího z Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2020 s výhledem do roku 2030 (MV, 2013). Úkol byl rozdělen do dvou obsahových částí. V první části jsou posuzovány hrozby, v druhé části se provádělo ošetření rizik prostřednictvím implementace získaných analytických výstupů do dokumentů zásadních pro zajišťování bezpečnosti České republiky.

Předmětem analýz bylo tedy nejprve identifikovat typy hrozeb v daném území. Celkem bylo identifikováno 72 typů hrozeb, z toho 54 % tvořily antropogenní hrozby a 46 % naturogenní hrozby. Na tyto hrozby byla následně provedena analýza rizik. Následným krokem bylo hodnocení a identifikování prioritních hrozeb, kterým je nutné věnovat pozornost. Pro toto hodnocení byly členy pracovní skupiny hasičského záchranného sboru České republiky stanoveny hodnoty úrovně hrozeb, podle kterých byly rozlišeny tři základní kategorie hrozeb, kterými jsou rizika přijatelná, podmíněně přijatelná a nepřijatelná. Po zpracování analýzy hrozeb bylo u 21 typů hrozeb zjištěno nízké riziko a tyto nebyly podrobeny dalšímu šetření. Z celkového počtu identifikovaných hrozeb bylo detailně analyzováno celkem 49 typů. Zbývající 2 typy hrozeb (narušení bezpečnosti informací kritické informační infrastruktury, narušení finančního a devizového hospodářství státu velkého rozsahu) byly bez předchozí analýzy označeny jako hrozby s vysokým stupněm rizika a ohodnoceny jako hrozby nepřijatelná. Důvodem je skutečnost, že podmínky stanovené právními předpisy předpokládají při vzniku těchto situací vyhlášení krizového stavu (Paulus et al., 2015; Paulus, 2017).

V tabulce 1 je zobrazeno 22 typů hrozeb s nepřijatelným rizikem, u kterých lze očekávat vyhlášení krizového stavu je potřeba dále řešit v rámci krizového plánování, pomocí vypracování typových plánů. Zpracovatelem jednotlivých typových plánů jsou dotčená ministerstva a jiné ústřední správní úřady.

Další etapou je provedení **Analýzy hrozeb pro úroveň krajů** a následným rozpracováním typových plánů v rámci krizových plánů jednotlivých krajů.

Tab. 1 Přehled hrozeb s nepřijatelným rizikem (Paulus et al., 2015)

Poř. č.	Kód hrozeb	Hrozby s nepřijatelným rizikem
1	N-A-01	přírozená povodeň
2	N-A-02	přívalová povodeň
3	N-A-03	vydatné srážky
4	N-A-13	extrémní dlouhodobé sucho
5	N-A-17	extrémní vítr
6	N-A-21	výskyt extrémně vysoké teploty
7	N-B-01	epidemie - hromadné nákazy osob
8	N-B-02	epizootie - hromadné nákazy zvířat
9	N-B-03	epifytie - hromadné nákazy polních kultur
10	A-T-04	únik nebezpečné chemické látky ze stacionárního zařízení
11	A-T-06	radiační havárie
12	A-T-17	narušení dodávek plynu velkého rozsahu
13	A-T-18	narušení dodávek elektrické energie velkého rozsahu
14	A-T-19	narušení dodávek ropy a ropných produktů velkého rozsahu
15	A-T-20	narušení dodávek pitné vody velkého rozsahu
16	A-T-21	narušení bezpečnosti informací kritické informační infrastruktury
17	A-T-22	narušení funkčnosti významných systémů elektronických komunikací
18	A-T-32	narušení dodávek potravin velkého rozsahu
19	A-T-33	zvláštní povodeň
20	A-S-02	migrační vlny velkého rozsahu
21	A-S-03	narušování zákonnosti velkého rozsahu
22	A-E-01	narušení finančního a devizového hospodářství státu velkého rozsahu

Zpracovaná analýza hrozeb České republiky a následně zpracované analýzy hrozeb jednotlivých krajů v zásadě určují hrozby s nepřijatelným rizikem. Pro tyto hrozby budou nastavena kritéria, která pomohou k posuzování a následnému vymezení hrozeb řešitelných v rámci územního plánování.

### **Nastavení kritérií**

Jednotlivá kritéria budou posuzovat hrozby v určitém území daného územního celku. Mezi tyto kritéria tedy můžeme zařadit:

- Trvalá identifikace hrozby v území, tj. hrozby, u kterých lze identifikovat nebo předvídat konkrétní místo či oblast výskytu. Zde lze uvést příklad, kdy vydatné srážky se mohou v rámci hodnoceného území (např. kraj) vyskytovat

kdekoliv, zatímco únik nebezpečné chemické látky ze stacionárního zařízení může v rámci území vzniknout pouze na přesně vymezeném území.

- Řešení v rámci územního plánování pomocí preventivních opatření, tj. zda lze využít preventivní opatření pro jednotlivé hrozby vztahující se k oblasti územního plánování.
- Řešeno stávajícími předpisy, tj. potřeba určit, zda jsou tyto předpisy dostačující.
- Souvislost hrozby s opatřením ochrany obyvatelstva.

### ***Hrozby řešitelné v rámci územního řízení***

Na základě výše uvedeného hodnocení byly vyselektovány hrozby, které byly hodnoceny kladně ve výše zmíněných kritériích. Tyto hrozby jsou z pohledu ochrany obyvatelstva řešitelné v územním plánování. Přehled selektovaných hrozeb je uveden v tabulce 2. Po vymezení hrozeb je možné na tyto hrozby stanovit vhodné požadavky ochrany obyvatelstva, které lze využívat při řešení bezpečnostního plánování.

Tab. 2 Hrozby řešitelné v územním plánování

Č.	Kód hrozby	Vybrané hrozby
1	N-A-01	přirozená povodeň
2	N-A-02	přítalová povodeň
3	A-T-04	únik nebezpečné chemické látky ze stacionárního zařízení
4	A-T-06	radiační havárie
5	A-T-33	zvláštní povodeň

### **Závěr**

Z aktuální bezpečnostní situace vyplývají hrozby, které se stále mění a vyvíjí a je potřeba území připravovat na řešení mimořádných událostí a krizových situací. Tyto hrozby mohou být vyvolané jednak změnou klimatu, také novými materiály a technologiemi a dalšími vlivy.

Článek popisuje vazbu mezi hrozbami, ochranou obyvatelstva a územním plánováním. Cílem příspěvku bylo předběžně vymezení hrozeb z pohledu ochrany obyvatelstva využitelných v územním plánování. Proto je v úvodu článku popsáno územní plánování a jednotlivé dokumenty vztahující se k územnímu plánování. Dále byla pro splnění tohoto cíle využita analýza hrozeb České republiky a analýza hrozeb krajů, ze které byly využity hrozby s nepřijatelným rizikem. Na tyto hrozby byla stanovena kritéria, která pomohou jednotlivým osobám ke stanovení hrozeb potřebných

k řešení v rámci územního plánování s vazbou na ochranu obyvatelstva. Na tyto vybrané hrozby je potřeba stanovit požadavky ochrany obyvatelstva.

### **Poděkování**

Článek vzniká za podpory projektu Ministerstva vnitra České republiky s číslem VH20182020042 Ochrana obyvatelstva v územním plánování a při stanovení technických podmínek pro navrhování staveb a projektu Vysoké školy báňské - Technické university Ostrava, Fakulty bezpečnostního inženýrství s číslem SGS2019/106 Mechanismus pro sjednocení přístupu k tvorbě bezpečnostních plánů.

### **Reference**

- ČSN EN 31010, 2010. Management rizik - Techniky posuzování rizik. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- ČSN ISO 31000, 2018. Management rizik - Směrnice. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- Jaroš, L., Krömer, A., Maléřová, L., Pokorný, J., 2017. Posuzování rizik v území. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, 1. vyd. 159 s. ISBN 978-80-7385-189-7.
- MV, 2013. Koncepce ochrany obyvatelstva: do roku 2020 s výhledem do roku 2030: schválená usnesením vlády č. 805 ze dne 23. října 2013. Praha: MV - generální ředitelství HZS ČR, p. 112 s.
- Paulus, F., 2017. Management rizik v procesu zajišťování bezpečnosti České republiky [online]. [cit. 2019-05-25]. ISSN: 1211-555X. Dostupné z: <https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/66934/SP.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Paulus, F., Krömer, A., Petr, J., Černý, J., 2015. Analýza hrozeb pro Českou republiku - Závěrečná zpráva. Praha.
- Vyhláška č. 380/2002 Sb. k přípravě a provádění úkolů ochrany obyvatelstva.
- Vyhláška č. 500/2006 Sb., o územně analytických podkladech, územně plánovací dokumentaci a o způsobu evidence územně plánovací činnosti, ve znění pozdějších.
- Zákon č. 110/1998 Sb., o bezpečnosti České republiky, ve znění pozdějších předpisů.
- Zákon č. 183/2006 Sb., zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů.

# MODELOVÁNÍ NEŽÁDOUCÍCH UDÁLOSTÍ OVLIVŇUJÍCÍCH FUNKCI PRVKŮ KRITICKÉ INFRASTRUKTURY

Ing. Vendula ONDERKOVÁ<sup>1</sup>, doc. Ing. David ŘEHÁK, Ph.D.<sup>1</sup>

**Abstrakt:** Na prvky kritické infrastruktury neustále působí různé nežádoucí události, na něž je třeba včas reagovat adekvátními bezpečnostními opatřeními. Východiskem definování těchto opatření je dobrá znalost očekávané hrozby, zejména pak jejího průběhu. Z tohoto pohledu je vhodným řešením modelování nežádoucích událostí se zaměřením na vývoj jejich intenzity v čase. Na základě toho je příspěvek zaměřen na prezentaci návrhu postupu pro modelování nežádoucích událostí. V rámci úvodní části je definována typologie nežádoucích událostí. Následně je provedena analýza stávajících přístupů vhodných k modelování nežádoucích událostí. Pozornost je rovněž věnována proměnným, které tyto nežádoucí události determinují. Na základě analýzy jsou následně definovány faktory determinující nežádoucí událost a je formulován návrh postupu pro modelování nežádoucích událostí.

**Klíčová slova:** kritická infrastruktura, nežádoucí událost, dynamické modelování, přístupy

## Úvod

Na systém kritické infrastruktury neustále působí řada hrozeb, které svým negativním působením mohou narušit funkci systému, subsystému nebo i jednotlivých prvků, popř. zapříčinit výpadek nebo narušení jejich funkce. Toto narušení pak může zapříčinit dopady mající vliv na bezpečnost státu, zabezpečení základních životních potřeb obyvatelstva, zdraví osob nebo ekonomiku státu (Zákon 240, 2000).

Vzhledem k této skutečnosti je snaha provozovatelů zabezpečit bezproblémový chod jednotlivých prvků kritické infrastruktury. Z tohoto důvodu je nutné hodnotit průběh nežádoucí události dynamickým způsobem (např. Buor, 2015; Ducard, 2017), který reflektuje vývoj nežádoucí události v čase a její dopady na prvky kritické infrastruktury. Dynamické modelování umožní provozovatelům lépe se připravit na dané nežádoucí události a umožní předpovídat jejich možný průběh.

Na základě výše uvedeného je cílem příspěvku navrhnout postup a podmínky utvářející dynamické modelování nežádoucích událostí negativně působících na vybraný prvek kritické infrastruktury.

## 1. Definování typologie nežádoucích událostí

K pochopení dané problematiky je nejdříve nutné definovat základní pojmy, které umožní lepší orientaci v následujícím textu.

**Typologie** představuje vědeckou metodu, založenou na utřídění systému předmětů a jejich seskupení prostřednictvím zobecněného modelu. (Typologie, 2018)

**Krizová situace** je mimořádná událost, narušení kritické infrastruktury nebo jiné nebezpečí, při kterých je vyhlášen jeden z krizových stavů. Dle závažnosti jsou dané stavy rozděleny na stav nebezpečí, nouzový stav, stav ohrožení státu (Zákon 240, 2000). Válečný stav je legislativou definován zvlášť. (Zákon 1, 1993)

**Nežádoucí událost** definují Řehák a kolektiv (2018a) jako škodlivé působení sil a jevů, jež jsou zapříčiněny činností člověka, přírodními vlivy a také havárií, ohrožující prvek kritické infrastruktury. Rozdíl mezi mimořádnou událostí a nežádoucí událostí spočívá v tom, že nežádoucí událost nevyžaduje provedení záchranných a likvidačních prací, jak uvádí zákon č. 239 (2000) u mimořádné události. (Řehák et al., 2018a)

<sup>1</sup> VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství  
Lumírova 13, 700 30 Ostrava - Výškovice  
vendula.underkova@vsb.cz, david.rehak@vsb.cz

**Hrozbou** je označován pojem, který je využívám v oblasti řízení rizik, a který se často zaměřuje za pojem nebezpečí. Tímto termínem se označuje zdroj nežádoucí události, sil, osob nebo aktivity, jenž má za cíl znehodnotit určitou hodnotu, respektive aktivum. Hrozba má vlastnost negativního vlivu na bezpečnost, případně může zapříčinit škodu, ztrátu, nežádoucí změnu nebo jiný negativní jev. Dopad hrozby zneužívá zranitelnosti a zapříčiní škody (rizika), které lze vyčíslit formou ztráty, a to jako prostřednictvím nákladů na znovuobnovení aktiv, tak jako náklady na odstranění následků daných škod. (Hrozba (Threat), 2016)

Členění nežádoucích událostí lze provádět na základě řady faktorů. Nejznámější dělení těchto událostí je založeno na příčině vzniku (příroda, vliv člověka), kdy jsou nežádoucí události členěny do dvou základních kategorií, kterými jsou přírodní a antropogenní události. Vzhledem k tomu, že mezi těmito kategoriemi existuje určitá provázanost, lze je někdy dělit ještě na kombinované neboli smíšené nežádoucí události.

Ve vztahu k prvkům kritické infrastruktury lze klasifikaci nežádoucích událostí upravit a tím ji zúžit na základě znalostí konkrétních hrozeb, které mají potenciál způsobit nežádoucí událost, jedná se tedy o naturogenní, technogenní a antropogenní hrozby. Charakteristiku jednotlivých nežádoucích událostí prezentuje následující text.

Do skupiny nežádoucích událostí zapříčiněných působením hrozeb naturogenního charakteru spadají hrozby geologické a meteorologické. Geologické hrozby mohou zapříčinit nežádoucí události, jako jsou zemětřesení, sesuvy půdy a svahové pohyby, nebo také sopečnou činnost. Jedná se tedy o hrozby související s negativními jevy v geosféře. Oproti tomu meteorologické hrozby, které představují dlouhodobé srážky, povodně a záplavy, větrné jevy, nebo také atmosférické výboje. Tyto hrozby jsou spjaté s jevy vznikajícími v atmosféře. (Řehák et al., 2018a)

Nežádoucí události, které vznikly v návaznosti na působení hrozeb technogenního charakteru, tj. vztahují se k procesu nebo látce vytvořené prostřednictvím lidských technologií prezentují skupinu hrozeb procesně-technologického a kaskádního charakteru. Procesně-technologickými hrozbami se rozumí zejména technologické havárie zainteresovaných prvků, jako jsou radiační havárie, úniky nebezpečných látek a podobně. Dalšími hrozbami jsou ty, které plynou z kaskádních efektů, tedy kaskádní hrozby. Příkladem mohou být hrozby, jejichž vznik se díky závislosti odvíjí od vzniku jiné hrozby například vztah narušení dodávek elektřiny ve vztahu k informačním a komunikačním technologiím. (Řehák et al., 2018a)

Poslední skupinu nežádoucích událostí zapříčiněných působením hrozeb antropogenního charakteru, tedy události, které jsou výhradně spojené s činností člověka, tvoří hrozby kybernetické, personální a fyzické. Hrozby spojené s úmyslným narušením informačních a komunikačních systémů prvků kritické infrastruktury představují kybernetické hrozby. Mezi tyto hrozby může spadat například kybernetická špionáž, hackerství či DDoS útoky (Distributed, Denial of Service). Další podskupinu tvoří fyzické hrozby, které vycházejí z úmyslného jednání člověka z vnějšího prostředí, tedy nejruznější kriminální činnosti nebo terorismus. Opomenout nelze personální hrozby, které jsou založeny taktéž na jednání člověka, tedy zaměstnance. Do této podskupiny spadá například nedostatečně kvalifikovaný personál či sabotáž. (Řehák et al., 2018a), (MV, 2001)

## **2. Analýza přístupů a proměnných k modelování působení nežádoucích událostí**

Pro modelování nežádoucích událostí existují různé nástroje, ať už se jedná o aplikaci metod či softwarové nástroje. Nejčastěji se pro zhodnocení nežádoucích událostí využívá aplikace kvalitativních a kvantitativních metod či jiných analytických metod. Hodnocení úrovně nebezpečnosti nežádoucích událostí lze v současné době realizovat řadou specifických metod, jako např. Analýza stromem událostí - ETA (IEC 2010) nebo Analýzou stromu poruchových stavů - FTA (IEC 2006). Se zajímavými přístupy přicházejí i jiní autoři prostřednictvím aplikace metod k modelování.

V článku (Cavallini et al., 2014) autoři popisují přístup, který vychází ze studie projektu CRISADMIN. Tento projekt zkoumal dopady způsobené kritickými událostmi na životní prostředí, ve kterém jsou vzájemné závislosti mezi určitými sektory kritické infrastruktury modelovány za pomoci přístupu modelování dynamických systémů a simulovány v syntetickém prostředí. Projekt byl rovněž zaměřen na vývoj nástroje, který by umožnil zhodnotit dopady kritických událostí na kritickou infrastrukturu. Pro tyto účely byl autory zformulován postup sestávající se ze tří kroků: definování teoretického modelu, vývoj modelu systémové dynamiky a sběr dat. Projekt CRISADMIN využívá systémové dynamiky k předpovědi vývoje modelovaných komponent (tj. charakteristika území, načasování kritické události, environmentální faktory, typy zúčastněných subjektů a sociální chování) od výskytu kritické události až do realizace následných dopadů.

V práci (Baroud a Barker, 2014) autoři popisují modelování založené na metodě Bayesovského jádra jako vhodný přístup pro predikci rizik. Zdůvodňují to tím, že ve spoustě situací je pravděpodobnost vzniku mimořádné události definována průměrnou hodnotou, se kterou se daná mimořádná událost vyskytuje. Často je pak tato hodnota charakteristickou funkcí pro danou mimořádnou událost. Pro integraci dopadů jak jednotlivých charakteristik, tak všech předchozích informací o selhání je navržen model Bayesovského jádra jako přístup k přesnějšímu odhadu výskytu události. Konkrétněji byla vyvinuta rozšířená verze této metody, model Poisson Bayesovského jádra pro pojetí množství dat a odhad počtu výskytu. Model Poisson Bayesovského jádra je zde představen jako nový přístup k predikci pravděpodobnosti výskytu mimořádné události.

Článek (Ouyang, 2014) popisuje aspekty přístupů modelování a simulace dynamických systémů. Přístupy simulačního modelování založené na systémové dynamice využívají metodu „top-down“ pro správu a analýzu komplexních adaptivních systémů zahrnujících vzájemnou závislost. Zpětná vazba, zásoba a tok jsou základními pojmy v tomto typu přístupů. Smyčky zpětných vazeb naznačují spojení a směr účinků mezi součástmi systémů kritické infrastruktury. Zásoby představují množství nebo stavy systému, jejichž úrovně jsou v průběhu času řízeny průtoky mezi zásobami.

Matematické modelování dynamických systémů nalezne uplatnění v mnoha vědeckých oborech. Řadíme mezi ně obory přírodních, technických, ekonomických a sociálních věd. Použití matematického modelu s sebou nese určité výhody. Dle skript (Ústav matematiky) umožňuje aplikace matematického modelu například lépe popsat chování systému, nebo sledovat pozvolna probíhající procesy v delším časovém horizontu. Mezi další výhody patří možnost výpočtu různých variant řešení nebo také lepší schopnost odhalit chybné poznání reality než v případě experimentu.

Nejefektivnější bude aplikace matematické metody integrálního počtu, která přináší nový pohled na danou problematiku.

Zpracování hodnocené nežádoucí události pomocí dostupných metod je náročné jak z hlediska času, tak z pohledu znalostí hodnotitele a proveditelnosti. Mnohdy je potřeba využít softwarové řešení a z tohoto důvodu je mým cílem se zaměřit na návrh jednoduchého, a především obecně využitelného přístupu.

Pojem nežádoucí událost byl vysvětlen v předchozím textu na základě rozšíření definice mimořádné události ze zákona č. 239 (2000)

a následným doplněním o dovětek, že nežádoucí událost na rozdíl od mimořádné události nevyžaduje provedení záchranných a likvidačních prací (Řehák et al., 2018a). Následující text je zaměřen na zkoumání nežádoucí události z pohledu jejich jednotlivých rysů a charakteristik, dále jen proměnných, které ji utvářejí.

Ne všichni autoři v současné době pracují s pojmem nežádoucí událost, z tohoto důvodu jsou níže uvedeny proměnné determinující jak mimořádnou, tak i nebezpečnou událost nebo také katastrofu.

V současné době existují nejrůznější přístupy, které se zabývají vývojem pohrom či katastrof v čase, konkrétně jejich členění do jednotlivých částí neboli fází. Nejčastěji se uvádí fáze, jako jsou prevence, připravenost, odezva a zotavení, které prezentuje např. (Four Phases of Disaster Management, 2012). V rámci oblasti havarijní připravenosti se využívá členění do pěti částí, kterými jsou prevence, připravenost, odezva, obnova a zmírnění (BCOEM, 2011).

Oproti tomu vztah intenzity a času, který je pro potřebu výpočtu důležitý, vychází z nejrůznějších zdrojů. Důvodem je, že rozfázování nežádoucích událostí je realizováno zejména v oblastech sociologie a ekonomiky. Pohled na vývoj nežádoucí události v čase a současně ve vztahu k intenzitě, nabízí například detailnější rozpracování autorů zabývajících se oblastí sociologie, konkrétně konfliktů (Bartoli et al., 2011). Zde autoři, prezentují cyklus konfliktu prostřednictvím fází eskalace a deeskalace, kdy křivka skrytého konfliktu v rámci času nabírá na intenzitě skrz postupný vývoj a eskalaci konfliktu až do tzv. mrtvého bodu, který odpovídá maximální dosažené hodnotě intenzity a následně dochází k deeskalaci a řešení sporů s následným uklidněním.

Dále například (Jeong, 2008) řeší problematiku mezinárodních vztahů. Ve své knize autor poskytuje poznatky orientované na analýzu současných konfliktních jevů, např. mezi skupinami, nebo také mezinárodní terorismus či mezistátních sporů). Tímto způsobem identifikuje hlavní teorie potřebné pro plné pochopení konfliktních situací v reálném světě a jejich zdrojů a dynamiku. Autor věnuje taktéž pozornost procesu vzniku konfliktů, eskalaci, deeskalaci a vyrovnání se. Model vývoje konfliktu je opět založený na dvou osách (úroveň intenzity a čas). Samotná křivka prochází pěti fázemi, kterými jsou iniciace, eskalace, vrcholová fáze v podobě tzv. polapení a následná deeskalace a zakončení.

Autoři (Colvin a Sugai, 1989) se zabývají sociologií, konkrétně se zaměřením na chování dětí, právě v rámci tohoto výzkumu stanovují

sedm oblastí. Těmito oblastmi jsou klid, spouštěč, rozčilení, urychlení, vrchol, deescalace a zotavení.

Autoři (Grinin et al., 2010) prezentují ve své práci schéma vzniku krize v rámci cyklu ekonomického rozvoje. Schéma je založeno na sedmi bodech, které znázorňují výchozí bod obnovy, nejvyšší bod obnovy předchozího cyklu, nejvyšší vzestupný bod předchozího cyklu, optimální vzestupný bod, nejvyšší vzestupný bod, optimální bod poklesu a nejnižší bod poklesu.

Například UNISDR nejčastěji využívá pojem nebezpečí nebo také nebezpečná událost, kdy ve svém dokumentu uvádí, že nebezpečí je charakterizováno jeho polohou, intenzitou nebo velikostí, frekvencí a pravděpodobností. (UNISDR, 2017)

Oproti tomu projekt Asian Urban Disaster Mitigation Program, který vznikl na základě spolupráce thajských univerzit (University of Ruhuna, Chiang Mai University a Gadjah Mada University), pracuje s pojmem nebezpečná událost. Tuto událost však autoři determinují prostřednictvím škod, a to na základě velikosti nebezpečí, frekvence nebezpečí a intenzity v bodě vzniku. (ADPC, 2004)

S pojmem nebezpečné události pracují také autoři (Lindell et al., 2006), kteří upozorňují na fakt, že každá vzniklá nebezpečná událost je jiná, avšak mají jisté společné charakteristiky. Ve své publikaci označili šest významných charakteristik. Jedná se o rychlost nástupu, dostupnost vnímavých podnětů (např. vítr, déšť nebo pohyb na zemi), intenzita, rozsah a trvání nárazu a pravděpodobnost výskytu. Rychlost nástupu a dostupnost vnímavých podnětů ovlivňuje předběžné varování obyvatelstva, a tedy jejich reakci na vzniklou událost.

Dále například Hewitt a Burton (1971) uvádějí různé faktory v závislosti na škodlivých geofyzikálních událostech, kterými jsou závažnost, rozsah, frekvence a další v podobě vzdušné plochy oblasti poškození, intenzity nárazu v bodě, doby nárazu v bodě, rychlosti nástupu události a její předvídatelnosti.

S pojmem mimořádné události pracují také (Mladjan a Cvetković, 2013). Tito autoři vymezují mimořádnou událost taktéž prostřednictvím intenzity a zasažené plochy. Intenzitu mimořádné události udávají počty obětí během mimořádné události, počty osob, u kterých došlo k narušení podmínek pro život a práci, dále rozsah hmotné škody a hranice zóny vzniku mimořádné události. Intenzitu celkově porovnávají v rámci zasažené plochy, kterou rozlišují na území obce, regionu, federace neboli celostátní a mezinárodní. Lze konstatovat, že autoři vymezují mimořádnou událost prostřednictvím počtu osob (mrtvých, zraněných, ovlivněných působením této události) a plochou dopadu.

Odlisný pohled na činitele mimořádné události nabízí studijní materiály (Križe a krizové jevy, 2011). V souvislosti s mimořádnou událostí jsou zde označovány za činitele: důsledek vzniku, příčina vzniku, čas vzniku, délka trvání, dobu vzniku, prostor vzniku, úroveň informovanosti o vzniku mimořádné události, intenzita a její samotné riziko vzniku.

Kahn (2016) označuje za hlavní rysy katastrofy nepředvídatelnost, neznámost, rychlost, naléhavost, nejistotu a ohrožení.

Halpern a Vermeulen (2017) pracují s termínem katastrofa, jež determinují prostřednictvím intenzity (tj. ve smyslu škod - počet zraněných a usmrcených osob), rozsahu (tj. zasažené plochy, avšak zohledňují zde také faktor informovanosti, příkladem může být vznik tornáda, kdy je obyvatelstvo předem informováno, že může dojít ke katastrofě, nebo naopak situace vznikla nečekaně např. požár budovy) a doby trvání.

Další přístup (Cardona et al., 2012) považuje za klíčové faktory katastrofy zranitelnost a expozici.

Z výše uvedeného lze konstatovat, že ačkoli autoři pracují s odlišnými pojmy, proměnné, které tyto pojmy determinují, jsou vesměs stejné. Jedná se o intenzitu, rozsah a délku trvání. Tyto proměnné byly pro potřebu příspěvku určeny jako stěžejní.

### **3. Definování faktorů determinujících nežádoucí události**

Nežádoucí událostí se rozumí škodlivé působení sil a jevů vyvolaných činností člověka, přírodními vlivy, a také havárie, které ohrožují prvek kritické infrastruktury (Rehak et al. 2018b). Míra negativních účinků působení nežádoucí události na prvek kritické infrastruktury je vyjadřována jako úroveň nebezpečnosti. Nebezpečnost je schopnost nežádoucí události působit narušení nebo selhání funkce prvku kritické infrastruktury. Na základě přístupů Jeong (2008) a Bartoli et al. (2011), lze v rámci hodnocení dynamické resilience prvků kritické infrastruktury determinovat zmíněnou nebezpečnost čtyřmi stěžejními faktory. Těmito faktory jsou eskalace, expozice, deescalace a intenzita nežádoucí události. Tento pohled na členění nežádoucích událostí vychází z přístupu k identifikaci společných typů závislostí (Bühne et al., 2003).

Eskalace představuje úvodní fázi působení nežádoucí události, která je determinována eskalační funkcí a dosaženou úrovní její intenzity v závěrečné části fáze. Expozice představuje časový úsek působení nežádoucí události limitovaný fázemi eskalace a deescalace. Tento úsek může být rozdělen do libovolného počtu dílčích úseků v závislosti na

změnách úrovně intenzity dané nežádoucí události. Toto tvrzení je založen na Bayesovské statistice, která pracuje s pravděpodobností v souvislosti s neznámými faktory z minulosti a odhadem odolnosti (Baroud and Barker, 2014). Deeskalace je závěrečnou fází působení nežádoucí události, která je determinována deeskalační funkcí a vychází úrovní její intenzity v počáteční části fáze.

Poslední proměnnou determinující úroveň nebezpečnosti nežádoucí události je její intenzita. Intenzita nežádoucí události je společným faktorem eskalace, expozice a deeskalace nežádoucí události. Tento faktor prezentuje míru škodlivosti nežádoucí události a schopnost působení negativních dopadů na prvek kritické infrastruktury. Úroveň intenzity je v průběhu působení nežádoucí události značně proměnlivá.

#### 4. Návrh postupu modelování nežádoucí události

Na základě analýzy a definování faktorů determinujících nebezpečnost nežádoucí události je možné přistoupit k definování postupu dynamického modelování nežádoucí události. Tento postup zahrnuje tři vzájemně provázané kroky, které hodnotiteli poskytují srozumitelný návod na hodnocení působení zvolené nežádoucí události v kontextu času. Výsledkem hodnocení je dynamicky se měnící úroveň nebezpečnosti nežádoucí události, ze které je možné odhadnout, zda vybraný prvek kritické infrastruktury odolá působení nežádoucí události nebo dojde k selhání jeho výkonu.

##### Krok 1: Výběr nežádoucí události

Nejprve je potřeba vybrat nežádoucí událost, pro kterou bude následně nadefinován scénář

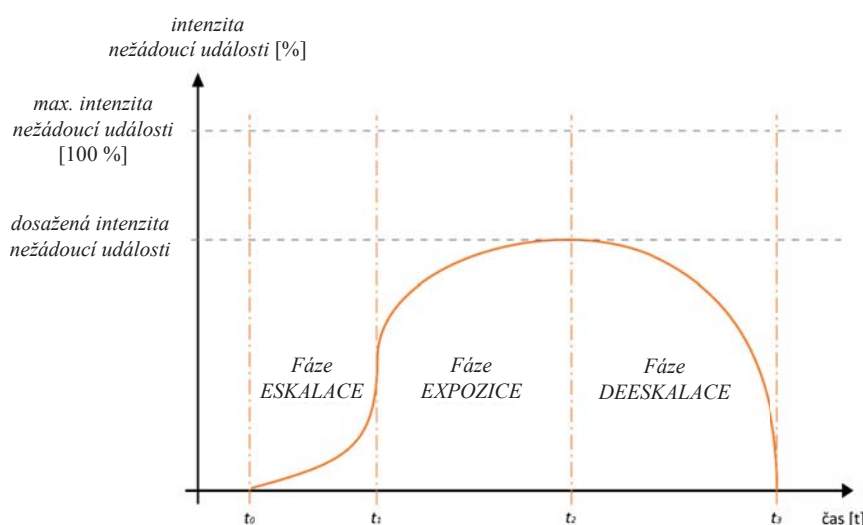
působení na vybraný prvek kritické infrastruktury. Nejdříve je vhodné vybranou nežádoucí událost kategorizovat a začlenit ji do některé z následujících skupin (Řehák et al., 2018a): geologické, meteorologické, procesně-technologické, kaskádní, personální, kybernetické či fyzické. Poté, co je vybrána nežádoucí událost, lze přistoupit k nadefinování scénáře očekávané nežádoucí události.

##### Krok 2: Definování scénáře očekávané nežádoucí události

Další krok spočívá v nadefinování scénáře průběhu nežádoucí události s vývojem v čase, který je nezbytným východiskem pro samotné dynamické modelování. Průběh nežádoucí události je klasifikován do tří stěžejních fází, kterými jsou eskalace, expozice a deeskalace. V první fázi je definován průběh eskalační funkce (viz obr. 2) a její intenzita v čase  $t_1$ . Následuje fáze expozice, kde musí hodnotitel stanovit průběh nežádoucí události až do okamžiku její deeskalace. Ve fázi expozice může intenzita nežádoucí události stoupat, klesat či být konstantní. V případě že je intenzita v této fázi proměnlivá, lze časový interval určující dobu trvání fáze expozice rozdělit na více částí. V poslední fázi je definován průběh deeskalační funkce (viz obr. 3) a její intenzita v čase  $t_2$ . Vzhledem k tomu, že každá fáze trvá určitý časový interval, je nutné definovat také její dobu trvání.

##### Krok 3: Stanovení úrovně nebezpečnosti nežádoucí události

V návaznosti na definování scénáře očekávané nežádoucí události je možné přistoupit ke stanovení úrovně nebezpečnosti nežádoucí události. Modelový průběh nežádoucí události pro vytvoření obecného zápisu je prezentován na obrázku 1.



Obr. 1 Vztah faktorů determinujících úroveň nebezpečnosti nežádoucí události

Pro výpočet nebezpečnosti nežádoucí události je potřeba znát typ konkrétní funkce pro každou fázi a intenzitu nežádoucí události v jednotlivých časech (tj.  $t_0$  až  $t_3$ ). Následně je možné prostřednictvím integrálního počtu stanovit úroveň nebezpečnosti nežádoucí události. Z důvodu snazší interpretace je v následujícím textu vysvětlen postup výpočtu nebezpečnosti nežádoucí události v závislosti na typu funkce.

### Výpočet nebezpečnosti nežádoucí události v závislosti na typu funkce

Pro matematický zápis výpočtu celkové intenzity nežádoucí události se bude využívat označení  $N(t)$ . Obecně platí, že jsou-li známy spojité funkce  $f(t)$ , které determinují jednotlivé fáze průběhu nežádoucí události (tj. eskalaci, expozici, deeskalaci) v čase  $t$ , kde  $t \in \langle t_0; t_n \rangle$ , je možné za použití určitého integrálu vypočítat celkovou intenzitu nebezpečnosti za daný časový interval (viz vzorec 1).

$$N(t) = \int_{t_0}^{t_n} f(t) dt \quad (1)$$

Tento interval lze rozdělit do několika dílčích a vypočítat tak úroveň nebezpečnosti jednotlivých

fází prostřednictvím součtu dílčích integrálů, které v obecném zápisu vypadají následovně (viz vzorec 2):

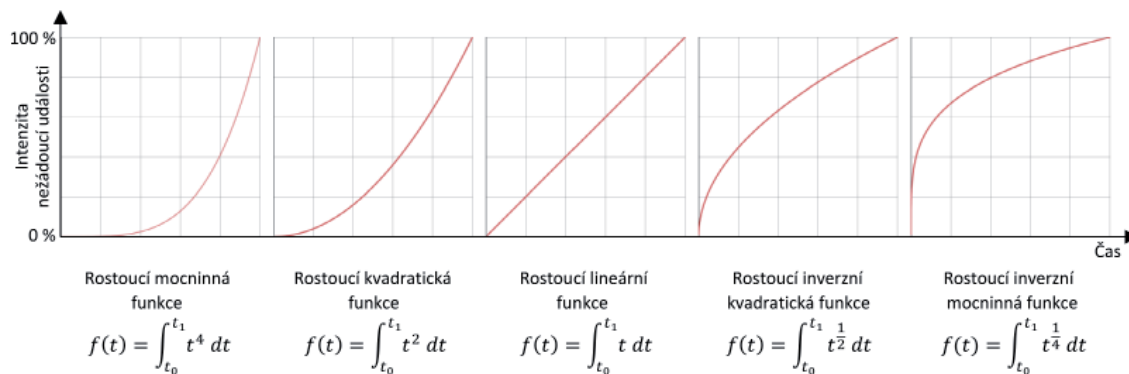
$$N(t) = \int_{t_0}^{t_1} f(t) dt + \int_{t_1}^{t_2} f(t) dt + \int_{t_2}^{t_3} f(t) dt \quad (2)$$

První část vzorce reprezentuje fázi **eskalace**, pro kterou lze využít jako měřitelnou položku konkrétní funkci v závislosti na vývoji nežádoucí události v časovém intervalu  $\langle t_0; t_1 \rangle$ .

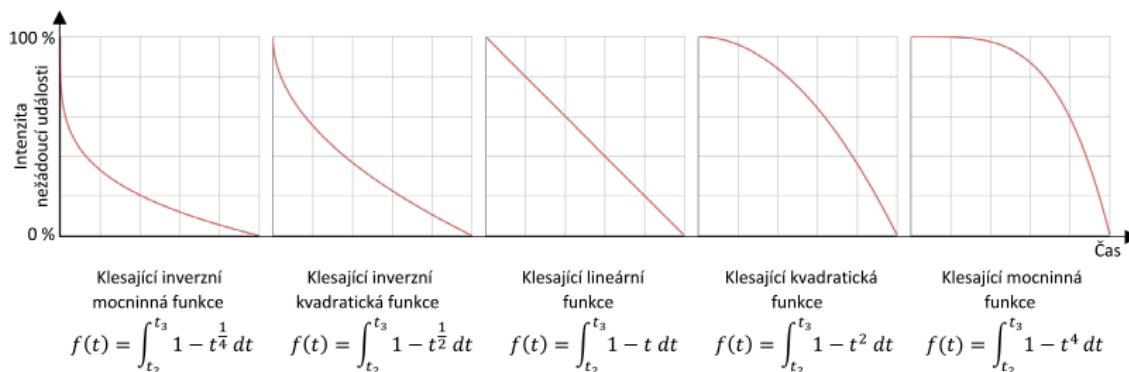
Konkrétní typy funkcí spolu s jejich zápisem jsou uvedeny na obr. 2.

Druhá část vzorce slouží pro výpočet **expozice** nežádoucí události v časovém intervalu  $\langle t_1; t_2 \rangle$ .

V této fázi lze předpokládat konstantní vývoj funkce vzhledem k určitému nastavení zabezpečení daného prvku kritické infrastruktury, které při největším působení nežádoucí události zůstává v daném čase neměnné. Průběh funkce v této fázi může mít ale i jiný vývoj a z tohoto důvodu je potřeba zachovat obecný předpis funkce. V případě, že v této fázi nebude mít funkce konstantní charakter, bude mít v závislosti na typu nežádoucí události různý průběh a k tomuto výpočtu lze využít graf a předpis funkce z fáze eskalace (viz obr. 2) nebo deeskalace (viz obr. 3). Průběh fáze expozice lze rozdělit na



Obr. 2 Předpis funkcí pro výpočet jednotlivých typů eskalace nežádoucí události



Obr. 3 Předpis funkcí pro výpočet jednotlivých typů deeskalace nežádoucí události



libovolný počet časových intervalů pro jednodušší výpočet úrovně nebezpečnosti nežádoucí události. Pro výpočet konstantní funkce bude vzorec vypadat následovně (viz vzorec 3):

$$f(t) = \int_1^{t_2} c dt = c \int_1^{t_2} 1 dt \quad (3)$$

Poslední dílčí část vzorce pro výpočet celkové intenzity nežádoucí události představuje fázi **deeskalace** nežádoucí události v časovém intervalu  $\langle t_2; t_3 \rangle$ .

Průběh funkce v této fázi je závislý na typu nežádoucí události a lze jej vypočítat na základě měřitelných položek determinujících danou funkci, které jsou zobrazeny na obr. 3.

U výše definovaného vztahu pro výpočet nebezpečnosti nežádoucí události v závislosti na typu funkce se předpokládá 100 % působení nežádoucí události na vybraný prvek kritické infrastruktury. Výpočet úrovně nebezpečnosti nežádoucí události může být dále ještě rozšířený, a to ve smyslu zohlednění proměnlivé intenzity nežádoucí události, která může být v jednotlivých fázích proměnná.

## Závěr

Dynamické modelování nežádoucích událostí představuje významný posun v oblasti ochrany prvků kritické infrastruktury. Přínosem dynamického modelování nežádoucích událostí je totiž možnost prediktivního zhodnocení průběhu působení nežádoucí události podle předpokládaného scénáře. Na základě výsledků stanovení nebezpečnosti nežádoucí události je možné identifikovat slabá místa a přijmout adekvátní bezpečnostní opatření pro konkrétní prvek kritické infrastruktury vůči dané nežádoucí události.

## Vazba na projekt

Tento článek byl zpracován v rámci projektu SP2019/66 „Výzkum indikátorů vzniku nežádoucích událostí narušujících funkční parametry prvků elektroenergetické infrastruktury“, který financovala Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. Příspěvek byl taktéž podpořen z rozpočtu Moravskoslezského kraje v rámci programu „Podpora vědy a výzkumu v Moravskoslezském kraji 2018“ (RRC/10/2018).

## Literatura

- ADPC. Capacity Building in Asia using Information Technology Applications (CASITA): Module 2 - Concepts of Hazards, Disasters and Hazard Mitigation [online]. 2004. [cit. 2018-10-30]. Dostupné z: <http://www.adpc.net/casita/course-materials/Mod-2-Hazards.pdf>
- Baroud, H., Barker, K. 2014. Bayesian Kernel Methods for Critical Infrastructure Resilience Modeling. In: Vulnerability, Uncertainty, and Risk. Reston, VA: American Society of Civil Engineers, 2014, pp. 687-694. ISBN 9780784413609. DOI: 10.1061/9780784413609.070.
- Bartoli, A., Nowak, A., Bui-Wrzosinska, L. 2011. Mental Models in the Visualization of Conflict Escalation and Entrapment: Biases and Alternatives. In IACM 24rd Annual International Association of Conflict Management Conference, Turkey. DOI: 10.2139/ssrn.1872605.
- BCOEM. 2011. The Five Phases of Emergency Management. Bexar country emergency management Texas. Dostupné z: <https://www.bexar.org/694/Five-Phases>
- Bühne, S., Halmans, G., Pohl, K. 2003. Modeling Dependencies between Variation Points in Use Case Diagrams. In Proceedings of 9th intl. Workshop on Requirements Engineering - Foundations for Software Quality (REFSQ'03), pp. 59-70.
- Buor, J. K. 2015. Applying System Dynamics Modelling To Building Resilient Logistics: A Case of the Humber Ports Complex. Thesis. Hull: Hull University Business School.
- Cardona, O. D., van Aalst, M. K., Birkmann, J., Fordham, M., McGregor, G., Perez, R., Pulwarty, R. S., Schipper, E. L. F., Sinh, B. T. 2012. Determinants of risk: exposure and vulnerability. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. Cambridge: Cambridge University Press. pp. 65 - 108.
- Cavallini, S., d'Alessandro, C., Volpe, M., Armenia, S., Carlini, C., Brein, E., Assogna, P. 2014. A System Dynamics Framework for Modeling Critical Infrastructure Resilience. In: International Conference on Critical Infrastructure Protection (ICCIP), Mar 2014, Arlington, United States. pp. 141-154. DOI: 10.1007/978-3-662-45355-1\_10.

- Colvin, G., Sugai, G. Stages of Behavior Escalation. 1989. In Student engagement project. Lincoln, Nebraska: University of Nebraska.
- Ducard, G. 2017. Modeling and Analysis of Dynamic Systems [online]. Zurich: Institute for Dynamic Systems and Control. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: [https://www.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/mavt/dynamic-systems-n-control/idsc-dam/Lectures/System-Modeling/Slides\\_HS17/SysMod2017\\_Lect1.pdf](https://www.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/mavt/dynamic-systems-n-control/idsc-dam/Lectures/System-Modeling/Slides_HS17/SysMod2017_Lect1.pdf)
- Four Phases of Disaster Management [online]. Disastermedicine.wordpress.com, 2012 [cit. 2018-11-20]. Dostupné z: <https://disastermedicine.wordpress.com/four-phases-of-disaster-management/>
- Grinin, L., Korotayev, A., Malkov, S. 2010. A Mathematical Model of Juglar Cycles and the Current Global Crisis. In History & Mathematics: Processes and Models of Global Dynamics. Volgograd: Uchitel Publishing House. pp. 138 - 187.
- Halpern, J., Vermeulen, K. 2017. Disaster Characteristics: Self-Study Guide, to be read prior to attending the Fundamentals of Disaster Mental Health training.
- Hewitt, K., Burton I. 1971. The Hazardousness of a Place: A Regional Ecology of Damaging Events. Geographical Review, Vol. 63, No. 1. Toronto, Buffalo: University of Toronto Press., pp. 24 - 30.
- Hrozba(Threat)[online]. MANAGEMENTMANIA.COM, 2016 [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/hrozba-threat>
- IEC. 61025:2006. Fault Tree Analysis (FTA). Geneva, Switzerland: International Electrotechnical Commission.
- IEC. 62502:2010. Analysis techniques for dependability - Event tree analysis (ETA). Geneva, Switzerland: International Electrotechnical Commission.
- Jeong, H-W. 2008. Understanding Conflict and Conflict Analysis. Singapore: SAGE Publications.
- Kahn, S. A. Disasters: Levels, types and elements [online]. 2016. [cit. 2018-10-05]. Dostupné z: <https://www.linkedin.com/pulse/disasters-levelstypes-elements-sarfraz-ahmed-khan-cpa>
- Krize a krizové jevy [online]. 2011. Slezská univerzita v Opavě, Matematický ústav, 2018 [cit. 2018-10-30]. Dostupné z: <https://www.slu.cz/math/cz/knihovna/ucebni-texty/Krizovy-management/Krize-a-krizove-jevy.pdf/>
- Lindell, M. K., Prater, C. S., Perry, R. W. 2006. Fundamentals of Emergency Management. FEMA, In Academic Emergency Management and Related Courses (AEMRC) for the Higher Education Program. pp. 153-191r f02.
- Mladjan, D., Cvetković, V. 2013. Classification of emergency situations - Klasifikacija vanrednih situacija. In: International Scientific Conference - Archibald Reiss Days, Academy of criminalistic and police studies, Belgrade. pp. 275 - 291.
- MV. 2001. Rizika vzniku krizových situací v České republice a úkoly ústředních správních orgánů při jejich prevenci a represí. Praha: Ministerstvo vnitra - Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky. 18 s.
- Ouyang, M. 2014. Review on modeling and simulation of interdependent critical infrastructure systems. Reliability Engineering & System Safety. Vol. 121, pp. 43 - 60. ISSN 0951-8320. DOI: 10.1016/j.ress.2013.06.040.
- Řehák, D., Šenovský, P., Hromada, M., Pidhaniuk, L., Dvořák, Z., Loveček, T., Ristvej, J., Leitner, B., Sventeková, E., Maris, L. 2018a. Metodika hodnocení resilience prvků kritické infrastruktury. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2018. 90 s. ISBN 978-80-248-4164-9.
- Řehák, D., Šenovský, P., Slivková, S. 2018b. Resilience of Critical Infrastructure Elements and its Main Factors. Systems, Vol. 6, Iss. 2, no. 21. DOI: 10.3390/systems6020021.
- Typologie [online]. SCS.ABZ.CZ: Slovník cizích slov, 2018 [cit. 2018-05-04]. Dostupné z: <https://slovník-cizich-slov.abz.cz/web.php/slovo/typologie>.
- UNISDR. 2017. Terminology. United Nations office fo Disaster Risk Reduction. [cit. 2018-10-29]. Dostupné z: <https://www.unisdr.org/we/inform/terminology>
- Ústav matematiky. Modelování dynamických systémů [online]. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <https://old.vscht.cz/mat/SODR/ModelDS/ModelDS.html>
- Zákon č. 1 ze dne 16. prosince 1992, Ústava České republiky, v aktuálním znění.
- Zákon č. 239 ze dne 28. června 2000 o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, v aktuálním znění.
- Zákon č. 240 ze dne 28. června 2000, o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon), v aktuálním znění.

# VYUŽITÍ MATEMATICKÉHO MODELOVÁNÍ V OBLASTI HAVARIJNÍHO PLÁNOVÁNÍ

Ing. David PATRMAN<sup>1</sup>

**Abstrakt:** Příspěvek se zabývá otázkou propojení oborů havarijního plánování a matematického modelování při řešení havarijních situací v průmyslu. V první části jsou popsány rozdíly v požadavcích na potřebné informace obou zmiňovaných oborů při vzájemném propojení. Druhá část se zabývá návrhem postupu na využití matematického modelování při řešení mimořádných událostí s únikem nebezpečné látky vycházející z teoretických i praktických poznatků a také z výsledků dříve provedeného dotazníkového šetření. V závěru příspěvku jsou tyto návrhy prezentovány na modelové situaci.

**Klíčová slova:** havárie, havarijní plánování, Hasičský záchranný sbor České republiky, matematické modelování, mimořádná událost, nebezpečná látka

## Úvod

Termín havarijní plánování označuje soubor činností, postupů a vazeb uskutečňovanými ministerstvy a jinými správními úřady a dotčenými právníky nebo podnikajícími fyzickými osobami k plánování opatření k provádění záchranných a likvidačních prací při vzniku mimořádných událostí, a to vždy s použitím dosažitelných sil a prostředků, např. integrovaným záchranným systémem (dále jen IZS). Cílem havarijního plánování je zvýšení uvědomění si možných rizik, minimalizování jejich škodlivých účinků na osoby, materiální hodnoty a životní prostředí a vytvořit předpoklady pro obnovu postiženého území. (Smetana et al., 2012)

Výsledkem procesu havarijního plánování je havarijní plán. Vypracované účelové dokumenty se nazývají havarijní plán kraje, vnější havarijní plán a vnitřní havarijní plán. Součástí havarijních plánů kraje a vnějších havarijních plánů je postup provádění záchranných a likvidačních prací a dalších opatření při havárii a úniku nebezpečné látky do ovzduší v případě, že se na území vyskytuje objekt zařazený do skupiny B (Zákon 224, 2015).

Pro zpracování tohoto postupu mohou HZS krajů využít matematického modelování. Tímto modelováním je možné nasimulovat průběh šíření polutantu v ovzduší a zpřesnit tak predikci jeho vývoje za určitých podmínek. Pro efektivní využití matematického modelování v oblasti havarijního

plánování je potřeba jasně definovat podmínky spolupráce mezi obory havarijního plánování a matematického modelování. V současné době však neexistuje právní dokument upravující používání matematických modelů při tvorbě havarijních plánů. Na základě toho článek nabízí deskripci požadavků na potřebné informace obou zmiňovaných oborů při vzájemné spolupráci a také návrhy pro zefektivnění komunikace a spolupráce mezi oběma obory vycházející z teoretických i praktických poznatků a také z výsledků dotazníkového šetření.

## 1. Požadavky pro havarijní plánování

Zodpovědné osoby, které se zabývají havarijním plánováním (dále jen „havarijní plánovači“) využívají nástrojů matematického modelování zejména v případech úniku nebezpečných chemických látek. Nejčastěji se jedná o modelování úniku toxických látek, v menší míře se používá i pro látky hořlavé, výbušné, popřípadě oxidující. A to zejména ke stanovení zóny havarijního plánování u objektů zařazených do skupiny B (Zákon 224, 2015) a ke stanovení zóny ohrožení u ostatních objektů, u kterých je potřeba zónu stanovit, načež se posléze pro větší přehlednost vypracovávají havarijní karty. Obsahové náležitosti havarijní karty jsou uvedeny ve čl. 7 pokynu (GŘ HZS ČR, 2017). Pro havarijní plánovače jsou uvnitř těchto zón stěžejní následující informace.

<sup>1</sup> VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství  
Lumírova 13, 700 30 Ostrava - Výškovice  
david.patрман@vsb.cz

### 1.1. Celková zasažená oblast

Správně definovaná celková oblast zasažení nebezpečnou látkou je základní předpokladem pro následující postupy havarijního plánování. Postup stanovení zóny havarijního plánování je definován ve vyhlášce č. 226 (2015). Stanovování zón ohrožení pro havarijní karty nebylo před rokem 2017 nijak legislativně upraveno. V praxi se tak objevovaly případy, kdy stejné technologie např. strojovny chlazení zimních stadionů, se stejným množstvím amoniaku byly hodnoceny rozdílně a vypočtené zóny ohrožení se lišily napříč územím v řádech stovek až tisíce metrů (Patman, 2018). Od roku 2017 je stanovování zón ohrožení zakotveno v pokynu (GR HZS ČR, 2017), který zároveň krajským HZS nařizuje vypracovat havarijní karty HZS kraje podle sjednoceného postupu nejpozději do začátku roku 2019. Postup uváděný ve zmíněném pokynu je v souladu s vyhláškou (Vyhláška 226, 2015) a de facto také se systémem OPTIZON (Blažková a Miklós, 2014). Z výsledků dotazníkového šetření (Patman, 2018) vyplývá, že systém OPTIZON je pro stanovování zón havarijního plánování a zón ohrožení jednotlivými HZS krajů v současnosti hojně využíván.

Při vymezení zóny havarijního plánování se pracuje s dvěma typy hranic „vnější hranice“ a „výchozí hranice“. Výchozí hranice se vymezuje jako minimální oblast, ve které se v případě realizace typového scénáře uplatní opatření ochrany obyvatelstva ohroženého nebezpečnou látkou (tj. informování okolního obyvatelstva, možnosti evakuace významných objektů, uzávěry ohroženého prostoru atd.), přičemž postup výpočtu poloměru této hranice je uveden v příloze č. 1 k vyhlášce (Vyhláška 226, 2015). Vnější hranice se následně stanovuje z výchozí hranice jako výsledná hranice zóny havarijního plánování, a to úpravou podle urbanistických, terénních, demografických nebo klimatických poměrů, případně dalších faktorů hodných zřetele, s tím, že se přihlíží k možnosti domino efektu. Při úpravě se zohledňují postupně následující zásady (Vyhláška 226/2015): vnější hranice musí být stanovena tak, aby 1) zohlednila podmínky, které mohou ovlivnit rozptýlení nebezpečné látky, šíření tepla nebo tlakové vlny, a 2) nedělila jednotlivé domy ani obytné celky, nebo obydlená území dělila s ohledem na charakter a intenzitu ohrožení a plánovaná opatření ochrany obyvatelstva. Vnější hranice dále musí zohledňovat části hranic správních území, případně hranic pozemků, pokud nelze použít hranici správního území či hranici pozemku, vnější hranice respektuje přirozené hranice, jako jsou vodní toky, silnice, dálnice nebo železniční tratě.

V případě využití nástrojů matematického modelování coby pomocného nástroje pro stanovování zmíněných zón je ze strany HZS krajů během období mimo mimořádnou událost vyžadováno, co možná nejpřesnější definování hranic těchto zón. Během mimořádné události je vyžadováno alespoň přibližné vymezení hranic, přičemž je více kladen důraz na rychlost poskytnutí výsledků než na úplnou přesnost. V obou situacích je akceptace výsledků podmíněna dále uvedenými skutečnostmi.

### 1.2. Limitní koncentrace nebezpečné látky v ovzduší

Stanovené zóny by samy o sobě neměly vypovídající hodnotu, pokud by zároveň nebyly definovány limitní koncentrace nebezpečné látky v ovzduší uvnitř těchto zón. Na základě zmíněných koncentrací se určí limity akutní toxicity pro jednotlivé oblasti zón ve vazbě na realizaci opatření ochrany obyvatelstva a nezbytnosti sebezáchovy občanů. Ve využívání jednotlivých limitů akutní toxicity ovšem nepanuje všeobecná shoda, a to ať už mezinárodně nebo na úrovni ČR. Dle studie (Baudišová et al., 2009) jsou nejčastěji využívané limity akutní toxicity v ČR LC50, ERPG-1,2,3 a IDLH.

### 1.3. Doba úniku

Důležitou vstupní podmínkou pro případné modelování je dále definování času uplynulého od počátku úniku, neboť koncentrace nebezpečných látek a postupný vývoj toxického mraku se v rámci času dynamicky mění. Situace v době 1 minuty od počátku úniku se může významně lišit od situace např. v 10. či 30. minutě. Znalost vývoje situace je pro havarijní plánovače velmi potřebná, nicméně její přesné stanovení je velice obtížné, a to kvůli mnoha proměnným, které situaci ovlivňují (typ a množství uniklé látky, teplota ovzduší, směr a síla větru atd.).

Rozdílně bude situace také vypadat v situaci, kdy látka už nějakou dobu neuniká, tzn. v čase od zastavení unikání látky do ovzduší.

### 1.4. Meteorologické podmínky

Modelování vývoje situace po havárii a s ním spojené scénáře jsou velmi závislé na meteorologických podmínkách. Pro potřeby havarijního plánování je ale zcela nezbytné definovat pro jaké meteorologické podmínky byla daná situace modelována. Poskytnuté výsledky bez těchto informací tak budou relevantní pouze v omezeném množství případů.

Stěžejní informací je zejména směr a síla větru. Na tom je závislý pohyb a rozptyl toxického mraku. Dalším potřebným údajem je teplota ovzduší, která může například ovlivnit rychlost odpařování látky do ovzduší při úniku kapalné látky. Na teplotě ovzduší závisí také fakt, že v teplejším prostředí se některé látky rychleji zahřejí, zmenší svou hustotu a sníží tendenci klesat k zemi (Zavila et al., 2014).

## 2. Požadavky pro matematické modelování

Požadovaná vstupní data ze strany modelářů pro splnění potřeb havarijních plánovačů se mohou značně lišit od dat, kterými havarijní plánovači disponují. Plánovači by nicméně měli být s potřebnými daty předem seznámeni. Požadavky na vstupní data se budou také lišit v závislosti na zvoleném softwaru pro modelování. Pro správné výsledky modelování je potřeba znát předem zejména následující data.

### 2.1. Modelovaná oblast

Zejména u CFD nástrojů (Hu, 2012) je potřeba jasně stanovit oblast, ve které bude havarijní scénář modelován. Ta potom slouží jako výchozí bod při tvorbě výpočtové oblasti. V rámci modelované oblasti jsou důležité následující údaje. Rozloha oblasti, kterou je možno definovat např. pomocí GPS souřadnic. Uvnitř rozlohou stanovené oblasti se na základě poskytnutých geografických údajů zvolí typ této oblasti, a to např. otevřené prostranství, městská zástavba, případně vodní plocha. Při práci s CFD nástroji se následně vymodelují jednotlivé budovy, stavby, valy a jiné přírodní a umělé překážky. V neposlední řadě je potřeba stanovit výšku vzhledem k zemskému povrchu, ve které bude modelování probíhat.

V různých výškách se mohou vyskytovat rozdílné koncentrace nebezpečné látky a výsledné hodnoty se tak mohou velmi lišit.

### 2.2. Definování nebezpečné látky

Nejprve je potřeba identifikovat samotnou nebezpečnou látku, se kterou se v modelovaném scénáři počítá. Některé modelovací nástroje mají vlastní databázi látek, včetně jejich fyzikálně-chemických vlastností, které definují její chování v modelované situaci. V těchto případech k identifikaci postačí název látky nebo její chemický vzorec. Při modelování se pak látka buď vybere z přednastavené databáze anebo je potřeba informace o látce dodat a následně vložit do použitého softwaru „ručně“. Z vyžadovaných fyzikálně-chemických vlastností je možno zmínit např. skupenství, molární hmotnost, nebo bod varu.

### 2.3. Způsob skladování látky

Provozovatel objektu nakládajícího s nebezpečnou látkou by měl pro potřeby modelování poskytnout informace o způsobu jejího skladování. Tyto údaje pak mohou napomoci ve snaze přiblížit se během modelování co nejvíce realitě. Pro modeláře jsou užitečné zejména informace o tom, v jakém skupenství a za jakých teplot se látka skladuje. Dále také jaký je objem dané látky a pod jakým tlakem je skladována.

### 2.4. Meteorologické podmínky

Stejně jako pro havarijní plánovače jsou i pro modeláře meteorologická data stěžejním bodem, od kterého se odvíjí průběh modelovaného scénáře. Zatímco pro havarijní plánovače jsou dostačujícími informacemi síla a směr větru, případně teplota ovzduší, matematictí modeláři vyžadují podrobnější informace. Kromě již zmíněné síly a směru větru a teplotě ovzduší, které jsou pro modeláře rovněž klíčové, mohou dále modeláři vyžadovat data o lokálním atmosférickém tlaku, vlhkosti vzduchu nebo o třídě stability atmosféry. Popřípadě může být do modelování zahrnuta také inverzní situace. Věřodným poskytovatelem všech těchto dat je Český hydrometeorologický ústav (dále jen „ČHMÚ“). Ten dokáže ze svých stanic po celé České republice poskytnout ucelená a velmi přesná data týkající se počasí. Dále je také možné požádat o meteorologická data řízená letiště v okolí modelované havárie.

## 3. Návrh postupu na využití matematického modelování při řešení mimořádných událostí s únikem nebezpečné látky

Tato kapitola se zabývá myšlenkou, jak zefektivnit vzájemné propojení obou oborů v praxi. V závěru kapitoly je uvedeno navrhované řešení pro naplnění těchto cílů.

### 3.1. Zhodnocení současné situace

V současné době není žádným právním předpisem nařízeno využívání matematického modelování při řešení mimořádné události nebo v průběhu plánovacího procesu. Každý HZS kraje si tak situaci řeší „po svém“. Z toho také vyplývá rozdílná zkušenost havarijních plánovačů s matematickým modelováním (Patrman, 2018). S rozdílnou mírou zkušeností s matematickým modelováním se rovněž pojí rozdílná znalost modelovacích nástrojů.

Z nedostatečné znalosti modelovacích nástrojů a celého procesu modelování může pramenit skepse vůči přínosnosti matematického modelování a nastolení celkově odlišné filozofie pojetí havarijního plánování, která staví matematické modelování na okraj zájmu. Odlišnou filozofií je zde myšlena situace, kdy havarijní plánovač projeví zájem o spolupráci s matematickým modelářem, ale není zcela seznámen s procesem modelování. Tento proces, který v sobě zahrnuje také přípravu ve formě sběru potřebných dat, se havarijnímu plánovači pak jeví jako příliš zdouhavý a náročný, a proto raději situaci vyřeší pro něj méně složitým způsobem a bez využití matematického modelování.

Třetí plochy pak mohou mezi oběma obory nastat ve chvílích, kdy havarijní plánovači nejsou obeznámeni s potřebou dodání nezbytných dat pro modelování a jeho obsahem, případně v situacích, kdy obě strany používají odlišnou terminologii během komunikace, což následně způsobí nedorozumění a nepochopení požadavků druhou stranou. Tato situace může vyústit až v poskytnutí nesprávných vstupních či výstupních dat a v celkové nenaplnění spolupráce.

### 3.2. Předpoklady pro přínosnou spolupráci

Existují dva stěžejní předpoklady pro fungující spolupráci mezi havarijními plánovači a matematickými modeláři. Prvních z nich je motivace pro využívání matematického modelování. Je potřeba ukázat užitečnost modelování a přesvědčit tak havarijní plánovače o tom, že se vyplatí věnovat svůj čas a úsilí do pochopení jeho principů. Bez dostatečného prokázání užitečnosti se modelování může jevit jako zbytečný a komplikovaný nástroj, pro který není v rámci havarijního plánování místo. Užitečnost a potenciál matematického modelování se výrazně projeví zejména v situacích, kdy při větší havárii panují nestandardní podmínky, jejichž pravděpodobnost výskytu je velmi malá, a proto se s touto variantou scénáře během plánování nepočítá. Otestování situace v reálných podmínkách by díky nízkému výskytu daných podmínek bylo takřka nemožné. Matematické modelování je ovšem přínosné i v ostatních situacích. Druhým předpokladem je ochota obou zmiňovaných oborů hledat nové cesty a způsoby, jak řešit nastalé problémy. Obě strany by měly mít snahu pochopit danou situaci také z pohledu toho druhého a udržovat klidnou a přátelskou atmosféru. Cílem toho všeho by mělo být zefektivnění vzájemné spolupráce a celkové zkrácení času potřebného pro modelování.

### 3.3. Navrhované řešení

Pro zamezení vzniku třecích ploch mezi oběma obory při jejich propojení je navrhováno, aby vybraná osoba mající havarijní plánování ve své kompetenci (tj. příslušníci HZS kraje a zaměstnanci krajského úřadu) byla zároveň vyškolená na práci s matematickými modely.

Takto pověřené osoby (dále jen „odborníci“) by pak byly v určitých intervalech společně odborně školeny v jednotném školicím středisku. Školicím střediskem by se stala např. budova Fakulty bezpečnostního inženýrství Vysoké školy báňské - Technické univerzity v Ostravě. Odborníci by byli školeni ve znalosti a správném využívání vybraných modelovacích nástrojů, přičemž by jim byla rovněž prezentována užitečnost matematického modelování a výhody jeho využití v rámci havarijního plánování, a to včetně demonstrace těchto výhod na konkrétních případech. V rámci školení by byl kladen důraz také na znalost terminologického rámce a na znalost potřebných vstupních dat pro modelování, jejich sběr a porozumění jim. Odborníci by se během školení rovněž naučili správně vyhodnocovat výsledky modelování, dávat je do souvislostí s konkrétními podmínkami a implementovat je do procesu havarijního plánování.

V praxi by tito odborníci byli povinni využít nabytých znalostí během matematického modelování havarijních scénářů v okolí předem stanovených objektů nakládajících s nebezpečnými látkami. Pro vyškolené odborníky by tak nebylo problémem v rámci přípravy havarijních plánů vymodelovat množství scénářů pro různé podmínky a pokrýt tak co možná nejvíce možných scénářů. Odborníci by během výkonu služby dále byli k dispozici pro případy potřeby modelování v reálném času, přičemž by našli uplatnění zejména v situacích, jejichž průběh vzhledem k okolnostem nebylo možné předem modelovat (např. únik nebezpečné látky při havárii během převozu) nebo v situacích, kdy je vyžadována jejich součinnost během nastalé mimořádné události.

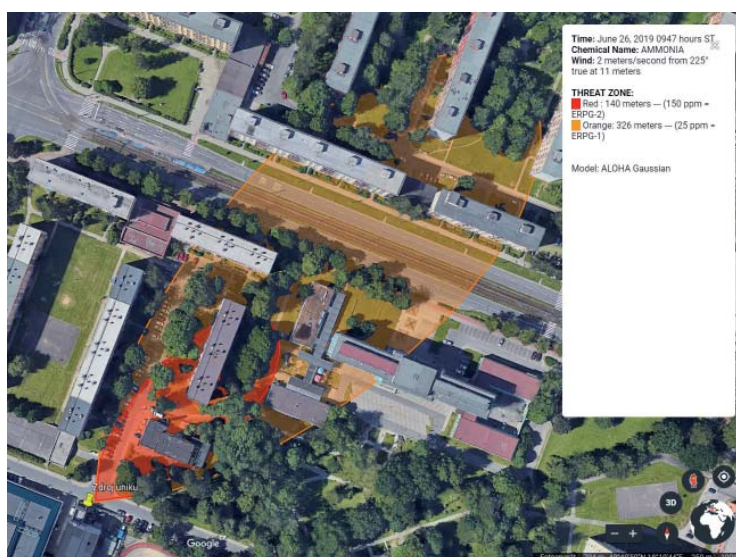
### 3.4. Modelová situace

Dne 4. 6. 2019 v 13:13 je na operačním středisku hlášen únik plynného amoniaku ze zimního stadionu nacházejícího se v městské zástavbě. Z elektronických mapových podkladů získává osoba pověřená matematickým modelováním informace o území, na kterém se zimní stadion nachází a identifikuje jeho přesnou polohu (viz obrázek 1). Na základě dostupných informací začíná daný únik modelovat. K modelování si z důvodu relativně rychle získaných výsledků vybírá volně dostupný

software ALOHA (EPA, 2017). Ze softwarové databáze vybírá uniklou látku - amoniak ( $\text{NH}_3$ ). Následně zadává informace o způsobu skladování látky poskytnuté provozovatelem zimního stadionu a aktuální meteorologická data. V zásobníku na stadionu se nachází 4 tuny kapalného amoniaku, celkový hmotností průtok směsi amoniaku a vzduchu byl stanoven na 1,583 kg/s, hmotností zlomek 0,37. Hmotnostní průtok je následně stanoven na 0,586 kg/s. a doba úniku 30 minut. Na základě poskytnutých meteorologických dat volí aktuálně převládající směr větru JZ ( $225^\circ$ ) - jedná se zároveň statisticky o nejčastější směr vanutí větru na tomto území, a dále teplotu ( $20^\circ\text{C}$ ) a vlhkost (30 %) ovzduší, třídu stability atmosféry (A) a sílu větru (2 m/s) odpovídají aktuální situaci a ročnímu období. Limity akutní toxicity zadává limity ERPG. Výsledné zóny si nechává zobrazit v mapovém prostředí (viz obrázek 2).



Obr. 1 Poloha zimního stadionu v městské zástavbě (Google, 2019)



Obr. 2 Zóna šíření toxického mraku (Google, 2019; EPA, 2017)

Ve vyobrazených zónách identifikuje objekty, u kterých existuje vysoká pravděpodobnost zasažení toxickým mrakem. U objektů nacházející se v červené zóně (ERPG-2) následně nařizuje evakuaci. Objekty nacházející se v oranžové zóně (ERPG-1) nebudou evakuovány, bude jim pouze doporučeno zavřít okna a dveře a vypnout cirkulaci vzduchu zvenčí.

## Závěr

Mezi požadavky oborů matematického modelování a havarijního plánování existují rozdíly v požadavcích na vstupní a výstupní data obou při řešení mimořádné události. U každého z těchto oborů byly stanoveny čtyři stěžejní požadavky, které byly následně odůvodněny. Pro obor havarijního plánování jsou klíčové požadavky na výstupní data ve formě definování celkové zasažené oblasti, limitních

koncentrací nebezpečné látky v ovzduší, doby úniku a meteorologických podmínek. V případě matematického modelování se jedná o požadavky na vstupní data v podobě definování modelované oblasti, nebezpečné látky, způsobu skladování látky a meteorologických podmínek. Shoda v rámci požadavků obou oborů panuje zejména v oblasti potřeby získu kvalitních meteorologických dat. Ostatní požadavky se určitým způsobem liší. Návrh postupu na využití matematického modelování při řešení mimořádných událostí s únikem nebezpečné látky poté spočívá v pověření vybraných osob, majících havarijní plánování ve své kompetenci, matematickým modelováním. Ty by ho následně používali v průběhu havarijního plánování a při přímém řešení mimořádných událostí s únikem nebezpečné látky.

## Reference

- Baudišová, B., Danihelka, P., Míček, D. 2009. Hodnocení limitů akutní toxicity pro účely analýzy rizik v České republice [online]. BOZP info [cit. 2019-06-20]. Dostupné z: <http://www.bozpinfo.cz/hodnoceni-limitu-akutni-toxicity-pro-ucely-analyzy-rizik-v-ceske-republice>
- Blažková, K., Miklós, D. 2014. Prevence závažných havárií a ochrana obyvatelstva u HZS ČR. In TVIP, Hustopeče, 2014.
- Dlabka, J. Hodnocení dopadů závažných havárií s ohledem na havarijní plánování: disertační práce. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, 2015. 174 s.
- Dlabka, J., Baudišová, B. 2013. Nejistoty a neurčitosti při aplikaci probitových funkcí v oblasti prevence závažných havárií: část I. Journal of Safety Research and Applications, roč. 5, č. 3 - 4.
- EPA. 2017. ALOHA Software [online]. United States Environmental Protection Agency [cit. 2019-06-24]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/comeo/aloha-software>
- Google. 2019. Google Earth [online]. Google [cit. 2019-06-24]. Dostupné z: <https://www.google.cz/intl/cs/earth/>
- GŘ HZS ČR. 2017. Pokyn generálního ředitele Hasičského záchranného sboru České republiky ze dne 14. září 2017, kterým se stanoví minimální požadavky na posuzování rizika vzniku závažné havárie a zpracování dokumentace pro stanovenou zónu ohrožení u objektu s podlimitním množstvím nebezpečné látky. In: Sběrka interních aktů řízení generálního ředitele HZS ČR, částka 35. 14. 9. 2017.
- Hu, H.H. 2012. Computational Fluid Dynamics, 421-472. In Kundu, P.K., Cohen, I.M., Dowling, D.R: Fluid Mechanics, 5th edit. Academic Press. DOI: 10.1016/C2009-0-63410-3.
- Patman, D. 2018. Matematické modelování pro potřeby havarijního plánování. Diplomová práce. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava. 61 s.
- Smetana, M., Kratochvílová ml., D., Kratochvílová, D. 2010. Havarijní plánování: Varování, evakuace, poplachové plány, povodňové plány. 1. vyd. Brno: Computer Press, a.s. 166 s. ISBN 978-80-251-2989-0.
- Vyhláška č. 226/2015 Sb., o zásadách pro vymezení zóny havarijního plánování a postupu při jejím vymezení a o náležitostech obsahu vnějšího havarijního plánu a jeho struktury. In: Sběrka zákonů ČR, částka 93. 11. 9. 2015.
- Zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích (zákon o prevenci závažných havárií). In: Sběrka zákonů ČR, částka 93. 11. 9. 2015.
- Zavila, O., Bojko, M., Kozubková, M., Danihelka, P., Maléřová, L. 2014. Vliv meteorologických podmínek na rozptyl plynného NH<sub>3</sub> při havarijním úniku v městské zástavbě. Meteorologické Zprávy, roč. 67, č. 5, s. 135 - 140.



## AKTUÁLNE PROBLÉMY RIADENIA PROJEKTOV SO ZAMERANÍM NA MANAŽMENT RIZÍK

Ing. Jana ŠIMÍČKOVÁ<sup>1</sup>, doc. Ing. Katarína BUGANOVÁ, PhD.<sup>1</sup>

**Abstrakt:** Projekty sú najčastejším spôsobom na implementáciu zmien v organizácii. Manažment rizík tvorí významnú časť riadenia projektov. Úspešnosť projektov, či už pri zavádzaní nových technológií, výrobkov, rozširovaní výrobných kapacít alebo riadení zmien, môže výrazne prispieť k zvyšovaniu konkurencieschopnosti podniku. Naopak neúspech projektov môže viesť k poklesu výkonnosti, veľkým finančným stratám alebo až ohrozeniu existencie podniku v prípade veľkých investičných projektov. Nevhodne implementovaný proces a metódy manažmentu rizík môžu však byť zdrojom sekundárneho rizika. V konkurenčnom prostredí obstoje len ten, kto zvládne posudzovať a riadiť riziká a realizovať projekt čo efektívnejšie. Zámerom článku je poukázať na aktuálne problémy riadenia projektov s využitím agilných metód, so zameraním na manažment rizík.

**Kľúčové slová:** projekt, riziko, manažment rizík, agilné metódy, Scrum

### Úvod

Riadenie rizík v projektoch zahŕňa identifikáciu, kvantifikáciu a riadenie t.j. znižovanie rizík na akceptovateľnú úroveň. Všetky projekty sú v určitej miere rizikové. Projekty využívajúce nové technológie musia čeliť skutočnosti, že táto technológia nebude schopná plniť očakávania, vysoko komplexné projekty sa potykajú s problémom, presného odhadu času a nákladov a aj tie najmenšie a najjednoduchšie projekty majú určitý prvok rizika.

Projektový manažér by si mal vedieť vyčleniť čas na preskúmanie špecifikácií čiastočného priebehu projektu, aby sa predišlo problému neúplných alebo nepresných špecifikácií a mal by pravidelne venovať čas zlepšeniu komunikácie s klientmi.

Projekty sú v reálnom živote často ovplyvnené toľkými protichodnými faktormi, že je niekedy ťažké pochopiť, prečo bol určitý projekt niekedy schválený. Preto je potrebné pred každým projektom spracovať štúdiu uskutočniteľnosti. Táto štúdia už zahŕňa posudzovanie a riadenie rizík projektu a vysoko rizikové projekty môžu byť takto vopred vyradené z portfólia projektov spoločnosti.

Manažment spoločností si pri príprave projektov uvedomuje dôležitosť manažmentu rizík, avšak forma realizácie a úroveň spracovania je

rôzna. Prax ukázala, že málo organizácii využíva sofistikovanejšie metódy na analýzu a hodnotenie rizika. Vychádza sa najmä z historických skúseností, znalostí a intuície zamestnancov, ktorí sú však často odborne zameraní len na jednu oblasť a veľa zdrojov rizík nedokážu správne posúdiť a vyhodnotiť. Práve tieto skutočnosti spôsobujú, že veľa projektov skončí neúspešne a ciele nie sú v plnej miere dosiahnuté.

### 1. Manažment rizík v projektovom riadení

Projektový manažment aplikujú v mnohých spoločnostiach vo forme, ktorú si vytvorili sami, alebo prevzali zo všeobecne platných noriem a štandardov. Tieto štandardy vo všeobecnosti obsahujú postupy implementácie, metódy a šablóny pre prípravu, realizáciu a monitoring projektu.

Medzi najviac používané štandardy riadenia projektov na Slovensku patria PMBOK využívané najmä medzinárodnými spoločnosťami a PRINCE2 využívaný predovšetkým slovenskými spoločnosťami a verejným sektorom. Oba tieto štandardy sú orientované procesne (Buganová 2015, Doležal 2002). Podľa prieskumu The State of Project Management Survey 2018 (The State of 2018) vyše 60 % respondentov uviedlo, že má profesionálnu kvalifikáciu pre riadenie projektov podľa štandardu

<sup>1</sup> Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva  
Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina  
katarina.buganova@fbi.uniza.sk, jana.simickova@fbi.uniza.sk

PRINCE2, 8 % uviedlo PMBOK, štandard IPMA sa nenachádzal vo výsledkoch prieskumu. V súčasnosti sú obrovskou výhodou projektového manažmentu takmer dokonalé informačné technológie, ktoré nám uľahčujú a urýchľujú prácu v projektovom manažmente s pomocou mnohých softvérov.

Na základe implementovaného štandardu si manažéri pripravujú plány posudzovania a riadenia rizík. Tu nastáva problém, že mnohé plány riadenia rizík nie sú o nič viac ako štandardná šablóna, ktorá obsahuje zoznam rovnakých rizikových faktorov pre každý projekt, nezdokumentované predpoklady, nepresné odhady úloh, preskupenie kľúčových členov tímu atď. Pokiaľ manažment rizík seriózne na základe analýzy súčasného stavu nespracuje podklady pre manažment rizík vybraného projektu nie je možné očakávať, že bude riadiť riziko, ktoré nebolo nikdy identifikované. Práve pri identifikácii rizík projektu zlyháva manažment navyiac, pretože sú prehliadané mnohé kľúčové riziká, ktoré sú špecifické práve pre daný projekt.

Symonds (2013) tvrdí, že manažment rizík sa používa, aby sme sa presvedčili, že dokážeme pochopiť a riadiť riziká, aj keď vieme, že skutočné riziká sú tie, na ktoré nie sme pripravení. Ak by riadenie rizík mohlo zabrániť projektom, aby zlyhali alebo boli nepriaznivo ovplyvnené vonkajšími okolnosťami, všetky projekty by boli úspešné a, samozrejme, nie sú. Bolo by efektívnejšie jednoducho riešiť problémy, keď sa vyskytnú. Prinajmenšom takýmto spôsobom sú problémy hmatateľné, takže riešenia sa ľahšie navrhnu. A ak vieme, že riziká sa určite naplnia, môžeme akceptovať problémy alebo neistoty ako neoddeliteľnú súčasť každého projektu a zaobchádzať s nimi nameraným spôsobom namiesto toho, aby sme projekt nadhodnotili.

### *1.1. Manažment rizika v agilnom prístupe riadenia projektov*

Trendom súčasnosti sú prevažne agilné metodiky a modely, ktoré sa zameriavajú najmä na kľúčové slovo - flexibilita. Snažia sa priniesť tieto prvky do organizácie práce aj testovania softvéru s dôrazom na komunikáciu a kooperáciu, snahu o minimalizáciu práce, odstraňovanie potenciálnych duplicit pod.

Agilné metodiky sú postavené na tzv. Manifeste agilného vývoja. Jedná sa o testovaciu metodiku, ktorá opätovne pochádza z tém projektového managementu, je však z veľkej časti inšpirovaná tzv. interakčnou metodikou. Stretávame sa tu totiž s nadväznosťou na predchádzajúce interaktívne metodiky v zmysle využitia interakčných princípov, teda opakovanie cyklu vybraných fáz. Podstatou agilného prístupu sú jednoduchosť, flexibilita

a funkčnosť. Vďaka tomu dochádza k prednostnej implementácii súčastí, ktoré sú celkom iste potrebné pre každého budúceho užívateľa produktu pred tými, ktoré môžu byť využité len potenciálne.

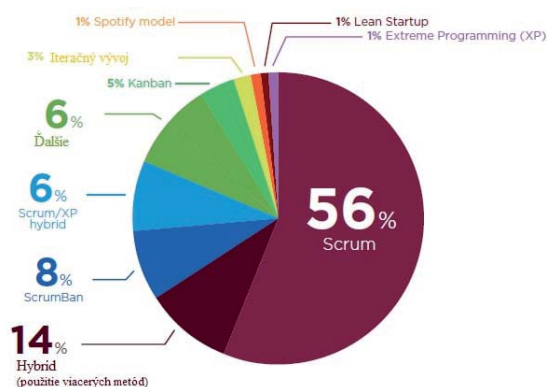
Princípy agilných metodík sú určené práve agilným manifestom. Na týchto princípoch je možné stavať rôzne druhy agilných metodík. Agilným manifestom a princípmi sú dané ciele, upresnené hodnoty. Nie je teda presne definované, akým spôsobom má agilný vývoj prebiehať. Vďaka tomu vzniklo viacero druhov agilných metodík, ktoré môžu zdieľať svoje praktiky vývoja a dopĺňať viacero dobrých a zaužívaných spôsobov.

Pri agilných metodikách sa tím vývojárov formuje tak, aby dokázal pracovať samo-organizovane, bez nejakých veľkých zásahov z vonkajšieho prostredia. Pri plánovaní to vyzerá tak, že vedúci tímu rozdeľuje úlohy a dostáva zvyčajne pokyny od projektového manažéra. Programátor teda dostane špecifikovanú úlohu, na ktorej následne pracuje. Aj to je dôvod, prečo je medzi vývojármi čím ďalej tým viac obľúbený agilný prístup. Členovia majú väčší priestor na angažovanie sa na problémy, pričom môžu využiť svoj potenciál a kreativitu. Bez ohľadu na rôzne publikácie, ktoré sa snažia zaviesť agilný vývoj takmer v každom smere, nemyslím si, že by bolo rozumnejšie používať Scrum alebo XP pri výskumných projektoch. Pri vyvíjaní nového informačného systému pre jadrovú elektrárňu je projekt v úplne inej situácii. Rovnako tak rozpočet projektu musí byť vysoký. Elektrárňu nebude predsa používať softvérový produkt po častiach. Z bezpečnostných dôvodov musí byť systém dokončený a riadne otestovaný pred použitím. Vodopádový model je vynikajúci, ak sú všetky požiadavky vopred známe a jasne identifikovateľné. V reálnom svete však zákazník mení svoje požiadavky veľmi často a narušuje tak samotnú architektúru systému. Riešenie prinášajú práve moderné agilné metodiky.

Produkt je v agilnom prístupe vyvíjaný postupne v tzv. iteráciách. Jednotlivé iterácie dodávajú produkt postupne od prototypu po dokonalé riešenie. Životný cyklus začína definíciou požiadaviek, z ktorých je vybraný určitý počet prioritných, ktoré sú potom rozdelené do úloh. Na konci iterácie je vyvinutý prototyp produktu, ktorý je odovzdaný stakeholderom. Na základe ich spätnej väzby sa požiadavky na zmenu pridávajú do pracovných položiek. Prototyp je potom spustený do prevádzky. Všetky defekty sú súčasťou požiadaviek ďalšieho vývoja. Kým nie sú splnené všetky požiadavky, nemôže byť iterácia uzavretá (Buchalcevo 2015).

Buchalcevoá (Buchalcevoá 2015) medzi najpoužívanéšie agilné metódy zaraďuje:

- Scrum,
- Dynamic Systems DevelopmentMethod,
- Feature-DrivenDevelopment,
- LeanDevelopment,
- ExtremeProgramming,
- ScrumBan.



Obr. 1 Najpoužívanéšie agilné metódy  
(Zdroj: VersionOne, The 12<sup>th</sup> Annual State of Agile Report, 2018, s. 9)

Podľa výsledkov posledného prieskumu (obrázok 1) vykonaného spoločnosťami CollabNet a VersionOne je evidentné, že Scrum alebo jeho kombinácie s ďalšími metódami využíva v dnešnej dobe zhruba 56 % podnikov aplikujúcich agilný prístup k riadeniu projektov. Medzi ďalšie najpoužívanéšie patria potom kombinácie viacerých metód (Scrum, ScrumBan, Scrum/XP a pod.) metóda ScrumBan, kombinácia metódy Scrum s metódou XP a atď.

Organizácie si vyberajú metódy na základe charakteru projektu. Najčastejšie používanou metódou je Scrum, ktorý je ďalej v článku popísaný.

## 1.2. Model SCRUM

Agilná metodika navrhnutá tak, aby podporovala riadenie vývojového procesu. Scrum je založený na uvedomení si, že softvérový vývoj nie je triviálna záležitosť a vždy sa môžu vyskytovať nové problémy. Miesto toho, aby sa pracovalo na detailných návodoch, ako vyriešiť nejaký problém na projekte, rovno sa celý problém prenechá na kompetencie tímu. Pretože tím vie najlepšie ako problém vyriešiť (Cohn 2015).

Scrum tímy by sa mali organizovať samé. Existujú roly, ktoré však celý tím nejako usmerňujú. Jednak je to Product owner, ktorého doménou je starať sa

hlavne o priority projektu na základe zákazníkových potrieb. A ďalšia rola Scrum master, ktorý v tíme zohráva úlohu kouča a pomáha keď nastanú problémy, ktoré nie sú späté s vývojom systému ako takým. Veľkosť tímu sa pohybuje v rozmedzí 4 - 9 členov. Nájdu sa tu princípy pravidelných denných mítingov a plánovanie jednotlivých iterácií. Scrum je však striktný v dodržiavaní zoznamu už naplánovaných funkcionalít v prebiehajúcej iterácii vývoja.

V rámci tohto modelu je vytvorený jeden tím, u ktorého je vzájomná kooperácia za účelom dosiahnutia spoločného cieľa podporovaná umožnením určitej miery vlastnej organizácie činnosťou. To je podporované napríklad aj dôrazom na zosadenie tímu do fyzickej blízkosti za účelom efektívnejšej komunikácie medzi jednotlivcami. V prípade kooperácie pracovníkov, ktorí nepracujú na jednom mieste (napr. V prípade práce v medzinárodnom firemnom) dochádza k zvýšeniu intenzity kontaktu prostredníctvom online komunikátorov.

Všetok kontakt je zintenzívniť na dennej báze, kedy prebiehajú pod kuratelou manažéra, tzv. Scrum master. Ten má na starosti koordináciu činností vývojového tímu na účely dodržiavania projektového harmonogramu celej skupiny aj konkrétnych zamestnancov. Býva organizátorom meetingov s vlastníkom produktu, ktorý reprezentuje záujmy zákazníka je orientovaný skôr obchodne.

Ďalšiu dôležitú rolu v Scrum predstavuje Product owner. Predstavuje akéhosi vlastníka produktu, ktorý definuje víziu softvérového produktu. Jeho úlohou je vytvárať položky do zoznamu Product backlog a určovať im prioritu tak, aby kľúčové prvky biznisu boli dokončené prioritne v čo najkratšom čase. Funkcionalita hodnotenia produktu bude mať zrejme nižšiu prioritu ako chyba v objednávkovom systéme pri procese platby. Rolu Product owner môže vykonávať aj samotný zákazník, resp. zamestnanec zo spoločnosti, pre ktorú je produkt vyvíjaný. V prípade, že rolu vykonáva osoba zo strany poskytovateľa a nie zákazník, tak je jeho hlavnou úlohou analyzovať a identifikovať požiadavky zákazníka. Nie je nutné aby Product owner bol priamo súčasťou tímu, avšak musí im byť k dispozícii. Jeho úlohou nie je riadiť tím, ale určovať prioritu úloh podľa zákazníkových potrieb (Šochová 2014).

Scrum definuje určité artefakty, pričom sa snaží byť ako aj iné agilné metodiky bez hraníc. Vítané sú nové podporné činnosti, ktoré akýmkoľvek spôsobom smerujú tím k efektívnejšej spolupráci. Do metodiky Scrum je pokojne vhodné pridávať aj praktiky z extrémneho programovania. Ak sa niečo

osvedčí a funguje, je správne to začleniť do procesu riadenia a používať. Zmenám by sa nemal klásť negatívny postoj len kvôli tomu, že dané riešenie Scrum nedefinuje. Pre pochopenie metodiky opisujem jednotlivé artefakty s adekvátnym znázornením na vizualizácii (obr. 2).



Obr. 2 Vizualizácia metodiky Scrum  
(Zdroj: upravené podľa Mistry 2017)

Výhodou modelu Scrum je jeho primárne zameranie - dôraz na flexibilnú reakciu na nové zmeny a požiadavky. Umožňuje tímu vývojárov viac voľnosti v organizácii práce a podporuje kreatívne postupy vývoja produktu. Hodí sa výborne, ak daný tím rieši iba jeden projekt.

Od základnej vlastnosti modelu Scrum - flexibility sa však súčasne odvíjajú aj nevýhody. Ak dôjde k závažnejším komplikáciám počas vývoja produktu, môžu sa pôvodné finančné i časové odhady značne líšiť od výsledného stavu, väčšinou v nepriľiší pozitívnom smere. Ak sa daný vývojový tím potrebuje zaoberať viac ako jedným projektom dostatočne detailne, je lepšie v takomto prípade zvoliť odlišný model vývoja.

Riziká sú však spojené aj so samotným prechodom na agilný prístup k riadeniu projektov. Ako príklad môžeme uviesť metódu Scrum, ktorá bola navrhnutá pre malé spoločnosti. Ako uvádza Ujhelyi (2012), pri prechode veľkej spoločnosti na túto agilnú metódu projektového riadenia, môžu vzniknúť tieto riziká pri prechode veľkej spoločnosti na túto agilnú metódu projektového riadenia:

- nedostatočná synchronizácia tímov - pri práci malého tímu je vidieť výsledok celého tímu, dôležité je zabezpečenie užšej spolupráce tímov, ktoré robia na spoločnej funkcionalite,
- nadmerný počet ľudí v tíme - riziko každého projektu je neschopnosť jednotlivcov odvieť dostatočne kvalitnú prácu, menší projekt potrebuje menej ľudí, kde sa dbá na výber dostatočne kvalitných zamestnancov, čo pri veľkom počte ľudí v tíme nie je vždy možné,
- nedostatočná zmena myslenia zamestnancov pri prechode - výkonní vedúci a manažéri musia prísne dohliadať na dodržiavanie postupov

v rámci nových metód, aby nedošlo k navráteniu k predchádzajúcim prístupom, riziko spočíva v nedostatočnom roztrhnutí väzieb zamestnancov na minulosť.

Agilné modely tvrdia, že sú riadené rizikom. Vzhľadom na svoju základnú koncepciu umožňuje iteratívny prístup vďaka svojej základnej koncepcii nepretržitú pozornosť rizikám a riziká je možné znížiť rôznymi postupmi, ako je napr. nepretržitá integrácia softvéru a včasná validácia. Žiaľ, agilný model realizuje len niekoľko postupov riadenia rizík. Táto situácia viedla k rôznym činnostiam a jedným z nich bolo získať názor rôznych projektových manažérov zapojených do riadenia rôznych projektov na celom svete. Riadenie rizík v agilnom procese je podobný konvenčnému prístupu riadenia rizík s miernymi odchýlkami.

Manažéri majú k dispozícii viacero štandardov, ktoré môžu využívať pri implementácii agilného prístupu, napr. najpoužívanejší štandard PRINCE2 má metódu PRINCE2 Agile™. Rovnako aj normy a štandardy na manažment rizík si môžu projektívni manažéri vybrať podľa typu projektu, resp. charakteru organizácie. Najpoužívanejšími normami sú IEC 62198:2013 Managing Risk in Project - Application Guidelines (Manažment rizika v projektoch - Smernica pre použitie). Táto norma je aktualizáciou normy ISO/IEC 62198:2002 Project Risk Management - Application Guidelines (Manažment rizika projektu - Smernica pre použitie). Rovnako ISO 31000:2018 Risk management - Guidelines (Manažérstvo rizika - Návod), ktorá je aktualizáciou normy ISO 31000:2009 Risk management - Principles and guidelines (Manažérstvo rizika - Zásady a návod).

Riadenie rizík v agilných situáciách je potrebné vykonať na dvoch úrovniach, na úrovni projektu a na úrovni iterácie alebo sprintu. Na projektovej úrovni sa proces riadenia rizík vykonáva na širšej úrovni s prihliadnutím na celý projekt a jeho požiadavky. Na interakčnej úrovni sa proces riadenia rizík vykonáva na úrovni iterácie, ktorá zahŕňa podrobnosti iterácie. Zdá sa, že tieto dva procesy sú oddelené, ale idú ruka v ruku počas realizácie celého projektu. Na oboch úrovniach je potrebné chápať, identifikovať, sledovať, monitorovať a zmierňovať riziká. Proces riadenia rizika na úrovni projektu by poskytol vstupy pre proces riadenia rizika Iterácie. Nezabúdajte, že nie všetky riziká projektovej úrovne budú súčasťou všetkých iterácií. Niektoré riziká by mohli byť odlišné a iné môžu byť jedinečné len pre konkrétnu iteráciu. Monitorovanie rizík prebieha počas iterácií a medzi jednotlivými iteráciami sa uskutočňujú relácie kontroly rizika. Je veľmi dôležité vedieť, kde sú projekty a iterácie z hľadiska riadenia rizík (Botis 2017).

## Záver

Riziká sú neoddeliteľnou súčasťou všetkých projektov. Preto je veľmi dôležité pristupovať k manažmentu rizika zodpovedne a podľa špecifik každého projektu a neprikláňať sa len k preberaniu údajov z minulosti. Základom agilného prístupu je prispôsobivosť, a preto je dôležité aj v manažmente rizík využívať akčnú analýzu rizík, ktorá flexibilne reaguje na všetky zmeny v projekte a v rámci monitoringu rizík postupne vybudovať funkčný systém včasného varovania. V rámci tohto systému budú pripravené adekvátne spôsoby reakcie na možné riziká a priebežnou aktualizáciou podľa vývoja prostredia sa projektový manažér vyhne neželaným stavom vo vývoji projektu a zvýši sa úspešnosť realizácie projektov.

## Pod'akovanie

Príspevok vznikol ako jeden z výskumných výstupov projektu KEGA č. 030ŽU-4/2018 Výskum riadenia rizík v podnikoch na Slovensku na tvorbu nového študijného programu Manažment rizík na FBI UNIZA v Žiline.

## Literatúra

- BOTIS, S., 2017. A simple approach for Risk Management in Scrum [online]. Today Software Magazine [cit. 2019-06-27]. Dostupné z: <https://www.todaysoftmag.com/article/1367/a-simple-approach-for-risk-management-in-scrum>
- BUGANOVÁ, K., HUDÁKOVÁ, M., 2015. Increase of the competitiveness of enterprises through the implementation of risk management projects in Slovakia. In: WMSCI 2015: the 19th world multi-conference on systemics, cybernetics and informatics: July 12 - 15, 2015 - Orlando, Florida, USA: proceedings. Vol. II. - [S.l.]: International Institute of Informatics and Systemics. ISBN 978-1-941763-25-4. - S. 394-398.
- BUCHALCEVOVÁ, A., 2005. Metodiky budování informačních systémů. Praha: Grada. ISBN 80-247-1075-7.
- COHN, M. 2015. Daily Scrum Meeting [online]. Mountain Goat Software, c2015 [cit. 2019-06-20]. Dostupné z World Wide Web: <https://www.mountaingoatsoftware.com/agile/scrum/daily-scrum>

DOLEŽAL, J.; MÁCHAL, P.; LACKO, B a kol., 2002. Projektový management podle IPMA: 2., aktualizované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2012. s. 23-24. ISBN 978-80-247-4275-5.

MISTRY, A., 2017. Scrum Framework - 5 Events in Scrum Framework [online]. C Corenr. [cit. 2019-06-23]. Dostupné z: <https://www.c-sharpcorner.com/article/scrum-framework-5-events-in-scrum-framework/>

SYMONDS, M., 2013. The problem with project risk management [online]. TechRepublic technológii [cit. 2019-06-27]. Dostupné z: <https://www.techrepublic.com/blog/it-consultant/the-problem-with-project-risk-management/>

ŠOCHOVÁ, Z. a E. KUNCE. Agilní metody řízení projektů. Brno: Computer Press, 2014. 175 s. ISBN 978-80-251-4194-6.

The State of Project Management Survey, 2018. [online]. Wellington Limited.. [cit. 2019-06-27]. Dostupné z: <http://www.wellington.co.uk/wp-content/uploads/2018/05/The-State-of-Project-Management-Survey-2018-FINAL.pdf>

The 12<sup>th</sup> Annual State of Agile Report, 2018. [online]. VersionOne, CollabNet. [cit. 2019-06-23]. Dostupné z: <https://www.qagile.pl/wp-content/uploads/2018/04/versionone-12th-annual-state-of-agile-report.pdf>

UJHELYI, M., 2012. Dokážu veľké spoločnosti vyvíjať agilne napriek rizikám? [online]. Bratislava: STU, Fakulta informatiky a informačných technológii [cit. 2019-06-14]. Dostupné z: [http://www2.fiit.stuba.sk/~bielik/courses/msi\\_slov/kniha/2013/Essayse0ef.html?keyword=40&lang=sk](http://www2.fiit.stuba.sk/~bielik/courses/msi_slov/kniha/2013/Essayse0ef.html?keyword=40&lang=sk)

## BEZPEČNOSTNÍ STUDIE OBCE ČERMNÁ NAD ORLICÍ

Ing. Alena ŠPLÍCHALOVÁ<sup>1</sup>

**Abstrakt:** Bezpečnostní studie představují výchozí dokument pro stanovení úrovně rizika v obcích. Poskytují ucelený pohled na celkovou bezpečnostní situaci v obci, potencionální hrozby a zejména pak návrh adekvátních protiopatření s ohledem na ekonomickou situaci v obci. Na základě toho se příspěvek zabývá zpracováním bezpečnostní studie vybrané obce. v první části se příspěvek věnuje charakteristice zájmového území obce, především pak jeho bezpečnostnímu systému a bezpečnostně významným objektům. Další část analyzuje statistické údaje potřebné k provedení analýzy rizik územních celků. Navazující analytická část využívá vybranou analýzu ke stanovení míry rizika územního celku a vyhodnocení celkové úrovně rizika ve zkoumaném katastrálním území obce. v závěru příspěvku jsou navržena opatření pro vybrané mimořádné události, která přispějí ke zlepšení stávajícího bezpečnostního stavu obce.

**Klíčová slova:** bezpečnostní studie, riziko územního celku

### Úvod

Zákony České republiky (Zákon 240, 2000 a Zákon 133, 1985) ukládají obcím (starostovi obce) za povinnost chránit své občany. Tato povinnost může být zajišťována např. prostřednictvím zřízení jednotky požární ochrany, zpracováním povodňových plánů, přípravou na krizové situace a jejich řešení apod. V krizovém zákoně (2000) není stanovena povinnost pro obce zpracovat krizový plán. Tento plán se zpracovává pouze do úrovně obce s rozšířenou působností. Součástí krizového plánu je přehled možných zdrojů rizik a analýza ohrožení, která je stěžejní pro posouzení bezpečnosti zkoumaného území. Obcím právě tento přehled možných rizik a analýza ohrožení chybí.

Důvodem provedení analýzy obce Čermná nad Orlicí je absence jakéhokoliv podobného dokumentu a také její specifická poloha. Obec se nachází na hranici tří okresů a zároveň i dvou východočeských krajů (Královéhradecký a Pardubický). Přetrvávající spory mezi již zmíněnými kraji, doléhají na celou bezpečnostní situaci v obci. Příkladem může být dostupnost základních složek IZS, která se pohybuje na maximální hranici dojezdových časů určených zákonem (Zákon 133, 1985).

Dosud je za největší hrozbu v obci považována povodeň, spojená s hlavním vodním tokem (Tichá Orlice) rozdělující obec na dvě části. Tato hrozba povodní je pro obyvatele obecně známá. Ale co

ostatní mimořádné události, které se mohou na území objevit? Jaké mimořádné události to mohou být, s jakým dopadem? Je na ně obec dostatečně připravena?

Práce přispívá k získání komplexního pohledu na bezpečnost obce, a to nejen v rámci hrozeb, které mohou na území nastat, ale i úrovně varování obyvatelstva, připravenosti obce na zvládnání mimořádných událostí či rozbor bezpečnostně významných objektů v obci.

### *Teoretické vymezení řešené problematiky*

Území je možné analyzovat různými technikami, které umožňují identifikovat rizika a stanovit zranitelnost území (Krömer a kol., 2010; Šenovský a Šenovský, 2015). Výsledkem těchto metod je stanovení hodnoty míry rizika umožňující jejich vzájemné porovnávání a také jejich rozdělení do území. V případě metody mapování rizik je výstup prezentován i graficky. Další metody (Maléřová, 2014; Examples, 2019) pracují s pravděpodobností výskytu mimořádných událostí a zároveň zohledňují jejich dopad, závažnost a způsobené škody.

### *Metodologie procesu analýzy rizik*

Výše uvedené metody kombinují pravděpodobnost výskytu mimořádných událostí, jejich následky a v některých případech zohledňují i zranitelnost.

<sup>1</sup> VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství  
Lumírova 13, 700 30 Ostrava - Výškovice  
alena.splichalova@vsb.cz

Žádná z metod však nenabízí optimální kombinaci ohrožení, připravenosti a zranitelnosti obce. Na základě toho byla pro zpracování bezpečnostní studie obce zvolena metoda analýzy rizik územních celků (Maléřová, 2014), která pomáhá valorizovat rizika v daném územní pomocí expertního odhadu ohrožení, zranitelnosti a připravenosti obce na jednotlivé vybrané mimořádné události. Výsledky metody jsou základem pro rozhodnutí o výběru návrhů opatření či pro vhodné zvolení opatření preventivních. Zpracovateli a osobám podílejícím se na bezpečnosti obce poskytne přehledný a ucelený obraz o bezpečnostní situaci v obci. Analýza též poskytne kategorizaci mimořádných událostí dle jejich negativního působení na územní celek.

Metoda pracuje s množstvím indexů, které jsou postupně stanoveny v jednotlivých analýzách (krocích) metody. Indexy od 1 do 5 jsou přiřazovány k výsledkům pomocí hodnotící škály zpracované v tabulce pro jednotlivé dílčí analýzy.

Zvolení a charakterizace územního celku z pohledu geografie, demografie, životního prostředí, veřejné infrastruktury, popřípadě hospodaření na území apod. Podklady pro zpracování charakteristiky území jsou veřejně dostupné. Vhodné je využít územně analytických podkladů např.: ORP ve kterém se zkoumané území nachází, podkladů pro

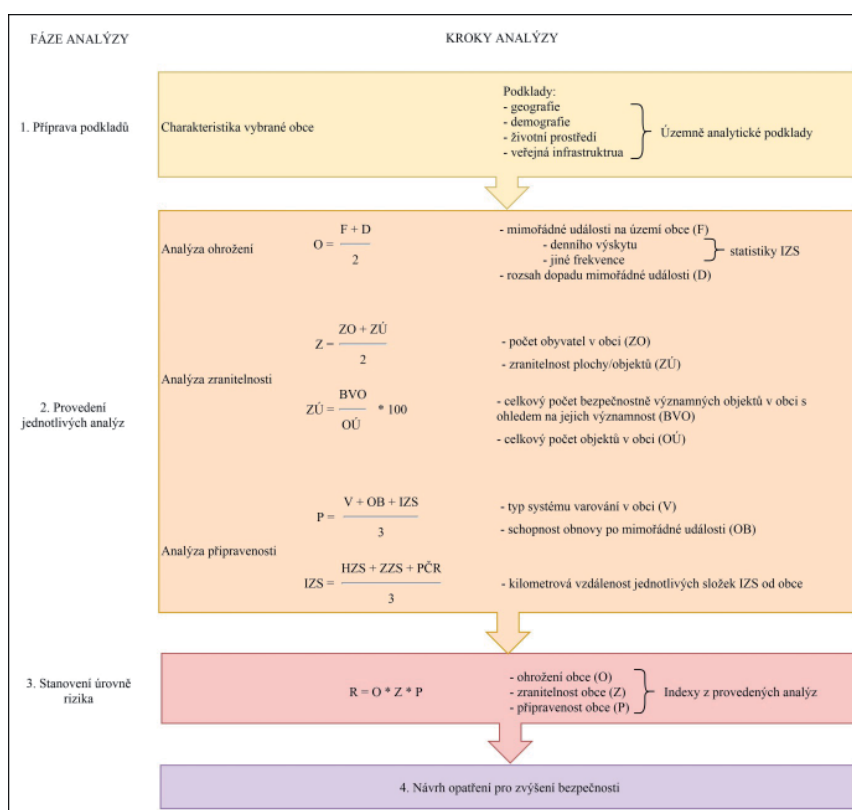
rozbor udržitelného rozvoje, mapové podklady, dokumentaci územního plánování, strategie obce či statistické údaje Českého statistického úřadu.

Samotná analýza se skládá ze tří fází, které se následně dělí do jednotlivých kroků (obrázek 1). Ke každé z analýz je přiřazena hodnotící tabulka, která po vypočítání dle vzorců určí její index. Dílčí indexy jsou následně použity pro celkový výpočet určení míry rizika v obci.

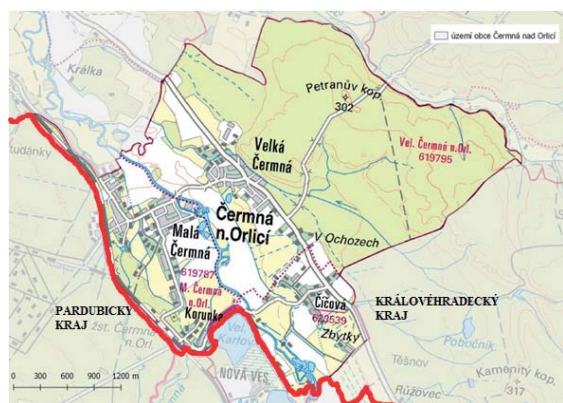
### Charakteristika vybrané obce

Obec se skládá celkem ze čtyř částí - Malá Čermná, Velká Čermná, Korunka a Čičová. Rozkládá se po obou březích řeky Tiché Orlice. Na pravém břehu jde o část obce Velká Čermná a na druhém břehu část obce Malá Čermná (obrázek 2). Obec spadá pod působnost ORP Kostelec nad Orlicí. Rozloha obce činí 1098 ha (Český statistický úřad, 2019).

Na území obce se nacházejí dvě významná vodní díla (rybníky), u kterých není vystavěn bezpečnostní přepad a chybí zde i manipulační řády. Obci protéká již zmíněný vodní tok Tichá Orlice, který představuje jedno z největších hrozeb. Součástí obce je standardní občanské vybavení, technická infrastruktura, silnice druhé a třetí třídy a také železniční stanice. (EDPP, 2019)



Obr. 1 Postup metody analýzy rizik územních celků (Maléřová, 2014)



Obr. 2 Katastrální území obce Čermná nad Orlicí (EDPP, 2019)

### Analýza řešené problematiky

Analýza spočívá v postupném stanovování jednotlivých analýz ohrožení, zranitelnosti a připravenosti vybrané obce. Podklady potřebné pro stanovení jednotlivých indexů analýz vycházejí z provedeného rozboru mimořádných událostí a charakteristiky obce. Tyto údaje jsou postupně ohodnocovány na základě škály stanovených v jednotlivých tabulkách.

### Analýza ohrožení

Analýza rizik územních celků pracuje s vybranými mimořádnými událostmi, které byly získány ze statistik HZS Královéhradeckého kraje, JSDH Borohrádek a Policie České republiky (Václavík, 2018; Nyč, 2018; Joska, 2018). Na základě četnosti jednotlivých mimořádných událostí bylo vybráno sedm mimořádných událostí s denním výskytem (požár, dopravní nehoda, technická pomoc, extrémní sucha, povodeň, vichřice a trestná činnost) a dalších šest mimořádných událostí s výskytem jiným (narušení dodávek elektrické energie, plynu, vody a narušení funkčnosti obecního úřadu, neoprávněné vniknutí do muničního skladu a jeho možný výbuch). U každé z těchto třinácti mimořádných událostí byl stanoven index ohrožení, který sestává z frekvence výskytu a dopadu jednotlivých mimořádných událostí (tabulka 1, 2 a 3).

Tab. 1 Index frekvence výskytu mimořádných událostí (Malěřová, 2014)

Výskyt MU	Slovní ohodnocení	Index F frekvence výskytu MU
1 x za 1 rok	velmi vysoká	5
1 x za 10 let	vysoká	4
1 x za 30 let	střední	3
1 x za 100 let	nízká	2
1 x za 300 let	velmi nízká	1

Tab. 2 Index dopadu mimořádných událostí (Malěřová, 2014)

Velikost poškození	Slovní ohodnocení	Index D dopadu MU
přesahuje katastrální území obce	velmi vysoký	5
celá obec (nad 60 % objektů či plochy)	vysoký	4
značná část obce (do 60 % objektů či plochy)	střední	3
malá část obce (do 10 % objektů či plochy)	nízký	2
bez ohrožení nebo jednotlivé objekty	malý	1

Tab. 3 Celkový index ohrožení pro vybrané mimořádné události (Šplíchalová, 2018)

Typ MU	Index F	Index D	Index O
Požár	5	1	3
Dopravní nehoda	5	1	3
Technická pomoc	5	1	3
Extrémní sucha	5	5	5
Povodeň	5	3	4
Vichřice	5	3	4
Trestná činnost	5	1	3
Narušení dodávek elektrické energie	4	4	4
Narušení dodávek plynu	3	4	4
Narušení dodávek pitné vody	3	4	4
Narušení funkčnosti OÚ	2	1	2
Neoprávněné vniknutí do muničního skladu	3	1	2
Výbuch muničního skladu	1	5	3

### Analýza zranitelnosti

Analýza zranitelnosti pracuje se dvěma statistickými údaji. Prvním z nich je celkový počet obyvatel, který dle Českého statistického úřadu (2019) činí ve zkoumané obci



1016 obyvatel. Uvedenému počtu odpovídá index zranitelnosti obyvatel (tabulka 4).

Tab. 4 Index zranitelnosti obyvatelstva (Malěřová, 2014)

Počet obyvatel	Slovní ohodnocení	Index ZO zranitelnosti obyvatel
do 200	velmi nízký	1
201 - 1000	nízký	2
1001 - 5000	střední	3
5001 - 50000	vysoký	4
nad 50000	velmi vysoký	5

Druhým údajem je celkový počet objektů nacházejících se v obci a počet bezpečnostně významných objektů (tabulka 5). Mezi tyto objekty lze zařadit 5 vícepodlažních budov, ve dvou komplexech. Dále šest míst občanské vybavenosti jako např.: mateřská a základní škola, víceúčelová hala či železniční stanice apod. V obci se také nacházejí tři objekty výrobní, jedno veřejné prostranství a čtyři bezpečnostně významné objekty. Mezi tyto objekty se řadí i vojenská muniční základna a sklad munice armády ČR. Katastrálně spadá do územního plánu Horního Jelení, ale je považován za součást zkoumané obce. Jedná se o jeden z největších muničních skladů v ČR. Počty dosud zmiňovaných objektů, jsou vynásobeny číslem dva, pro zohlednění zvýšeného počtu osob a nebezpečnosti v těchto objektech.

Tab. 5 Počet bezpečnostně významných objektů v obci (Šplíchalová, 2018)

Typ bezpečnostně významného objektu	Počet objektů	Koeficient pro výpočet
Objekty pro bydlení - vícepodlažní	5	10
Objekty občanské vybavenosti	6	12
Výrobní objekty	3	6
Objekty veřejného prostranství	1	1
Ostatní bezpečnostně významné objekty	4	4
	19	33
Celkový počet objektů v katastrálním území obce	683	

Na území obce se nachází 19 bezpečnostně významných objektů. Po zohlednění zvýšeného počtu osob v objektech vícepodlažních, občanské vybavenosti a výrobních je index pro výpočet ZÚ

navýšen na 33. v katastrálním území obce je celkem 683 objektů, toto číslo se stane dělitelem dle vzorce pro výpočet zranitelnosti (obrázek 1). Výsledek je poté dosazen do tabulky 6. (Šplíchalová, 2018)

Tab. 6 Index zranitelnosti objektů (Malěřová, 2014)

Procentuální rozsah	Slovní ohodnocení	Index ZÚ zranitelnosti objektů
do 1 %	velmi nízká	1
1,1 - 5 %	nízká	2
5,1 - 10 %	střední	3
10,1 - 15 %	vysoká	4
nad 15 %	velmi vysoká	5

Celkový index zranitelnosti (tabulka 7), je stanoven dle vzorce zranitelnosti (obrázek 1).

Tab. 7 Výpočet celkového indexu zranitelnosti území (Šplíchalová, 2018)

Index ZO	Index ZÚ	Index Z
3	2	3

### Analýza připravenosti

Tato analýza v sobě zahrnuje tři komponenty, kterými jsou způsob varování obyvatelstva, dostupnost základních složek IZS a schopnost obnovy po mimořádné události.

Systém varování obyvatel zajišťují dva koncové prvky jednotného systému varování a informování (elektronické sirény), které jsou ovládané bezdrátově a také systém SMS zpráv pro členy JSDH Čermná nad Orlicí. Na základě tabulky 8 je systému varování stanoven index.

Tab. 8 Index varování obyvatelstva (Malěřová, 2014)

Typ systému varování	Slovní ohodnocení	Index V varování obyvatelstva obce
bez systému varování	velmi nízká	5
místně ovládaná rotační siréna	nízké	4
místně ovládaná elektronická siréna nebo obecní rozhlas	střední	3
dálkově ovládaná rotační siréna začleněná do JSVV	vysoké	2
dálkově ovládaná elektronická siréna nebo MIS začleněná do JSVV	velmi vysoké	1

Obec nemá vlastní obecní policii, působí zde pouze jednotky sboru dobrovolných hasičů. Výjezdová jednotka čítá 13 členů, je zařazena do JPO III. Z těchto důvodů je obec odkázána na pomoc z nejbližších stanic základních složek IZS. Dostupnost HZS a ZZS se pohybuje na spodní hranici, která je dle metody (tabulka 9), stanovena na 21 km a více. PČR je v dojezdové vzdálenosti 12 km. (Šplíchalová, 2018)

Tab. 9 Index dostupnosti HZS, ZZS a PČR (Maléřová, 2014)

Vzdálenost od obce	Slovní ohodnocení	Index dostupnosti HZS, ZZS a PČR
do 5 km	velmi vysoká	1
6 - 10 km	vysoká	2
11 - 15 km	střední	3
16 - 20 km	nízká	4
21 km a více	velmi nízká	5

Celkový index IZS (tabulka 10), je spočítán na základě vzorce IZS (obrázek 1).

Tab. 10 Celkový index IZS (Šplíchalová, 2018)

Složky IZS	Místo	Vzdálenost od obce	Index	Index IZS
HZS	Rychnov nad Kněžnou	21 km	5	4
PČR	Týniště nad Orlicí	12 km	3	
ZZS	Rychnov nad Kněžnou	21 km	5	

Posledním krokem analýzy připravenosti je stanovení indexu obnovy území pro každou vybranou mimořádnou událost zvlášť. Index se stanoví na základě doby potřebné k obnově (tabulka 11).

Tab. 11 Index obnovy (Maléřová, 2014)

Časový interval	Slovní ohodnocení	Index OB obnovy
hodiny	velmi vysoký	1
dny	vysoký	2
týdny	střední	3
měsíce	nízký	4
roky	velmi nízký	5

Celkové stanovení indexu připravenosti je stanoveno na základě vzorce připravenosti (obrázek 1) a znázorněno v tabulce 12.

Tab. 12 Výpočet indexu připravenosti obce (Šplíchalová, 2018)

Typ MU	Index V	Index OB	Index IZS	Index P
Požár	1	2	4	2
Dopravní nehoda	1	1	4	2
Technická pomoc	1	1	4	2
Extrémní sucha	1	3	4	3
Povodeň	1	4	4	3
Vichřice	1	3	4	3
Trestná činnost	1	1	4	2
Narušení dodávek elektrické energie	1	1	4	2
Narušení dodávek plynu	1	2	4	2
Narušení dodávek pitné vody	1	1	4	2
Narušení funkčnosti OÚ	1	1	4	2
Neoprávněné vniknutí do muničního skladu	1	1	4	2
Výbuch muničního skladu	1	5	4	3

### Stanovení úrovně rizika

Určením všech dosavadních indexu a dílčích analýz je možné stanovit úroveň rizika pro vytipované mimořádné události v obci, dle hodnotící škály (tabulka 13).

Tab. 13 Stanovení úrovně rizika v obci (Maléřová, 2014)

Slovní ohodnocení	Rozmezí výsledků úrovně rizika
velmi nízké	1 - 4
nízké	5 - 9
střední	10 - 30
vysoké	31 - 65
velmi vysoké	66 a více

Celkové kvantitativní a kvalitativní ohodnocení úrovně rizika ve zkoumané obci je uvedeno v tabulce 14.

Tab. 14 Celkové stanovení úrovně rizika (Šplíchalová, 2018)

Typ MU	Index O	Index Z	Index P	Úroveň rizika	
				Kvantitativně	Kvalitativně
Požár	3	3	2	18	Střední
Dopravní nehoda	3	3	2	18	Střední
Technická pomoc	3	3	2	18	Střední
Extrémní sucha	5	3	3	45	Vysoké
Povodeň	4	3	3	36	Vysoké
Vichřice	4	3	3	36	Vysoké
Trestná činnost	3	3	2	18	Střední
Narušení dodávek elektrické energie	4	3	2	24	Střední
Narušení dodávek plynu	4	3	2	24	Střední
Narušení dodávek pitné vody	4	3	2	24	Střední
Narušení funkčnosti OÚ	2	3	2	12	Střední
Neoprávněné vniknutí do muničního skladu	2	3	2	12	Střední
Výbuch muničního skladu	3	3	3	27	Střední

### Návrhová opatření vhodná pro tvorbu bezpečnostní studie

Pro vybrané mimořádné události v katastrálním území obce, byla stanovena opatření, která jsou proveditelná, ekonomicky únosná a jsou přínosem pro obec a její obyvatele. Některá z uvedených opatření jsou preventivního charakteru. Další návrhy se zabývají zlepšením koordinace a komunikace při zvládnutí mimořádných událostí či krizových situací.

Opatření týkající se povodňové situace v obci jsou možná například formou opravy hráze rybníka Velký Karlov, na níž je vystavěna i místní komunikace. Hráz i komunikace jsou nyní v dezolátním stavu, je nezbytnou nutností tento problém co nejdříve řešit a také neprodleně začít jednat s majitelem vodní plochy (Rybářství Litomyšl s.r.o.) o možné rekonstrukci, zpevnění hráze a popřípadě finanční účasti zainteresovaných stran.

Další opatření, pro zlepšení připravenosti obce proti povodním, lze spatřovat v modernizaci a doplnění vybavení výjezdové jednotky SDH například o pytle a příslušenství, které slouží k zabránění postupu vody.

V době povodní Q100 a vyšší je v současnosti nedostatečně zajištěno náhradní ubytování. Při takovýchto MU je náhradní ubytování ve zkoumané

obci v podstatě nemožné. Objekty k tomu určené se sami o sobě nacházejí v záplavové zóně a je předpoklad, že budou také zaplaveny. Jelikož se v obci Čermná nad Orlicí již nenachází žádný dostatečně prostorný objekt (náhradního ubytování, popřípadě stravování), řešením by například mohlo být sepsání smlouvy s nedalekým městem Borohrádek (cca 5 km) o využití prostorů v základní škole (ubytovací kapacita 200 osob a stravovací kapacita 260 osob) a v prostorách sokolovny (ubytovací kapacita 250 osob).

V případě MU výpadku elektrické energie jsou navrhovaná opatření následující. Pro zajištění čerpání pitné vody z vrtu VC-1 je nutné pořídit záložní dieselagregát. Pro zajištění funkčnosti obecního úřadu je nutné v případě této MU též zajistit náhradní zdroj výroby elektrické energie.

Řešením zajištění zvýšení bezpečnosti v obci by mohlo například být sepsání veřejnoprávní smlouvy s Městskou policií Týniště nad Orlicí nebo Kostelec nad Orlicí. Činnost

hlídek městské policie by se zaměřila např.: na pravidelné kontroly terénu a osamocených budov, pomoc při hromadných akcích s větším počtem osob, zajištění jejich bezproblémového průběhu či odchyt toulavých zvířat.

Dalším zajímavým zjištěním je nečerpání financí na civilní připravenost na krizové stavy z rozpočtu obce. Každý rok je tak nevyužito 20 000 Kč. Návrhem je revize tohoto účtu a jeho čerpání v plné výši.

### Závěr

Cílem příspěvku bylo vytvoření bezpečnostní studie obce Čermná nad Orlicí. Tento cíl byl splněn a to za použití analýzy rizik územních celků. Postupným stanovením indexů ohrožení, zranitelnosti a připravenosti byla zjištěna úroveň rizika v obci u vybraných mimořádných událostí. Analýza prokázala, že pro obec je daleko větší hrozbou jiná mimořádná událost, než již historicky známá povodeň. Tato mimořádná událost může mít daleko rozsáhlejší následky a delší časové období pro obnovu. Největším nebezpečím pro obec je extrémní sucha, které je považováno za novodobý globální problém. Do trojice mimořádných událostí, které se řadí do vysoké úrovně rizika, je nebezpečí vichřice. Ostatní analyzované události spadají do

střední úrovně rizika, se kterými se může obec vypořádat vlastní prostředky.

Opatření, které jsou doporučena, zvýší bezpečnost v obci a jsou přínosem pro zlepšení její připravenosti na mimořádné události převážně naturogenního charakteru a celkové obnovy území. V rámci provedené analýzy můžeme konstatovat, že z celkového pohledu je obec Čermná nad Orlicí obcí bezpečnou.

## Použitá literatura

- Český statistický úřad. 2018. Dostupné z: [www.czso.cz/csu/czso/statisticka-rocenka-kralovehradeckeho-kraje-2017](http://www.czso.cz/csu/czso/statisticka-rocenka-kralovehradeckeho-kraje-2017)
- EDPP. 2019. Čermná nad Orlicí povodňový plán obce. [online] Elektronický digitální povodňový plán. [cit. 2019-06-18]. Dostupné z: [https://www.edpp.cz/ceno\\_charakteristika-zajmoveho-uzemi/](https://www.edpp.cz/ceno_charakteristika-zajmoveho-uzemi/)
- Examples. 2019. Hazard Vulnerability Analysis. Examples. [online] Examples. [cit. 2019-06-20]. Dostupné z: <https://www.examples.com/business/hazard-vulnerability-analysis.html>
- Joska, D. 2018. Osobní sdělení starostou obce Čermná nad Orlicí. Obecní úřad v Čermné nad Orlicí 1. - 23. 3. 2018.
- Krömer, A., Musial, P., Folwarczny, L. 2010. Mapování rizik. 1. vyd. Ostrava: Edice SPBI SPEKTRUM, 2010. 126 s. ISBN 978-80-7385-086-9.
- Maléřová, L. 2014. Analýza rizik územních celků. Disertační práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. 128 s.
- Nyč, J. 2018. Statistické údaje Policie České republiky. Vrchní asistent, Obvodní Policie České republiky, oddělení Týniště nad Orlicí.
- Šenovský, M., Šenovský, P. 2015. KMINDEX - Metodika kontroly a hodnocení rizika území. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. DOI 10.13140/RG.2.2.23243.85289.
- Šplíchalová, A. 2018. Bezpečnostní studie obce Čermná nad Orlicí. Diplomová práce. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. 63 s.
- Václavík, J. 2018. Statistické údaje HZS Královéhradeckého kraje. Hradec Králové, územní odbor Rychnov nad Kněžnou.
- Zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně. In: Sběrka zákonů Československé socialistické republiky, částka 34. 17. 12. 1985.
- Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon). In: Sběrka zákonů ČR, částka 73. 9. 8. 2000.

## ÚZEMNÍ BEZPEČNOST A OCHRANA OBYVATELSTVA

Ing. Kateřina TOMANOVÁ<sup>1</sup>, doc. Ing. Vilém ADAMEC, Ph.D.<sup>1</sup>

**Abstrakt:** Článek se zabývá deskripcí současného systému zabezpečení území z pohledu ochrany obyvatelstva. Neustále se měnící charakter území, nárůst populace a mimořádných událostí má za následek snahu o zajištění takového území, které dokáže reagovat na zmíněné aspekty a zajišťovat ochranu a bezpečí jeho obyvatelstva. V návaznosti na tyto skutečnosti, se článek v první části zaměřuje na charakteristiku území s ohledem na územní plánování. Následuje stěžejní část příspěvku, která je věnována analýze bezpečnostního systému z pohledu analýz rizik, přípravy a řešení vzniku mimořádné události v daném území.

**Klíčová slova:** bezpečnost, území, analýza rizik území, příprava, řešení

### Úvod

Základní povinností státu je zajištění jeho bezpečnosti. Jedná se především o zajištění svrchovanosti a územní celistvosti ČR, ochrany demokratických základů a ochrany životů, zdraví a majetkových hodnot, neboli také chráněných zájmů. Stát tak činí prostřednictvím bezpečnostního systému. Bezpečnost zajišťují ozbrojené síly, ozbrojené bezpečnostní sbory, záchranné sbory a havarijní služby. Při zajišťování bezpečnosti jsou povinny podílet se také státní orgány, orgány územních samosprávných celků, právnické osoby a také fyzické osoby (Zákon 110, 1998). V obecné rovině lze vnímat bezpečnostní systém jako prostředek k zabránění bezpečnostním hrozbám. Funkční bezpečnostní systém by měl být schopen reagovat na výskyt mimořádných událostí, které mohou být vyvolány jak působením člověka, tak i přírody a ohrožují bezpečnost a zdraví obyvatelstva. V některých případech může nastat stav, kdy rozsah mimořádné události je tak značný, že je potřeba vyhlásit krizový stav. V návaznosti na tyto události je podstatné budovat takový bezpečnostní systém, který je na tyto události připravován a následně je schopen je účelně řešit. Cílem příspěvku je popis bezpečnostního systému z pohledu příprav a řešení na vznik mimořádných událostí v území.

### Hodnocení rizika územních celků

Pro přípravu a řešení mimořádných událostí v území, je podstatné vyhodnocení bezpečnostní

situace v území. K posouzení bezpečnostní situace je nezbytnou podmínkou nalezení, analyzování a hodnocení rizik v daném území. Výsledky hodnocení mohou sloužit jako podklad pro návrhy opatření k zabránění vzniku mimořádné události. Dále je lze také využít při přípravě na mimořádné události, jakožto mustr mimořádných událostí, které mohou v území vzniknout a následně se na ně připravit.

Hodnocení rizik v území může probíhat například pomocí analýzy rizik územních celků. Výsledkem analýzy je stanovení celkového rizika v území. Průběh procesu znázorňuje obrázek 1 (Simprokim, 2015).

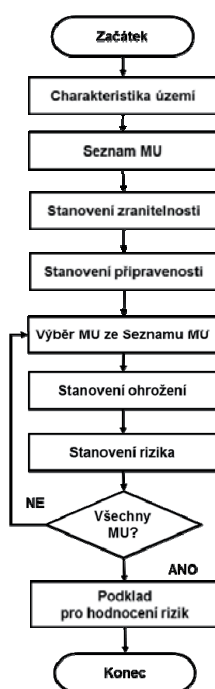
Z obrázku 1 je patrné, že pro získání přehledu o výskytu mimořádných událostí v území, je podstatné znát především charakteristiku území. Charakteristika území je nezbytná pro stanovení ohrožení, zranitelnosti a připravenosti územního celku. Údaje k sestavení charakteristiky se skládají z geografických, demografických, klimatických a hospodářských poměrů v území. Čerpání těchto informací je možné například z havarijního plánu kraje, vnějšího havarijního plánu, územně analytických podkladů, či provedením místního šetření (Simprokim, 2015).

### Bezpečnostní model území

Při hodnocení bezpečnostních poměrů v území, je možné využít zjednodušený bezpečnostní model území, viz obrázek 2. Při zajišťování bezpečnosti v území je důležité brát ohled na chráněné zájmy.

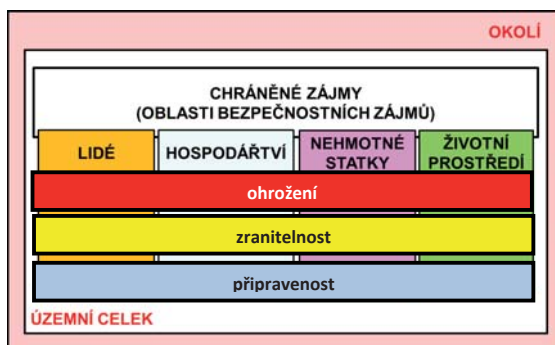
<sup>1</sup> VSB - TU Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství  
Lumírova 13, 700 30 Ostrava - Výškovice  
katerina.tomanova@vsb.cz, vilem.adamec@vsb.cz

Skupiny chráněných zájmů v území tvoří lidé, hospodářství, nehmotné statky a životní prostředí.



Obr. 1 (Simprokim, 2015)

Při plánování bezpečnosti území, bere společnost zřetel právě na tyto pilíře, které je potřeba zahrnout do zajišťování bezpečnostní situace.



Obr. 2 Bezpečnostní model území (Adamec, 2017)

Bezpečnostní situaci v území se rozumí souhrnem objektivně existujících skutečností, které mohou buď přispívat (zranitelnost), nebo bránit (připravenost) vzniku mimořádných událostí, ale zároveň také určovat možné rozměry a následky (ohrožení). Je to stav území k určitému času. Samotný vznik mimořádné události znamená změnu stavu území, která má za následek změnu bezpečnostní situace. Obecně platí, že čím je vyšší míra rizika v území, tím je bezpečnostní situace horší. (Adamec, 2017; Simprokim, 2015).

## Analýza bezpečnostního systému

Bezpečnostní systém slouží jako nástroj k zajištění bezpečnosti území. Zajišťování bezpečnosti v území lze ve zjednodušené podobě vnímat jako dvoufázový proces, který obsahuje fázi přípravy na mimořádné události a fázi řešení na mimořádné události. Tento proces lze označit jako management bezpečnosti území. Na jeho naplňování se podílí řada subjektů, zejména:

- Orgány veřejné správy,
- Záchrané složky,
- Fyzické osoby,
- Právnícké osoby a
- Velení při zásahu.

Práva a povinnosti zmíněných subjektů, jsou ve většině případů dána právním řádem anebo jim jsou nařízena jiným nadřízeným orgánem (Adamec, 2017).

## Fáze přípravy

Cílem fáze přípravy je dosažení výsledkům analýzy rizik odpovídající připravenosti území na mimořádné události. To vyžaduje zajistit nejen připravenost územního bezpečnostního systému, ale i připravenost území samotného. Připravenost územního bezpečnostního systému souvisí s jeho přípravou po stránce:

- Personální,
- Materiální,
- Informační a
- Finanční.

Zajišťování přípravy v personální oblasti představuje prioritně přípravu personálu složek integrovaného záchraného systému napříč všemi úrovněmi řízení. Dále sem spadá personál orgánů krizového řízení, kdy jde především o zaměstnance úřadů a dalších osob, které jsou součástí krizového řízení. Mezi další osoby můžeme zařadit například odborníky, kteří se jakýmkoliv způsobem zapojují do příprav na mimořádné události (Adamec, 2017).

V materiální oblasti se jedná především o disponibilní zdroje integrovaného záchraného systému, tedy o jejich síly a prostředky. Lze také využít prostředky právníckých a podnikajících fyzických osob (dále jen „PaPFO“). Jedná se například o dodání takového prostředku, kterým nedisponuje žádná záchraná složka a pomocí dohody se tyto prostředky od PaPFO dají zajistit. Součástí zajištění materiální oblasti se můžeme také setkat s pohotovostními zásobami a nezbytnými dodávkami v systému hospodářských opatření pro

krizové stavy, které jsou poskytovány na základě vyhlášení krizového stavu (Zákon 241, 2000).

Informační oblast je zaměřena především na informační zdroje, které poskytují informace o daném území. Jedná se tedy o bezpečnostní plány (havarijní plány, krizové plány, apod.), které obsahují opatření a postupy řešení mimořádných událostí a další podstatné informace. V tomto ohledu lze zmínit rovněž regulační opatření, která jsou spojena s vyhlášením krizového stavu, zasahují do práv a povinností obyvatelstva. Jedná se například o snížení spotřeby nedostatkových surovin, výrobků a služeb (Zákon 241, 2000).

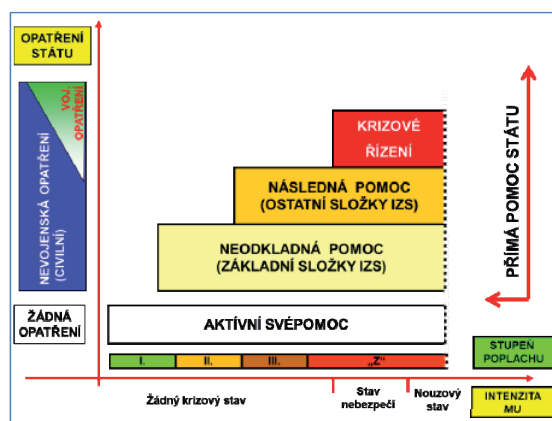
S výše zmíněnými oblastmi souvisí také finanční zabezpečení příprav, řešení a obnovy. Každá obec si dle (Zákon 240, 2000) vymezuje ve svém rozpočtu objem peněz, který slouží k zajištění přípravy, řešení a obnově území.

Poslední oblastí napomáhající k zajištění přípravy území je oblast teritoriální. V tomto případě se jedná o ochranu obyvatelstva (zajištění ochrany obyvatelstva), ochranu infrastruktury, ochranu životního prostředí a územní plánování.

### Fáze řešení

Do fáze řešení jsou zapojeny orgány veřejné správy, záchranné složky a jiné instituce, které se na ni podílejí. Základním principem řešení je především záchrana života a ochrana zdraví osob, identifikace rozsahu následků, způsobených mimořádnou událostí, a jejich likvidace. Systém řešení vzniku mimořádné události je v ČR modulární - viz obrázek 3.

Intenzita řešení závisí na druhu mimořádné události a rozsahu jejich následků. Rozsah následků mimořádné události se vyjadřuje stupněm poplachu, který stanoví množství sil a prostředků nutných pro provedení záchranných a likvidačních prací a způsob jejich organizace a řízení.



Obr. 3 Modulární systém řešení vzniku mimořádné události (Adamec, 2017)

Při vzniku mimořádné události se předpokládá, že osoby vyskytující se na místě, si budou do doby dostavení složek záchranného systému vzájemně pomáhat (aktivní svépomoc). Řízení řešení ze strany státu je založeno prioritně na poskytnutí neodkladné pomoci, kterou poskytují základní složky záchranného systému. V závislosti na rozsahu mimořádné události se aktivuje následná pomoc poskytovaná zpravidla ostatními složkami záchranného systému. V případě, že běžně dostupné zdroje jsou pro řešení nedostačující, je možné využít jako bezodkladného opatření vyhlášení krizového stavu.

Součástí fáze řešení je využívání informací a zkušeností z procesu přípravy. Fáze řešení je časově kratší, než fáze přípravy, nicméně vyžaduje rychlého rozhodování a následného jednání. Nástrojem, který umožňuje rozhodování podpořit a urychlit, je například bezpečnostní dokumentace. Pro velení při řešení by mohla bezpečnostní dokumentace nabídnout odpovědi na otázky typu:

- Jaká mimořádná událost může vzniknout?
- Kde a kdy může nastat?
- Co může poškodit a jak?
- Jaký vliv může mít na řešení?
- Jaké zdroje jsou pro řešení dostupné a jak řešení řídit?
- a další (Adamec, 2017).

V této souvislosti můžeme zmínit například havarijní plán kraje. Ten se skládá z informační části, která obsahuje charakteristiku území, výčet mimořádných událostí, které mohou nastat a jejich možný rozsah. Operativní část obsahuje přehled zdrojů využitelných pro zvládnutí mimořádné události a způsob jejich aktivace. Významným zdrojem informací jsou doporučení obsažená v plánech konkrétních činností, prezentující podrobné postupy realizace vybraných opatření, potřebných pro zvládnutí následků mimořádné události.

Obdobnou strukturu mají i bezpečnostní plány, např. vnější havarijní plán, krizový plán, povodňový plán, apod.

### Závěr

Cílem příspěvku bylo poukázat na fungování územního bezpečnostního systému s ohledem na ochranu obyvatelstva. Jedná se o proces, který zahrnuje dvě fáze, fázi přípravy a fázi řešení. Úkolem bezpečnostního systému je zabezpečení připravenosti území na vznik mimořádné události nebo krizové situace.

První část příspěvku popisuje proces, který předchází přípravě a řešení, tedy zjištění jaké mimořádné události v území mohou vzniknout. Jedná se o zmapování území, pomocí charakteristiky území a následné analýzy rizik, která určí možný vznik mimořádných událostí, které můžou na území působit a také zhodnotí celkové riziko území. Díky takto získaným podkladům a informacím, je následně možné připravit území na vznik mimořádných událostí.

Pokud se budeme zabývat přípravami na vznik mimořádných událostí, může se jednat o delší postup, který se snaží zajistit požadovanou připravenost území a používá k tomu své nástroje. Hlavní zásadou příprav na vznik mimořádné události je ochrana chráněných zájmů, pomocí jednotlivých prvků, které bezpečnost zajišťují. Přípravy na vznik mimořádné události musí být také v souladu s udržitelným rozvojem území, protože je důležité umět reagovat na neustále měnící se charakter území.

Fáze řešení je proces, který se aktivuje až v případě vzniku mimořádné události nebo krizové situace a jedná se především o rychlé řešení a rychlý rozhodovací proces, který bude mít co nejmenší dopad na životy a zdraví obyvatelstva v území. V této fázi se jedná o aktivní svépomoc nebo pomoc poskytnutou státem - tedy řešení události pomocí záchranných složek, anebo v případě vyhlášení krizového stavu, pomocí krizového řízení. Během řešení je také možné využití opatření, které při běžné situaci využít nelze.

Článek vznikl na základě podpory Vysoké školy báňské - TU Ostrava, Fakulty bezpečnostního inženýrství s číslem SGS2019/106 Mechanismu pro sjednocení přístupu k tvorbě bezpečnostních plánů.

## Reference

- Adamec, V. 2009. Bezpečnostní aspekty územního rozvoje. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. Ostrava. 9 s. ISBN 978-80-7385-059-3.
- Adamec, V. 2017. Specialista ochrany obyvatelstva. Sdružení hasičů Čech, Moravy a Slezska. Projekt Zvyšování připravenosti obyvatel a příslušníků HZS na mimořádné události, CZ.03.4.74./0.0/0.0/16\_033/0002973. Ostrava. 121 s.
- Simprokim. 2015. Kolektiv autorů. Metodika pro hodnocení rizika územních celků pro veřejnou správu a Hasičský záchranný sbor ČR. Projekt bezpečnostního výzkumu VG20102015042. Ostrava. 34 s.

Zákon 110, 1998. Ústavní zákon č. 110/1998 Sb., o bezpečnosti České republiky, ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška 380, 2002. Vyhláška Ministerstva vnitra č. 380/2002 Sb., k přípravě a provádění úkolů ochrany obyvatelstva.

Zákon 241, 2000. Zákon č. 241/2000Sb., o hospodářských opatřeních pro krizové stavy a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů.

Zákon 239, 2000. Zákon č. 239/2000Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.

Zákon 240, 2000. Zákon č. 240/2000Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon), ve znění pozdějších předpisů.



# TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ PREVENČIE VZNIKU KRÍZOVÝCH JAVOV

Ing. Zuzana VALÁŠKOVÁ<sup>1</sup>

**Abstrakt:** Základným cieľom krízového manažmentu je predchádzať vzniku krízových javov prírodného i antropogenného pôvodu a v prípade vzniku minimalizovať ich negatívne dôsledky. V súčasnosti sa čoraz častejšie vyskytujú krízové javy najmä prírodného charakteru. V dôsledku týchto skutočností sa v zahraničí poukazuje na význam prevencie vzniku krízových javov a efektívnosť riadenia v procese prevencie. V právnych predpisoch Slovenskej republiky upravujúcich oblasť krízového riadenia nie je termín prevencia definovaná. Vymedzenie termínu prevencia je definovaná v zákone č. 124/2006 Z. z. o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci. Cieľom príspevku je sumarizovať teoretické východiská a zahraničné prístupy prevencie vzniku krízových javov ako podklad na presné vymedzenie termínu prevencia vzniku krízových javov.

**Kľúčové slová:** krízové riadenie, krízový jav, prevencia

## Úvod

Činnosti krízového riadenia sa spájajú so zohľadnením jeho postavenia v systéme verejnej správy. Krízový manažment od národnej po miestnu úroveň v systéme verejnej správy sa spája so špecifickými činnosťami, ktoré sú vykonávané pred vznikom krízového javu alebo počas jeho riešenia. Z pohľadu zamerania krízového manažmentu je základným cieľom predchádzať vzniku krízových javov prírodného i antropogenného pôvodu a v prípade ich vzniku minimalizovať ich negatívne dôsledky. Z tohto dôvodu je prevencia vzniku krízových javov a činnosti v procese prevencie veľmi podstatné. V praxi sú vykonávané rôznorodé činnosti v rámci prevencie, chýba však ukotvenie tohto termínu v terminológii krízového manažmentu ako i v právnych predpisoch upravujúce oblasť krízového riadenia. Úlohy krízového riadenia z časového hľadiska a postupnosti ich plnenia je možné rozdeliť na úlohy vykonávané v období prípravy na riešenie krízových javov a počas ich riešenia. Obdobie prípravy na krízový jav tvorí prevencia spolu s krízovým plánovaním. Do vykonávacej fázy spadá reakcia na krízový jav, jeho riešenie a následná obnova. Z pohľadu terminológie je prevencia, všeobecne vo všetkých oblastiach, chápaná ako snaha predchádzať a vyhnúť sa negatívnym udalostiam. V oblasti krízového riadenia nie je terminológia jednotná, preto sa v praxi používa na rovnakú udalosť, prípadne činnosť rôzne definície.

## 1. Základné pojmy a niektoré terminologické problémy

Pri vymedzení základných termínov a pojmov som vychádzala z terminologického slovníka krízového riadenia schválený uznesením č. 523 vládou Slovenskej republiky v roku 2005, Ústavného zákona o bezpečnosti štátu v čase vojny, vojnového stavu, výnimočného stavu a núdzového stavu, zo zákona o civilnej ochrane obyvateľstva ako i z odborných publikácií zameraných na bezpečnosť spoločnosti, krízové riadenie a proces prevencie vzniku krízových javov. Bezpečnosť spoločnosti sa spája s bezpečnostným prostredím, s možným výskytom rizík, ktoré ohrozujú obyvateľov, ich majetok a životné prostredie. Zo všeobecného pohľadu označuje termín bezpečnosť stav, v ktorom sa daný subjekt necíti byť ohrozený. Termín je spájaný s rôznymi situáciami a súvislosťami. V terminologickom slovníku krízového riadenia je bezpečnosť definovaná ako: „stav spoločenského, prírodného, technického, technologického systému alebo iného systému, ktorý v konkrétnych vnútorných a vonkajších podmienkach umožňuje plnenie stanovených funkcií a ich rozvoj v záujme človeka a spoločnosti“ (Šimák a kol. 2005) “. Podľa Volnera bezpečnosť je stav, keď si ľudia isté nebezpečenstvá uvedomujú, ale majú schopnosť, možnosti a nástroje im odolávať, eliminovať a odhaliť ich negatívne dopady (Volner 2012).

<sup>1</sup> VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostného inžinýrství  
Lumírova 13, 700 30 Ostrava - Výškovice  
zuzana.valaskova@vsb.cz

Terminologický slovník krízového řízení ČR definuje bezpečnost jako stav, kdy je systém schopný odolat předvídatelným ale i neočekávaným vonkajším a vnitřním hrozbám, které mohou nepříznivo ovlivnit celý systém, nebo jeho jednotlivé prvky tak, aby byla zachována struktura systému, jeho stabilita v souladu s jeho cílem. Bezpečnost je tedy míra stability systému a jeho primární a sekundární adaptace (terminologický slovník krízového řízení ČR). V Ústavním zákoně č. 227/2002 Z. z. o bezpečnosti státu v čase vojny, vojnového stavu, výjimečného stavu a nouzového stavu je bezpečnost definována jako: „stav, v kterém je zachovávaný míra a bezpečnost státu, jeho demokratický pořádek a zvrchovanost, územní celistvost a nedotknutelnost hranic státu, základní práva a svobody a v kterém jsou chráněny životy a zdraví osob, majetek a životní prostředí“ (Ústavní zákon č. 227/2002 Z. z.). Vycházející z uvedených definic je možné konstatovat, že bezpečnost je stav systému ovlivněný vonkajšími i vnitřními podmínkami, kterým je schopný odolat a umožňuje plnění stanovených funkcí, jako například zvyšování míry jeho stability v zájmu člověka a společnosti.

Dalším často používaným termínem je krizový jev (KJ). Tento termín je možné použít na všeobecné pomenování kriz, mimořádných událostí a krizových stavů. V praxi je nejasnost mezi uvedenými termíny. Jako uvádí (Šimák 2015) krizový jev je: „skutečnost, která narušila nebo znemožnila fungování, existenci nebo rozvoj procesů nebo systémů. Krizová situace (KS) podle (Šimák 2015) představuje: „situaci, která svým charakterem, negativními účinky a rozsahem vážně naruší, případně změní hospodářsky nebo společenský chod státu, územního celku nebo konkrétního subjektu“. V Ústavním zákoně je KS definována jako: „období, počas kterého je bezprostředně ohrožena nebo narušena bezpečnost státu a ústavní orgány mohou po splnění podmínek ustanovených v tomto ústavním zákoně na její řešení vyhlásit vojnu, vyhlásit vojnový stav nebo výjimečný stav, nebo nouzový stav“ (Ústavní zákon 227/2002 Z. z.). Krizový stav ( $K_{st}$ ) je potom: „právní stav vyhlášený kompetentním orgánem veřejné správy na určitém území na řešení krizové situace v přímé závislosti na její charakteru a rozsahu“ (Šimák 2015).

Mimořádná událost (MU) se nazývá jako: „neočekávaný zvrat ve vývoji jevu nebo průběhu procesu, který způsobí výrazné narušení jeho stability a funkčnosti, což má za následek značné škody a ztráty na životech a zdraví osob, majetku a životním prostředí“ (Šimák 2015). Podle zákona

o občanské ochraně obyvatelstva je MU živelná pohroma, havária, katastrofa, ohrožení veřejného zdraví II. stupně a teroristický útok. Mimořádná situace (MS) je: „období ohrožení nebo období působení následků MU na život, zdraví nebo majetek, počas kterého se vykonávají opatření na záchranu života, zdraví nebo majetku, na snižování rizik ohrožení nebo činnosti nevyhnutelné na zamedzení šíření a působení následků mimořádné události“ (Zákon 42/1994 Z. z.). Vyhlásuje a odvolává ji kompetentní orgán veřejné správy nebo právnická osoba na ohroženém území prostřednictvím hromadných informačních prostředků. Na obrázku 1 jsou znázorněny jednotlivé termíny v souvislosti s krizovým jevem a jejich vzájemná souvislost.

Rizika jsou vnímána jako objektivní jevy, procesy a vztahy, které si člověk uvědomuje a které mají přímý vztah k hodnotám společnosti, kterých existenci ohrožuje (Bartlák 2008). Všeobecně termín riziko je společností vnímán jako negativní událost. Podle terminologického slovníka krízového řízení riziko je: „potencionální možnost narušení bezpečnosti systému, objektu nebo procesu. Je to pravděpodobnost vzniku KJ a jeho důsledku“ (Šimák a kol. 2005). Terminologický slovník pojmů z oblasti krízového řízení v České republice definuje termín riziko jako možnost, že s určitou pravděpodobností vznikne událost, kterou je možné z bezpečnostního hlediska považovat za nežádoucí a toto riziko možné vždy odvodit od konkrétní hrozby. Pravděpodobnost negativních následků vyplývajících z hrozby a zranitelnosti (objektu) je možné posoudit na základě analýzy rizik (Terminologický slovník ČR 2016). Drennat a McConnel uvádějí, že riziko je změna, která má vliv na konečný cíl nebo stav prostředí. Podobně jako jiní autoři riziko vnímají jako nečekané události, respektive očekávané s určitou pravděpodobností a důsledky negativními nebo pozitivními (Drennat, McConnel 2010). Toto vnímání je však spojeno většinou s riziky v hospodářském prostředí, a když ho nemožno vyloučit ani v prostředí státní správy.

Termín ochrana je možné chápat jako: „súhrn systémových opatření, činností a prostředků na prevenci a odstránenie následkov súčasných a potencionálnych vnútorných i vonkajších ohrožení ľudí, životného prostredia, materiálnych hodnôt“ (Šimák a kol. 2005).



Obr. 1 Rozdelenie krízových javov podľa definícií v právnych predpisoch

Preventívne opatrenia sú prijaté opatrenia v dôsledku negatívnych udalostí a ich cieľom je predísť týmto udalostiam alebo v prípade ich výskytu minimalizovať škody a straty (Terminologický slovník ČR). Vzhľadom na neustále dynamické zmeny v prostredí vzniká opodstatnená potreba prijímať účinné preventívne opatrenia. Preventívne opatrenia sa navrhujú na základe identifikácie rizikových činiteľov a posudzovania rizík. V tomto prípade štát zaisťuje bezpečnosť svojich občanov prostredníctvom činností krízového manažmentu od národnej až po miestnu úroveň. Krízový manažment je špecifická oblasť manažmentu založená na jeho všeobecne platných princípoch a funkciách s rešpektovaním osobitostí krízových javov. Termín krízový manažment nie je definovaný v právnych normách. V zákone č. 387/2002 Z. z. o riadení štátu v krízových situáciách mimo času vojny a vojnového stavu sa používa termín krízové riadenie mimo času vojny a vojnového stavu a definuje sa ako: „súhrn riadiacich činností orgánov krízového riadenia, ktoré sú zamerané na analýzu a vyhodnotenie bezpečnostných rizík a ohrození, plánovanie, prijímanie preventívnych opatrení, organizovanie, realizáciu a kontrolu činností vykonávaných pri príprave na krízové situácie (mimo času vojny a vojnového stavu) a pri ich riešení“ (Zákon č. 387/2002 Z. z.). V terminologickom slovníku krízového riadenia je krízový manažment definovaný ako: „súhrn činností vecne príslušných inštitúcií určených na analýzu bezpečnostných rizík a ohrození, na monitorovanie rizikových činiteľov, na prevenciu vzniku krízových situácií, na plánovanie, organizovanie, uskutočňovanie a kontrolu činností určených na vytváranie podmienok na riešenie krízových situácií“ (Šimák a kol. 2005). Antušák definuje krízový manažment ako súbor prístupov, metód a opatrení uplatňovaných v hierarchickom a funkčne prepojenom systéme orgánov verejnej správy, právnických a fyzických osôb, ktorého

cieľom je minimalizovať možnosti vzniku kríz ako aj v prípade už vzniknutej krízy redukovať ich rozsah dopadov a minimalizovať dobu trvania kríz. Poukazuje aj na dôležitosť odstraňovania dôsledkov pôsobenia negatívnych krízových faktorov a obnovu systému (Antušák 2009).

V zahraničnej literatúre sa proces prevencie spája okrem termínu prevention (prevencia) aj s termínom mitigation (zmiernenie). Federálna agentúra krízového riadenia (FEMA) definuje prevenciu ako činnosti a opatrenia potrebné na to, aby sa zabránilo bezprostrednej hrozbe. Patria tu činnosti spojené s identifikáciou rizikových činiteľov. Zdôrazňuje význam zabezpečenia včasných a relevantných informácií a ich koordináciu nielen v zložkách krízového manažmentu ale i obyvateľom. Termín zmiernenie je chápaný ako prijaté opatrenia na zníženie rizík a hrozieb za účelom minimalizovania negatívnych dopadov na život a majetok. V súvislosti s prijímaním týchto opatrení musia spolupracovať orgány štátnej správy od národnej po miestnu úroveň, pričom dôraz je kladený na posudzovanie rizík na regionálnej úrovni, alebo inak nazývané posúdenie odolnosti regiónu voči rizikám. V rámci prijímania preventívnych opatrení môžu kompetentné osoby s rozhodovacími právomocami vykonávať kvalifikované kroky na znižovanie rizík (FEMA 2011).

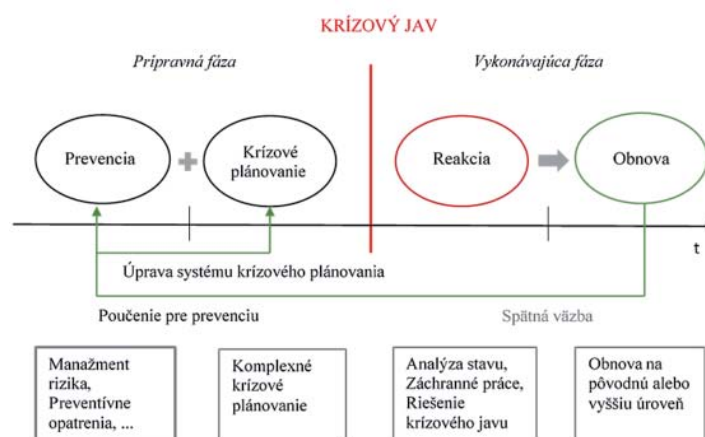
Podľa medzinárodnej organizácie na znižovanie následkov katastrof United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR) prevencia predstavuje koncepciu vopred prijatých opatrení na úplne zabránenie potenciálnym nepriaznivým vplyvom KJ. Keďže rizikám vzniku KJ nie je možné sa úplne vyhnúť, úloha prevencie sa mení na zmiernenie, ktoré predstavuje zníženie alebo obmedzenie nežiaducich účinkov negatívnych udalostí. Pod opatrenia zmiernenia patrí aj zabezpečenie odolnosti voči nepriaznivým vplyvom krízových javov, ako aj zvyšovanie povedomia verejnosti v oblasti preventívnej výchovnej činnosti (UNISDR 2009). V zahraničných publikáciách sa z tohto dôvodu v niektorých prípadoch nerozlišuje, prípadne zamieňa termín prevencia a zmiernenie. Podľa Šimáka je prevencia súčasťou krízového riadenia a je ju možné chápať ako proces, ktorého hlavným cieľom je minimalizovať možnosť vzniku krízových javov na základe prijímania adekvátnych preventívnych opatrení (Šimák, 2015). Tieto opatrenia je možné prijať po dôkladnom posúdení rizík a ich rozdelení na riziká akceptovateľné a neakceptovateľné. Vzhľadom na výrazný nárast

a závažnosť krízových javov spôsobených prírodnými činiteľmi ako i antropogénnou činnosťou má prevencia vzniku krízových javov zásadný význam. Toto konštatuje aj Komisia Európskej únie, a preto odporúča využívať medzinárodné normy v oblasti posudzovania a riadenia rizík a zjednocovať prístup v oblasti manažmentu rizík. Podľa viacerých autorov manažerstvo rizika je jedným z najúčinnějších nástrojov prevencie a poskytuje rámec pre koordinované činnosti riadenia a kontroly súvisiace s posudzovaním a riadením rizík. Proces manažmentu rizík je systematické uplatňovanie manažérskych postupov a metód zavedených do praxe pri činnostiach zisťovania a identifikovania zdrojov rizík, ich analyzovania, hodnotenia, znižovania, monitorovania a preskúmania. Podľa UNISDR je to systematický prístup a prax riadenia neistoty s cieľom minimalizovať potenciálne škody a straty.

Ďalším z kľúčových faktorov pri prevencii a predchádzaní krízovým javom je taktiež zvyšovanie povedomia obyvateľov o rizikách ich vzniku a o možnostiach ako sa pred nimi chrániť, alebo v prípade ich vzniku ako minimalizovať ich dopad na jednotlivca. V zahraničnej literatúre sa používa slovné spojenie social awareness. Terminologický slovník UNISDR to definuje ako rozsah všeobecných poznatkov o rizikách vzniku krízových javov, faktoroch, ktoré ich spôsobujú a činnostiach, ktoré je možné podniknúť (individuálne ako aj kolektívne) za účelom zníženia vystaveniu sa nebezpečenstvu. Dôraz je kladený na rozvoj a šírenie informácií prostredníctvom sociálnych médií, vzdelávania obyvateľov, zriaďovaní informačných centier.

## 2. Súčasné poňatie prevencie v systéme krízového riadenia

Prevencia je jednou z fáz cyklu krízového riadenia a patrí do prípravnej fázy, ktorá je zameraná na prípravu opatrení administratívneho, organizačného, personálneho, technického, ale i legislatívneho charakteru na predchádzanie vzniku krízových javov a v prípade ich vzniku na minimalizovanie ich negatívnych dôsledkov. V odborných publikáciách zaoberajúce sa problematikou krízového manažmentu, nielen vo verejnej správe, ale aj v hospodárskom prostredí, je proces krízového riadenia delený do fáz. V praxi krízového manažmentu je možné deliť krízové riadenie na štyri fázy: prevencia, krízové plánovanie, reakcia na krízu a obnova.



Obr. 2 Model krízového riadenia  
(Upravený z publikácie Šimák 2015)

Podľa publikácie Šimák 2015 všeobecný model krízového riadenia alebo v zahraničných publikáciách uvádzaný skôr cyklus krízového riadenia. Nielen všeobecne, ale aj činnosti v procese prevencie je potrebné optimalizovať. V každej fáze modelu (cyklu) krízového riadenia je možné využívať nástroje zvyšovanie efektivity úloh. Na obrázku 2 je možné vidieť väzby, ktoré sú dôležité z pohľadu zefektívnenia procesu prevencie dôležité. V zahraničnej literatúre do fázy prevencie spadá okrem termínu prevention (prevencia) aj termín mitigation (zmiernenie), čo predstavuje prijímanie opatrení na zníženie rizík a hrozieb za účelom minimalizovania ich negatívnych dopadov. Dôraz je pritom kladený na posudzovanie rizík, alebo inak nazývané posúdenie odolnosti voči rizikám, už na regionálnej úrovni. V každej fáze krízového riadenia je možné využívať nástroje na jej účinné vykonávanie. Vychádzajúc z definícií zahraničných publikácií je manažment rizík systémom na zmiernovanie rizík, ktorý využíva rad preventívnych opatrení.

Prevencia je všeobecne vo všetkých oblastiach chápaná ako snaha predchádzať a vyhnúť sa negatívnym udalostiam. V rámci prevencie sú vykonávané analytické činnosti na posúdenie aktuálnych, ako aj budúcich (očakávaných) charakteristík prostredia a v závislosti na ich vyhodnotení sa pripravujú preventívne opatrenia. Ako už bolo uvedené v právnych predpisoch termín prevencia na úseku krízového riadenia nie je definovaná. Vymedzenie termínu prevencia je definovaná v zákone č. 124/2006 Z. z. o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci a na účely tohto zákona predstavuje: „systém opatrení plánovaných a vykonávaných vo všetkých oblastiach činnosti zamestnávateľa, ktoré sú zamerané na vylúčenie alebo obmedzenie rizika a faktorov podmieňujúcich

vznik pracovních úrazov, chorôb z povolania a iných poškodení zdravia z práce, a určenie postupu v prípade bezprostredného a vážneho ohrozenia života alebo zdravia zamestnanca“ (Zákon č. 124/2006 Z. z). Terminologický slovník pojmov z oblastí krízového riadenia ČR definuje prevenciu ako: „súbor opatrení, ktorých cieľom je predchádzanie mimoriadnym udalostiam a krízovým situáciám, prípadne škodlivým činnostiam. Opatrenia sú pasívne (technické, organizačné a vzdelávanie obyvateľov) a aktívne (výstavba systémov, ktoré znižujú mimoriadnej situácie a pod)“ (Terminologický slovník MV ČR 2016).

Termín prevencia sa spája s termínom riziko a jej cieľom je čo najviac krízovým javom predchádzať, alebo ich aspoň minimalizovať a byť na ne pripravený s potrebnými preventívnymi opatreniami. V tabuľke 1 sú zhrnuté činnosti uskutočňované vo fáze prevencie.

Tab. 1 Činnosti v procese prevencie

Druh prevencie	Činnosti uskutočňované v rámci prevencie
Prevencia vzniku KJ	- komplexné posudzovanie rizík
	- znižovanie rizík
	- monitorovanie rizikových činiteľov
	- výber a priebežná príprava pracovníkov
	- účinná kontrola všetkých činností
	- interné komunikácie v rámci okresných úradov
	- externé komunikácie okresných úradov s predstaviteľmi obcí a obyvateľstvom
Prevencia negatívnych dôsledkov KJ	- komplexné krízové plánovanie
	- príjem a vyhodnocovanie monitorovaných údajov a informácií o vzniku krízových javov
	- prevádzkovanie systému varovania a vyzrozumenia
	- vytváranie záchranných jednotiek a ich priebežne technické zabezpečovanie
	- zabezpečovanie pripravenosti záchranných jednotiek v prípade vzniku krízových javov
	- príprava obyvateľov v rámci systému civilnej ochrany

V rámci prevencie na úrovni krajov a okresov je potrebné do činnosti v rámci prevencie zahrnúť aj interné komunikácie v rámci okresných úradov a externé komunikácie okresných úradov s predstaviteľmi obcí a obyvateľstvom. Úlohou prevencie v krízovom manažmente je aj pripravovať podklady na krízové plánovanie. Tieto činnosti

sú uvedené v tabuľke 1 ako úlohy prevencie negatívnych dôsledkov.

Na základe vyššie uvedeného budem proces prevencie na úrovni miestnej štátnej správy chápať ako súbor zásad, využívania nástrojov a špecifických postupov, prostredníctvom ktorých subjekty s pridelenými kompetenciami prijímajú rozhodnutia a vykonávajú ďalšie manažérske činnosti za účelom predchádzania a znižovania rizík. Svoje rozhodnutia o prijímaní preventívnych opatrení implementujú do praxe s cieľom zabezpečiť ochranu obyvateľov v regióne ako aj ich majetku a ochranu životného prostredia pre účinkami krízových javov.

## Záver

Cieľom príspevku bolo sumarizovať teoretické východiská a zahraničné prístupy prevencie vzniku krízových javov ako podklad na presné vymedzenie termínu prevencia vzniku krízových javov v terminológii krízového riadenia na Slovensku. V Slovenskej republike v rámci činností prevencie majú orgány krízového riadenia povinnosť vypracúvať analýzu územia z hľadiska možných mimoriadnych udalostí. Na základe analýzy sú navrhované preventívne opatrenia a s nimi súvisiace činnosti. Tieto opatrenia sa na jednotlivých úrovniach krízového riadenia navzájom odlišujú. Subjekty podieľajúce sa na vykonávaní analýz územia, na základe charakteristiky a špecifik územného obvodu, identifikujú možné riziká vzniku mimoriadnych udalostí a následne ich posudzujú. Na základe toho je možné pripravovať a vypracúvať preventívne opatrenia.

Téma prevencie a potreba preventívnych opatrení je stále viac aktuálna. Význam prevencie krízových javov je zdôrazňovaná aj v zahraničí. V súvislosti s predchádzaním vzniku krízových javov sa organizujú rôzne konferencie, vznikajú krízové centrá v spolupráci akademickej pôdy s inštitúciami krízového riadenia, alebo národné agentúry na systém riadenia rizík. Takýmto spôsobom je možné hľadať nové spôsoby, prístupy a nástroje na zlepšovanie rozhodovania a v konečnom dôsledku dosiahnuť lepšiu prípravu na krízové javy. Aj preto považujem za potrebné či už v terminológii krízového riadenia alebo v právnych predpisoch pre túto oblasť definovať termín prevencia vzniku krízových javov.

## Literatúra

- ANTUŠÁK, E.: Krizový management. Hrozby - krize - příležitosti. Praha: Wolters Kluwer, 2010. ISBN 978-80-7357-488-8.
- ČECHÁK, V. Ke specifikaci "krizového řízení" v oblasti veřejné správy. [on line]. [cit. 2019-04-25]. In The Science for Population Protection. Vol. 4. Zvláštní vydání: Sborník z konference "Krizový management 2012. Analýza rizika a ekonomika prevence", 25.-26. 6. 2012, Lázně Bohdaneč: Institut ochrany obyvatelstva, s. 15-20. ISSN 1803-568X. Dostupné na: <http://www.upce.cz/fes/urbv/akce-a-zajimavosti/archiv-konferenci/krm/2012/krm2012.pdf>
- DONNELLY, J., GIBSON, J., IVANCEVICH, J. Management. Prvé vydanie. Praha: Grada Publishing, 1997. ISBN 80-7169-422-3.
- Integrated Risk Management. Its importance in protecting people and their livelihoods. Federal Office for Civil Protection. Bern, Switzerland, 2014. [online]. PreventionWeb. [cit. 2019-05-08]. Dostupné na: [http://www.preventionweb.net/files/39990\\_39990880\\_64ebroschuereirmweb1.pdf](http://www.preventionweb.net/files/39990_39990880_64ebroschuereirmweb1.pdf)
- ISHIKAWA, A., TSUJIMOTO, A. Risk and crisis management 101 cases. Shumpusha Publishing, 2006. ISBN 13 978-981-4273-89-3.
- JÁNOŠIKOVÁ, G. Riešenie krízových javov na regionálnej úrovni. Dizertačná práca. Žilina: FBI Žilinskej univerzity 2011.
- National Preparedness Goal. Federal Emergency Management Agency, 2011. First Edition. [online]. [cit. 2019-04-18]. Dostupné na: <https://www.fema.gov/pdf/prepared/npg.pdf>
- Posúdenie rizík Slovenskej republiky v súlade s článkom 6 rozhodnutia EP a R č. 1313/2013/EÚ. MV SR Sekcia krízového riadenia, 2015.
- Risk Assessment and Mapping Guidelines for Disaster Management, 2010 [online]. European Civil Protection and Humanitarian Aid Operations. [cit. 2019-04-17]. Dostupné na: [https://ec.europa.eu/echo/files/about/COMM\\_PDF\\_SEC\\_2010\\_1626\\_F\\_staff\\_working\\_document\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/echo/files/about/COMM_PDF_SEC_2010_1626_F_staff_working_document_en.pdf)
- ŠIMÁK, L.: Krizový manažment vo verejnej správe. 2. prepracované vydanie. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 2015. ISBN 80-88829-13-5.
- ŠIMÁK, L.: Manažment rizík. Žilina: FBI Žilinskej Univerzity, 2006. [online]. Katedra krízového manažmentu. [cit. 2019-04-20]. Dostupné na: [http://fsi.uniza.sk/kkm/files/publikacie/mn\\_rizik.pdf](http://fsi.uniza.sk/kkm/files/publikacie/mn_rizik.pdf)
- Terminologický slovník pojmu v oblasti krízového řízení, ochrany obyvatelstva, enviromentální bezpečnosti a plánování obrany státu. Praha, 2016. [online]. Ministerstvo vnitra České republiky. [cit. 2019-04-24]. Dostupné na: <http://www.mvcr.cz/clanek/terminologicky-slovník-krizove-rizeni-a-planovani-obrany-statu.aspx>
- Terminology on Disaster Risk Reduction. United Nations International Strategy for Disaster Reduction, 2009. [online]. [cit. 2019-04-21]. Dostupné na: [http://www.unisdr.org/files/7817\\_UNISDRT\\_terminology\\_English.pdf](http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRT_terminology_English.pdf)
- Ústavný zákon č. 227/2002 Z. z. o bezpečnosti štátu v čase vojny, vojnového stavu, výnimočného stavu a núdzového stavu.
- VOLNER, Š. 2012: Bezpečnosť v 21. storočí. Bratislava IRIS. ISBN 978-80-89256-74-7.
- Zákon č. 180/2013 Z. z. o organizácii miestnej štátnej správy a o zmene a doplnení niektorých zákonov.
- Zákon č. 42/1994 Z. z. o civilnej ochrane obyvatelstva a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

# UMĚLÁ INTELIGENCE JAKO NÁSTROJ OCHRANY KRITICKÉ INFRASTRUKTURY

Ing. Jan VÁVRA<sup>1</sup>, doc. Ing. Martin HROMADA, Ph.D.<sup>1</sup>

**Abstrakt:** Technologie se stala nedílným prvkem současné společnosti. Soudobý přechod od průmyslové společnosti k informační společnosti je doprovázen implementací nových technologií do každé části lidské činnosti. Zvyšující se tlak na aplikaci informačních a komunikačních technologií v oblastech kritické infrastruktury zapříčiňuje vznik nových zranitelností. Tradiční přístupy pro zajištění bezpečnosti se stávají neefektivními. Z tohoto pohledu je využití umělé inteligence další evolučním krokem, který poskytuje robustní řešení i pro velmi rozsáhlé a komplexní systémy. Tato práce je zaměřena na zhodnocení využitelnosti metod umělé inteligence, jako je strojové učení, pro ochranu prvků kritické infrastruktury prostřednictvím detekce anomálního chování.

**Klíčová slova:** umělá inteligence, strojové učení, kritická infrastruktura, detekce anomálií

## Úvod

Technologie v posledních několika dekadách zaznamenala exponenciální růst v oblastech efektivity a funkcionality. Systémy založené na zmíněných technologiích využívají automatizace, digitalizace, robotizace a jsou často vzájemně propojeny s využitím vzdáleného řízení. Mluvíme o revoluci v podobě tzv. „průmyslu 4.0“, který v budoucnu ovlivní většinu aspektů lidské společnosti. Frank et. all [1] ve své publikaci prezentoval základní atributy, ve kterých je průmysl 4.0 uplatňován. Jedná se o integraci, řízení energií, vystopovatelnost tzv. „traceability“, automatizace, virtualizace a flexibilita pomocí technologií jako je internet věcí (internet of things - IoT), „cloud computing“, „big data“ a analytika. Právě dvě posledně jmenované technologie („big data“ a analytika) jsou podle řady autorů považovány za největší motory průmyslové revoluce 4.0. [1] Do této skupiny řadíme techniky dobývání dat („data mining“) a strojového učení („machine learning“), které jsou základním předmětem tohoto článku.

Automatizované a autonomní nahrazení klasické lidské činnosti je cílem popisované revoluce. Z důvodu zvýšení efektivity jsou komunikačně propojovány i takové technologické celky spadající do oblasti kritické informační infrastruktury (KII). Z tohoto důvodu jsou systémy KII zatíženy značným tlakem z pohledu nových hrozeb, jakými

jsou například kybernetické útoky. Zvláště ohrožené jsou řídicí průmyslové systémy (Industrial Control System - ICS), jelikož představují skupinu systémů přímo ovlivňující fyzický svět. Z tohoto důvodu představují velmi ceněný cíl pro mnoho útočníků. Zranitelnost ICS se v posledních letech zvýšila především z důvodu propojování s podnikovými informačními systémy. Výpadek těchto systémů má za následek ohrožení života, zdraví obyvatelstva, základních služeb nebo životního prostředí.

Ochrana komplexních systémů jako je ICS skýtá nové výzvy pro odborníky v oblasti kybernetické bezpečnosti. Ochránit systémy, které v reálném čase generují statisíce multidimenzionálních záznamů za jednu hodinu, je velice náročný úkol na čas i prostředky. Z tohoto důvodu je vhodné využít technik umělé inteligence v podobě dobývání data a strojového učení.

V rámci této práce je představeno základní rozdělení oblastí strojového učení, které mohou být využity při ochraně kritické infrastruktury. Demonstrace jednotlivých technik je demonstrováno na příkladu detekce anomálií síťového provozu v rámci ICS.

## 1. Rozčlenění základních oblastí strojového učení

Umělá inteligence je multidisciplinární vědou, která je založena na imitaci procesů biologických,

<sup>1</sup> Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky  
Nad Stráněmi 4511, 760 05 Zlín  
jvavra@utb.cz, hromada@utb.cz

kde receptory jsou reprezentovány senzory a kognitivní funkce jsou reprezentovány algoritmem (modelem) jako jsou například umělé neuronové sítě. Podstatou umělé inteligence je přimět, naučit výpočetní techniku vyřešit předložené problémy podobně jako by to udělal člověk. Jaký je však vztah mezi umělou inteligencí a strojovým učením? Russell et. all [2] ve své publikaci definoval strojové učení jako podskupinu umělé inteligence, která se umí přizpůsobit novým okolnostem. [2] Z tohoto pohledu je strojové učení dynamické povahy s adaptivními schopnostmi. Tyto algoritmy jsou schopny adaptace a učení na nových datech bez jakéhokoliv zásahu člověka. Strojové učení využívá předložená data, ze kterých vyvozuje informace o jejich charakteru. Tyto znalosti umožňují vytváření predikcí o nových datech. Segaran [3] ve své publikaci poukazuje základní fakt, že jakákoliv data, která nejsou zcela náhodná, v sobě obsahují vzory. Tyto informace poté algoritmus generalizuje kvůli oddělení důležitých informací od nepodstatných, na kterých je poté vytvořen model pro predikce. [3]

Následující podkapitoly se zabývají rozčleněním strojového učení do čtyř základních oblastí v závislosti na způsobu učení, predikce a formátu vstupních dat. Každý z algoritmů strojového učení lze klasifikovat do jedné z definovaných oblastí. Jedná se o oblasti: učení s učitelem, učení bez učitele, kombinace učení s učitelem a učení bez učitele, zpětnovazebné učení. První tři oblasti jsou vysvětleny na příkladu detekce kybernetických útoků. U každé z těchto skupin se opakují postupy pro úpravy dat do podoby, která umožňuje jejich využití pomocí algoritmu pro strojové učení. Úpravy dat budou podrobněji vysvětlené v následující kapitole.

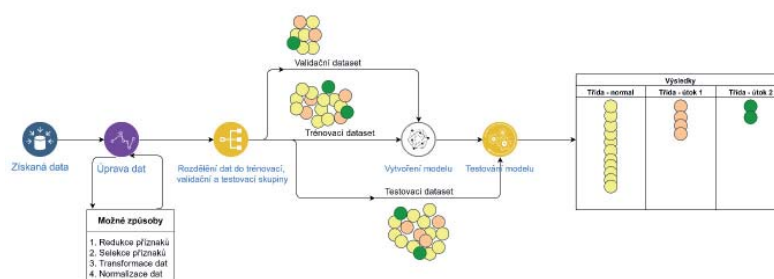
### 1.1. Učení s učitelem

Algoritmy spadající do oblasti učení s učitelem jsou elementárně závislé formě vstupních dat neboli datasetu. Dataset je souborem získaných dat určitého formátu. Nejčastěji se jedná o maticovou strukturu, kde jednotlivé sloupce představují příznaky (proměnné), určité vlastnosti dat a řádky představují dílčí záznamy jednotlivých událostí. Je nezbytně nutné, aby každý datový bod (řádek v tabulce), byl označen, do jaké třídy patří. V případě kybernetické ochrany je nutné, aby každý záznam v datasetu, byl označen podle toho, o jaký kybernetický útok se jedná. Algoritmu je předložen jeden záznam po druhém a zároveň dostane informace o tom, do jaké třídy dotčený záznam patří. V závislosti na vložených

datech může zvolený algoritmus vyhledat potřebné vzory pro jednoznačnou identifikaci třídy, což může využít pro predikci dalších výsledků. Tedy například klasifikaci jestli jde o kybernetický útok a typ tohoto útoku.

Upravená data jsou rozdělena do tří základních skupin. Data pro trénování modelu jsou velmi důležitou částí celého procesu učení. Na nich záleží, jak komplexní bude vytvořený model. Validací dataset je využit pro objektivní zhodnocení procesů spojených s trénováním, nastavení parametrů nebo zhodnocení generalizace modelu. Podle svého určení je využíván v průběhu trénování k evaluaci tohoto procesu. Testovací dataset je vytvořen za účel finálního zhodnocení vlastností vytvořeného modelu. V podstatě představuje soubor dat, se kterými je vytvořený model konfrontován v reálném provozu.

V obr. 1 je popsán proces trénování, validace a testování vytvořeného modelu prostřednictvím učení s učitelem. Je nutné poznamenat, že každý z datasetů nesmí sdílet společná data z důvodu zachování konzistentnosti validace a testování. Jelikož se jedná o tvorbu modelu učení s učitelem tak každý z datových bodů je označen: žlutá barva představuje data v rámci normálního provozu sledovaného systému, růžová data náleží k útoku 1 a zelená data patří k útoku 2. V rámci této oblasti je vytvořený model přesně identifikovat z testovacího datasetu, jestli přijatá data spadají do oblasti normálního chodu systému, popřípadě jestli se jedná o útok typu 1 nebo útok 2. Nutno je však podotknout, že přístup k detekci anomálií zvláště v oblasti kybernetické bezpečnosti skýtá značné nedostatky. Zprv je velmi obtížné až nemožné získat dataset, který by obsahoval označená data všech kybernetických útoků. Tudíž jsou tyto algoritmy využity zejména pro systémy v rámci, kterých je poměrně jednoduché získat dataset obsahující data pro všechny možné stavy. Jedním ze známých úkolů je rozpoznání textu, kde text může nabývat jen konečného množství znaků.



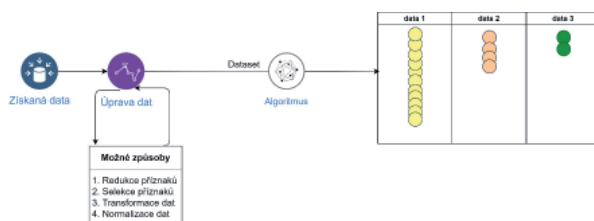
Obr. 1 Detekce anomálií založená na strojovém učení s učitelem



## 1.2. Učení bez učitele

Učení bez učitele není založeno na tvorbě modelu. Místo toho využívá algoritmu k tomu, aby vyhledal strukturu v rámci předložených dat. Místo toho abychom našli odpověď na zadanou otázku, např. jestli určitá data pocházejí z kybernetického útoku, tak hledáme spojení mezi jednotlivými datovými body. Russell et. all [2] ve své publikaci popsal učení bez učitele na příkladu klasifikace hvězd podle jejich spektra. Konstatuje, že pro vytvoření jednotlivých tříd jako je červený obr nebo bílý trpaslík bylo nutné využít algoritmů pro učení bez učitele jako je například klastrování. Podle toho bylo následně možné zavést tyto názvy, ke kterým přísluší určité vlastnosti hvězd. [2]

Oproti učení s učitelem, zde nepotřebujeme žádné další informace o třídě. Také nevyužíváme modelů. Získaná data předložíme algoritmu, a ten je separuje do skupin v závislosti na charakteru dat. Výsledek může na první pohled vypadat podobně jako v případě učení s učitelem. Avšak je zde jeden podstatný rozdíl. Nelze konstatovat, jaká skupina náleží do skupiny normálního chodu systému, kybernetického útoku 1 popřípadě kybernetického útoku 2. Nutné také poznamenat, že takto jednoznačně rozdělené skupiny dat se v reálném případě příliš nevyskytují. Ve velké řadě případů jsou zástupci jedné skupiny obsaženi i v jiné. Avšak pro názornou demonstraci byl použit prezentovaný příklad. Výhodou tohoto řešení je identifikace různých skupin dat bez další nutné znalosti. Nevýhodou pro určité úkoly je neznalost podstaty skupin dat.

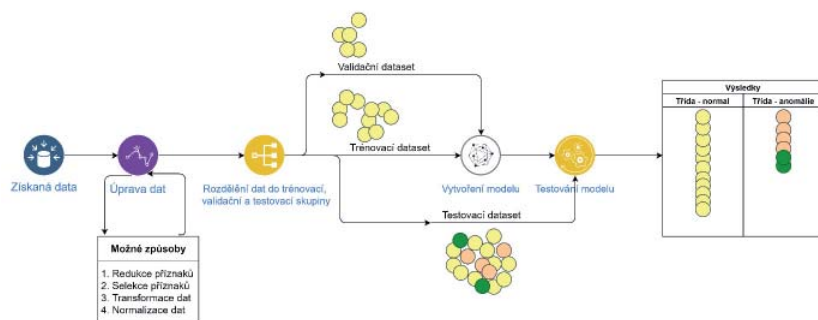


Obr. 2 Detekce anomálií založená na strojovém učení bez učitele

## 1.3. Kombinace učení s učitelem a učení bez učitele

Třetí skupinou algoritmů strojového učení vychází z obou předchozích skupin a je jejich pomyslnou kombinací. Podle obr. 3 vypadá tato

skupina algoritmu blíže učení s učitelem nežli učení bez učitele. Avšak jsou zde určité rozdíly. Vstupní data zastupují jenom jednu třídu. V oblasti kybernetické bezpečnosti jsou využívány data reprezentující normální a tím pádem i bezpečný provoz. Tyto data jsou upraveny a rozděleny do skupin (validační dataset, trénovací dataset a testovací dataset). Postup je podobný avšak rozdíl je v tom, že vytvořený model musí být natrénovaný a validovaný na datech, které obsahují jenom jednu třídu. Vzhledem k tomu, abychom otestovali, jakým způsobem si vytvořený model povede s daty, se kterými doposud nepřišel do kontaktu, tak jsou přidány do testovacího datasetu i zástupci jiných tříd (v tomto případě kybernetické útoky). Výsledná data jsou poté rozdělena do dvou skupin. První skupinou představuje stejnou skupinu, na které byl model trénován. V tomto případě se jedná o normální provoz chráněného systému. Druhou skupinou je v podstatě vše ostatní. Tedy data, která se odlišují od dat využitých k trénování. Výhodou tohoto řešení je detekce neznámého chování ve sledovaných datech. Avšak tyto anomálie nelze dále specifikovat. Sledovaný systém ví, že se děje něco co není normální, ale již neví, jestli to je např. kybernetický útok nebo porucha.



Obr. 3 Detekce anomálií založená na kombinaci strojového učení

## 1.4. Zpětnovazební učení

Zpětnovazební učení se svou podstatou odlišuje od předešlých skupin. Vychází chování a učení biologických organismů, jako jsou například lidé. Základní myšlenka vychází ze způsobu motivace a učení, kde je využito odměn a trestů. Zpětnovazebního učení se využívá v oblastech, kde nemáme potřebná data k naučení modelu. Zpětnovazebního učení nedostane do začátku jednoznačnou odpověď na to, jaké data patří jedné ze tříd, jako je tomu u učení s učitelem. Zatímco definuje v podobě agenta určitou rozhodovací logiku, kde v závislosti na výsledku je systém pozitivně nebo negativně odměněn. Systém založený na zpětnovazebním učení se snaží

maximalizovat pozitivní odměny. Tento způsob umožňuje vytrénovat chování a reakce systému na rozličné situace a také predikovat další vývoj. Tento způsob učení je využíván trénování v prostředí, kde nejdou získat potřebná data, jako jsou nejrůznější hry. Metody zpětnovazebního učení byly využity pro trénink systému AlphaGo, který porazil hráče ve hře GO, která je výpočetně mnohem náročnější než klasické šachy.

## 2. Úprava dat

Úprava vstupních dat je jednou z velmi důležitých částí pro efektivní využití algoritmu strojového učení. Často však jsou tato data zaznamenána v různých formátech a různých stádiích zpracování. Proto je nutné jejich úpravy do podoby, která bude vyhovovat příslušným algoritmům. Je vhodné poznamenat, že obecně strojové učení využívá numerické hodnoty pro trénování modelů. Proměnné neboli příznaky reprezentují jednotlivé vlastnosti zkoumaného jevu. V tomto případě je můžeme definovat jako sloupce v pomyslné dvojdimensionální tabulce, kterou algoritmy pro strojové učení využívají k vytvoření modelů. Rozeznáváme několik druhů datových reprezentací, v závislosti na kterých využíváme rozdílné postupy pro jejich transformaci do numerické formy.

### 2.1. Dělení druhů dat a jejich transformace

První druh dat označujeme jako nominální data a můžeme začlenit do oblasti kvalitativní reprezentace dat. Nominální reprezentace dat může nabývat dvou a více hodnot, které se vzájemně vylučují a nedají se mezi sebou porovnat v rámci velikosti. Příkladem může být definice pohlaví člověka (muž, žena). Porovnání velikosti zástupců v této binární reprezentaci nepřináší nové informace, a proto nemá smysl. Transformace těchto dat do numerické podoby je velmi složitá. Jeden ze způsobů transformace je zmapování všech zástupců v datasetu a následné přidělení numerické hodnoty odpovídající určité skupině zástupců (např. případě barev: červená - 1, modrá - 2, zelená - 3, hnědá - 4, fialová - 5 atd.). Takto transformovaná data budou v určitém směru funkční pro potřeby strojové učení, avšak nebudou optimální, jelikož touto transformací jsou zavedeny vztahy mezi jednotlivými zástupci, které před dotyčnou transformací nebyly. Například modrá barva je nejméně významná, zatímco fialová barva je nejvíce významná, nebo fialová barva je dvakrát významnější jako zelená atd. Vhodnější je využít one-hot encoder (OHE), který nominální data transformuje do binární podoby. Proces transformace zahrnuje převod unikátních hodnot v rámci jedné

proměnné na reprezentaci binárního vektoru, který nabývá dimenze podle počtu unikátních hodnot. Tento postup má však i své úskalí. V rámci velkého počtu unikátních hodnot dochází k tzv. prokletí dimensionalit, tedy k vytvoření velmi rozsáhlých datasetů, což může vést ke zkreslení výsledků a velké výpočetní náročnosti.

Druhou skupinou dat ordinální data. Stejně jako u nominálních dat, jsou tyto data reprezentovány kategoriemi, které jsou vyjádřeny znaky, avšak jednotliví zástupci mají mezi sebou jasně definované vztahy. Příkladem ordinálních dat může být například dotazníkové šetření, kde jednotliví účastníci zodpovídají otázku, jak moc spokojeni byli se zakoupeným produktem. Přičemž dotazovaný má k dispozici výběr ze čtyř odpovědí (nízká spokojenost, mírná spokojenost, spokojenost, naprostá spokojenost). Každá z těchto odpovědí má vztah k ostatním a je zde patrný vzestupný trend, který lze vyjádřit pomocí vzestupné číselné reprezentace, například pomocí Likertovy škály. Tato škálovací metoda se hojně využívá u konverze dotazníkových šetření do numerické podoby, jelikož data v rámci dotazníku často nabývají ordinálního charakteru. Jedná se o přiřazení celého čísla v závislosti na významnosti dat.

Intervalová datová reprezentace spadá do skupiny kvantitativních dat. Jedná se tedy o hodnoty, které jsou vyjádřeny numericky, přičemž každá jedna hodnota je stejně vzdálená od předešlé. Většinou se jedná o hodnoty měřené v rámci stupnice jako je čas nebo teplota. Výhodou těchto dat je jejich možnost srovnání. Rozdíl mezi časem 14:00 a 15:00 je hodina, která má stejnou velikost jako hodina získaná rozdílem časů 20:00 a 21:00. Problémem těchto dat je absence nuly, což má určité konsekvence v oblasti matematické operace. V podstatě lze s daty pracovat bez další transformace, jelikož již jsou v číselné podobě. Lze využít techniky „data binning“ pro snížení počtu rozsahů. Tato technika je podobná kvantování v případě signálů, kde data spadající do určitého intervalu jsou nahrazeny jednou hodnotou.

Poslední hlavní skupinou dat jsou poměrová data. Tato numerická data mají jasně definované vztahy mezi jednotlivými hodnotami. V podstatě do této kategorie spadají všechny SI veličiny, jako je například rychlost, hmotnost, elektrický proud atd. Na rozdíl od intervalových dat, mají poměrová data jasně definovanou nulu. V jiných ohledech mají v zásadě stejně vlastnosti jako intervalová data. Jak již bylo řečeno, tak popisovaná data jsou definována jako numerická, z tohoto důvodu většinou není potřeba dalších transformací pro jejich další využití pro algoritmy strojového učení.

## 2.2. Finální úprava datasetu

Předpokládáme, že všechny data jsou konvertovány do numerické podoby. Tento proces transformace je však prvním krokem k vytvoření finálního datasetu. Dalším krokem je pomocí algoritmu prohledat celý dataset a vymazat všechny nulové a nepotřebné příznaky. Jedná se tedy o sloupce v pomyslné tabulce, které neobsahují nenulové hodnoty nebo obsahují takové hodnoty, které nepřinášejí žádné informace, jako například generické identifikátory pro jednotlivé záznamy (ID).

Pro další postup je nutné nahradit tzv. “chybějící hodnoty” vybranou číselnou reprezentací. Chybějící hodnoty mohou vnikat chybami v měření, nebo se běžně objevují v závislosti na zvoleném způsobu měření a tvorby dat. Jedním ze způsobu je vymazat z datasetu všechny záznamy obsahující chybějící hodnoty. Tento postup se však často nedoporučuje z důvodu ztráty informací. Využívá se jen v omezené míře při velmi malém počtu chybějících hodnot. Další možností je nahradit chybějící hodnoty vybraným číslem. Tento postup se však také nedoporučuje z důvodu ovlivnění distribuce dat a tím pádem i celkový výsledek. Optimálním řešením je využití průměru nebo medián v rámci jednoho příznaku. Tato úprava respektuje rozložení dat, a tudíž neovlivňuje výsledek v takové míře jako předchozí řešení.

Posledním problémem, který je nutné vyřešit je problematika různých rozpětí hodnot v datasetu mezi jednotlivými příznaky. Nabývá-li příznak 1 diametrálně odlišných hodnot (např. větší v rámci řádů), než příznak 2 poté příznak 1 bude mít větší váhu oproti příznaku 2 jenom díky rozdílnému rozsahu hodnot. Pro provedení této transformace lze využít následující vztah (1), kde  $min_v$  představuje minimální hodnotu v rámci příznaku a  $max_v$  představuje maximální hodnotu. Proměnné  $nová\_max_v$  a  $nová\_min_v$  představují maximální a minimální hodnoty nového rozpětí (často využívané rozpětí je 0 a 1).

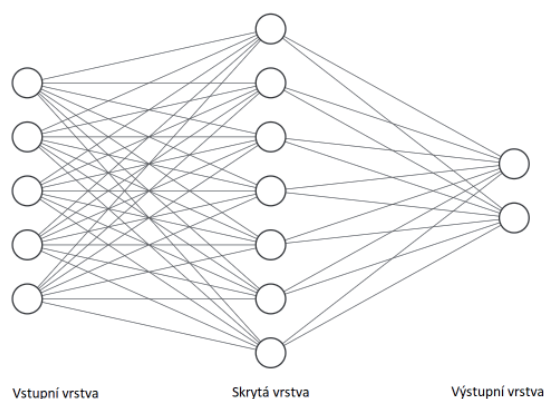
$$x^* = \frac{x - min_v}{max_v - min_v} (nová\_max_v - nová\_min_v) + nová\_min_v \quad (1)$$

## 3. Neuronová síť

Příklad v rámci tohoto článku je založen na neuronové síti a její využitelnosti v rámci kritické infrastruktury pro detekci anomálií. Neuronové síť vycházejí svojí filozofií z fungování řídicího

centra nervové soustavy u biologických organismů. Samotné neurony jsou jedinečné buňky pro uchování a přenos informací nezbytných pro správný chod organismu. Základ moderní neuronové sítě položil Rosenblatt ve své publikaci [4], kde představil perceptron. Jedná se o jednoduchý příklad dopředné neuronové sítě s jedním neuronem. Omezené vlastnosti perceptronu byly odstraněny modifikací zvanou vícevrstvý perceptron, jehož architektura je využívána dodnes.

Neuronová síť je obvykle sestavena z několika vzájemně propojených neuronů v rámci jednotlivých vrstev. Neuronová síť obsahuje tři základní části, které jsou zobrazeny v obr. 4. Vstupní vrstva má stejnou dimenzi jako počet využívaných příznaků. Dá se říct, že vstupní vrstva je určena předání informací o řešeném problému skrytým vrstvám. V rámci vstupních vrstev neprobíhají žádné výpočty. Počet skrytých vrstev může být od jedné až po stovky. Právě na počtu a struktuře skrytých vrstev záleží, do jaké míry bude vytvořený model efektivní, tedy jak efektivně bude neuronová síť znát reprezentaci dat. Vstupní vrstva předá signály na vstup první skryté vrstvy. V rámci této vrstvy každý z neuronů vypočítá svůj výstup a předá jej jako vstup další skryté vrstvě. Tento proces se opakuje v závislosti na počtu skrytých vrstev. Výstupní vrstva je podobná jako vstupní, avšak oproti ní je výstupní vrstva využívána pro predikci. V případě klasifikace se jedná o predikci jedné z definovaných tříd.



Obr. 4 Základní neuronová síť

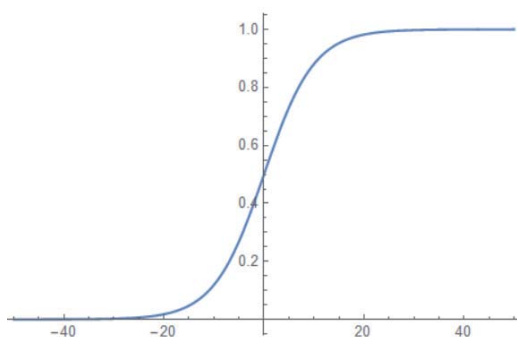
Operace v rámci jednotlivých neuronů využívají operace s maticemi, kde výpočet výstupů neuronu závisí na vztahu (2). Základem je multiplikace každého vstupu  $x_i$  (datového záznamu) s maticí vah  $w_i$  vstupů do neuronu. Váhy neuronu představují míru významnosti vstupu pro řešený problém. B představuje práh (bias) pro neuron a umožňuje větší variabilitu modelu tak, aby odpovídal datasetu.

$$Y = A\left(\sum_{i=1}^n x_i \cdot w_i + b\right) \quad (2)$$

Práh spolu s váhami a vstupy tvoří vnitřní potenciál neuronu. Tento potenciál vychází z biologických neuronů, které po příjmu informace excitují a vyšlou informaci nebo v opačném případě zůstanou nečinné. Aktivační funkce (A) v rámci umělé neuronové sítě na základě vnitřního potenciálu neuronu rozhoduje, zda neuron bude aktivován nebo ne, a tudíž zdali vyšle informaci (výstup).

$$A(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (3)$$

Hojně využívanou aktivační funkcí je sigmoidální funkce, její matematický zápis je zobrazen ve vztahu 3. Podle průběhu sigmoidální funkce z obr. 5 je zřejmé, že nabývá hodnot 0 a 1, kde hranice pro aktivaci je 0,5.



Obr. 5 Sigmoidální aktivační funkce

Dosud popsané procesy neuronové sítě se vztahují k propagaci informací od vstupní vrstvy až k výstupní vrstvě. Učení neuronové sítě je však cyklický proces, který lze definovat jako optimalizační úkol. Pro registraci chyb při trénování a jejich využití pro nastavení modelu je využíváno algoritmu „Back-propagation“. Tento algoritmu v první fázi porovná skutečný výsledek ( $Y^{real}$ ) s výsledkem, který poskytuje (predikuje) model ( $Y^{predik.}$ ). Jedním ze základních algoritmů využívaný pro výpočet chyby je střední kvadratická chyba (Mean Squared Error) neboli MSE (4). Základní předpoklad pro velikost MSE vyplývá z velikosti rozdílu středních hodnot sledovaných výsledků. Čím je toto číslo menší, tím více je model přesnější. Tímto výpočtem získáme tzv. chybovou funkci (loss function), která vyjadřuje, jak dobře model odpovídá datům pro trénování.

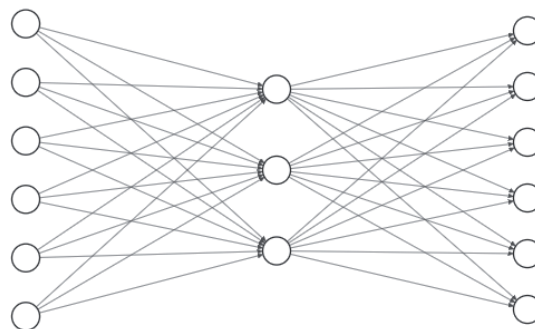
$$MSE = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \left( Y_i^{real.} - Y_i^{predik.} \right)^2 \quad (4)$$

Algoritmus Back-propagation využívá MSE jako funkci, kterou musí optimalizovat. V tomto případě je hodnota MSE uvažována jako chybovou funkcí, kterou je nutné minimalizovat.

Z tohoto důvodu optimalizační algoritmus využívá vypočtenou chybu, kterou se snaží zpětně šířit. Od výstupní vrstvy, ke vstupní vrstvě. Přitom koriguje váhy a prahy jednotlivých neuronů. K tomu je využito parciálních derivací chybové funkce (řetězkové pravidlo) podle jednotlivých vah (5), kde  $f$  představuje chybovou funkci a  $w$  představuje váhy  $i$ -tého neuronu v  $j$ -té vrstvě. Základním předpokladem pro naplnění této funkce je její konvergence do globálního maxima.

$$\nabla f = \frac{\partial f}{\partial w_{i,j}} \quad (5)$$

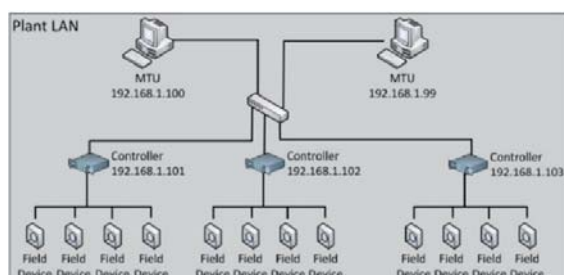
Posledním bodem této kapitoly je definování architektury neuronové sítě, která bude využita v rámci představeného příkladu. Z pohledu detekce anomálií je vhodné využít architekturu autoenkodéru. Jejich základní využití v minulosti bylo především odstranění šumu ze vstupních signálů, díky jeho generalizační schopnostem. Ty jsou však dobře využitelné pro vytvoření modelu normálního chování sledování systému s následnou detekcí anomálií. Hlavní myšlenkou autoenkodéru je vytvoření výstupů, které jsou identické se vstupy, tedy komprese a dekomprese dat. Z tohoto důvodu je dimenze vstupní vrstvy neuronové sítě stejná jako dimenze výstupní vrstvy. V rámci neuronové sítě se nachází tzv. „hrdlo“ (bottleneck), které má minimální dimenzi neuronů oproti ostatním vrstvám autoenkodéru viz. obr. 6. Přítomnost hrdla v neuronové síti ke generalizaci a naučení jen významných informací. Množina vrstev od vstupní vrstvy po hrdlo se nazývají enkodér. Oproti tomu, vrstvy od hrdla až k výstupní vrstvě nazýváme dekodér.



Obr. 6 Struktura autoenkodéru

#### 4. Metody výzkumu

Z důvodu sestavení systému pro detekci anomálií bylo nutné využít dataset, tedy záznam komunikací v rámci ICS systému. Z tohoto důvodu bylo využito ICS datasetu využívající modbus komunikační protokol. Tento dataset byl prezentován v publikaci „Providing {SCADA} Network Data Sets for Intrusion Detection Research“ [5]. Dataset sestává z několikahodinového záznamu síťové komunikace ICS systému, ve které jsou označeny kybernetické útoky spolu s normálním síťovým provozem. Data v rámci datasetu jsou ve formátu pcap, tudíž je nutné extrahovat vybrané parametry síťové komunikace do formátu csv, tedy do formátu dvojrozměrné tabulky s vybranými příznaky. Data byla vygenerována v rámci systému, jehož architektura je zobrazena v obr. 7.



Obr. 7 ICS systém využitý pro generování dat [5]

Z původních souborů pcap bylo extrahováno přes 290 různých příznaků. Tuto množinu je nutné redukovat, jelikož by trénování a spravování modelu bylo časově a výpočetně náročné. Protokol využitý pro komunikaci v rámci ICS je Modbus pro TCP/IP protokol. Z tohoto důvodu byly vybrány příznaky jak pro komunikaci v rámci protokolu Modbus, tak významné příznaky pro TCP/IP. Vybráno bylo 9 základních charakteristik pro TCP/IP a 4 příznaky pro modbus komunikační protokol. Zdrojová a cílová IP adresa je seskupení 4 čísel, které jednoznačně označuje dvě síťové rozhraní v rámci sítě, které jsou určeny pro komunikaci. Protokol určuje standardy a pravidla, podle kterých dotyčná zařízení v síti komunikují. Síťové zdrojové a cílové porty umožňují rozlišit, jaké služby aplikace jsou využívány. Port určuje, které aplikaci jsou přenášena data určena. Značka překládaná jako „Flag“ určuje stav každého paketu rámci relace (SYN, ACK, atd.). Proto je tento příznak využíván pro kontrolu spojení mezi koncovými zařízeními. Rámec představuje data, které jsou fyzicky posílány prostřednictvím fyzické vrstvy na fyzické síti. Segment TCP je definován jeho velikostí, což je velikost paketu bez IP adresy. Velikost okna koriguje tok dat, tak aby některý z účastníků komunikace nebyl zahlcen. Jedná se

o dynamický parametr, který je často upravován. Nakonec, relativní čas představuje časový úsek od prvního poslaného rámce k aktuálnímu v aktuálním proudu dat (stream).

Tab. 1 Vybrané příznaky pro TCP/IP

Příznak	Datový typ
Zdrojová IP	nominální data
Cílová IP	nominální data
Protokol	nominální data
Zdrojový port	nominální data
Cílový port	nominální data
Flag (značka)	nominální data
Délka rámce	poměrová data
Segment TCP	poměrová data
Velikost okna	poměrová data
Relativní čas	Intervalová datová

V rámci průmyslového protokolu modbus byly sledovány následující parametry (příznaky). Byly sledovány data, přenášeny pomocí komunikačního protokolu modbus. Kód funkce definuje činnost jakou má podřízený systém provádět (např. čtení stavu vstupu nebo nastavení cívky apd.). Parametr délka je definován v modbus hlavičce, kde definuje velikost přenášené zprávy. Na závěr, unit ID představuje jedinečný identifikátor každého modbus zařízení v rámci spravované sítě.

Tab. 2 Vybrané příznaky pro Modbus

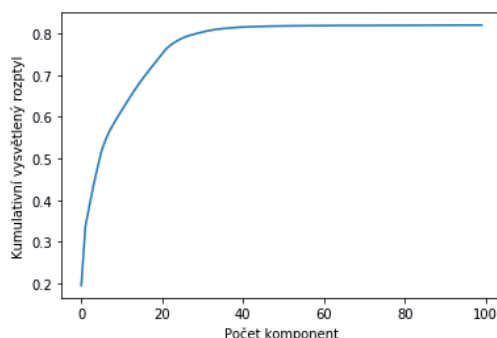
Příznak	Datový typ
Modbus data	nominální data
Kód funkce	nominální data
Délka	poměrová data
Unit ID	nominální data

V rámci zvolených dat [5], byl vybrán dataset Run1\_6RTU, který představuje záznam jedné hodiny normálního provozu ICS systému se 134 690 záznamy. Jako kybernetický útok, pro evaluaci vytvořeného modelu, byl zvolen následující: „Moving\_two\_files\_Modbus\_6RTU“.

Získané datasety bylo nutné upravit pro účely strojového učení. Vybrané příznaky bylo nutné transformovat z původních datových formátů (nominální data, poměrová data, Intervalová datová) na vhodný typ numerických dat. Pro případ nominálních dat bylo využito metody one-hot encoder (OHE), která každý záznam převádí na

binární vektorovou reprezentaci. V rámci ostatních příznaků byly prázdné hodnoty nahrazeny průměrem hodnot dotyčného příznaku. Samotné hodnoty jednotlivých příznaků byly normalizovány v rozpětí 0 a 1. V rámci provedených transformací vznikl dataset o velikosti dimenze příznaků 9260, která vycházela z původní dimenze o počtu 14 příznaků. Z tohoto je nutné využít technik pro redukci dimenze příznaků (proměnných). V rámci tohoto příkladu je využito analýzy hlavních komponent (Principal Component Analysis - PCA). Tato metoda je založena na kovariačních maticích, které vyjadřují vzájemnou závislost mezi popisovanými proměnnými a jejich směrodatnými odchylkami. Základní myšlenkou PCA, je redukovat dimenzi proměnných a přitom zachovat jejich informační hodnotu. To lze za předpokladu existence takzvaných latentních proměnných. Každý z nich reprezentuje množinu původních proměnných za předpokladu zachování variability. Nově vytvořené proměnné jsou nazývány hlavními komponentami, v rámci kterých je obsažena původní informační hodnota datasetu.

Pro sestavení hlavních komponent je nutné nejprve určit jejich počet. Určení tohoto počtu lze za pomoci kumulativního vysvětleného rozptylu. PCA algoritmus se snaží konvertovat co možná nejvíce informací z proměnných do první komponenty, dokud nebude moci pojmout další informace. Tento proces se cyklicky opakuje, přičemž každý další komponentou pojme méně informací. Tento postup se opakuje do té doby, dokud další komponentou již nenavýšíme uchované informace. Z obr. 8 lze vidět průběh kumulativního vysvětleného rozptylu, kde přibližně 40 komponent vyjadřuje získané proměnné.

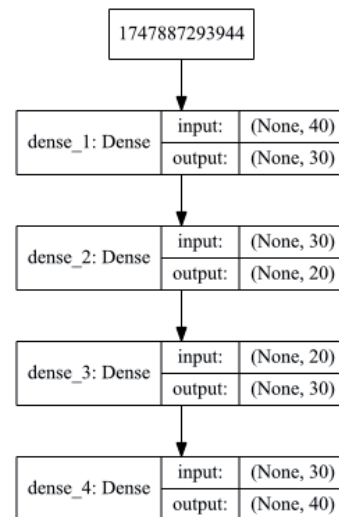


Obr. 8 Kumulativní vysvětlený rozptyl pro PCA

## 5. Výsledky

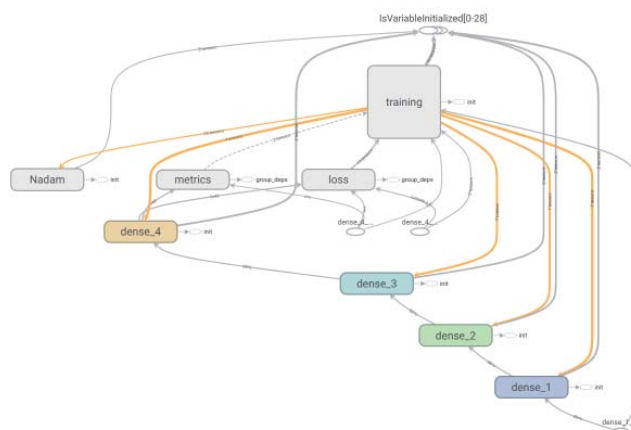
V rámci řešeného příkladu jsme upravili vstupní data do požadované podoby datasetu, který má dimenzi o 40 příznacích. Tyto data jsou využity k vytvoření modelu detekce anomálií. Je využito

autoenkodéru neuronové sítě pro generalizaci normální komunikace v rámci ICS systému. Pro demonstrativní příklad byl vytvořen autoenkodér, který podle své podstaty musí mít stejnou dimenzi vstupů jako výstupů. Ta byla stanovena na číslo 40 podle počtu získaných příznaků. Vstupy skrytých vrstev autoenkodéru se postupně snižují nebo zvětšují podle toho, jestli se jedná o kódování nebo dekódování viz. obr. 9.



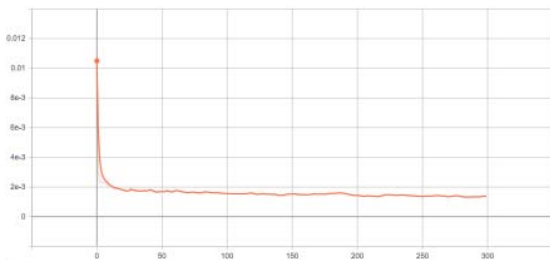
Obr. 9 Architektura použité neuronové sítě

Pro úpravu datasetu, vytvoření neuronové sítě a doprovodné výpočty bylo využito programové prostředí Python s použitím knihoven Tensorflow ve spojení s nadstavbou Keras. Vizualizaci vytvořené neuronové sítě lze vidět v obr. 10. Každá z vrstev v neuronové síti je pojmenována jako Dense. Modul pro trénování využívá kromě již zmíněných vrstev, také výpočet pro chybovou funkci, optimalizační algoritmus Nadam a metriky pro hodnocení postupu učení algoritmu.

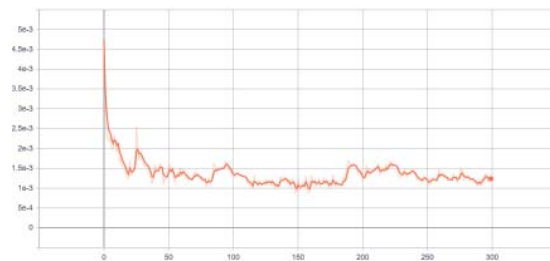


Obr. 10 Reálná neuronová síť (Tensorflow, Keras)

V rámci procesu trénování je především sledována chybová funkce při trénování a při validaci. Využitý dataset pro normální operace sledovaného systému byl rozdělen na „trénovací dataset“ a „validační dataset“. Trénování neuronové sítě je iterativní proces, při kterém je v každé iteraci (epocha) trénována neuronová síť na všech datech pro trénování a poté validována na validačním datasetu. Z průběhu v obr. 11 a obr. 12 je názorně vidět, že neuronová síť rychle konvergovala do minima. Přibližně v prvních 20 iteracích. Toto minimum dosahuje poměrně malé velikosti. Je také patrné z obrázků, že chybová funkce pro validaci i pro trénování jsou poměrně stejné a tudíž neuronová síť dobře generalizuje předložená data.



Obr. 11 Průběh chybové funkce při trénování modelu



Obr. 12 Průběh chybové funkce při validaci modelu

Vytvořený model je využit pro detekci anomálií na zvoleném datasetu. Z tohoto důvodu, byla využita data (*Moving\_two\_files\_Modbus\_6RTU*), které obsahují záznamy jak normálního síťového provozu na síti, tak i provozu zasaženého kybernetickým útokem. Vybraný kybernetický útok zahrnoval neoprávněnou manipulaci se soubory. Celý dataset je tvořen 3319 záznamy, z čehož je 75 záznamů klasifikovaných jako kybernetické útoky. Vytvořený model je využit pro predikování hodnot. Tyto získané hodnoty jsou použity jako základ pro detekci anomálií. Každá predikovaná hodnota je poté srovnána s reálnými daty pro kybernetické útoky. Rozdíl těchto hodnot nám určuje, do jaké míry skutečná data vybočují od modelu, což je poté možno klasifikovat jako abnormalitu. Uvažujeme-li tedy dvě hodnoty.

První připadá modelu  $x_{i,j}^{mod}$ , a druhá hodnota definovaná jako  $x_{i,j}^{real}$  přináležejí testovaným datům. Poté výsledný vztah lze definovat jako:

$$x^r = \left| x_{i,j}^{mod} - x_{i,j}^{real} \right| \quad (6)$$

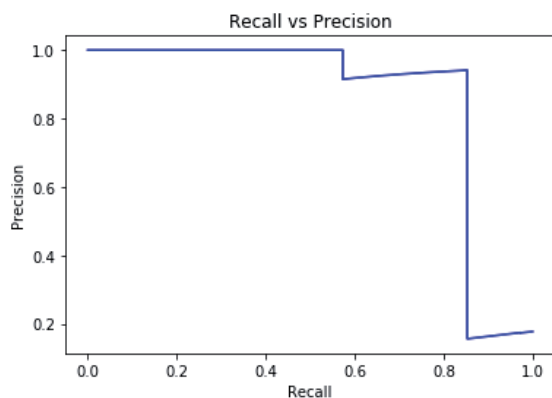
kde hodnota  $x$  přináležejí  $i$ -tému příznaku v  $j$ -tém datovém bodu. Pro výpočet výsledné hodnoty odchylky pro každý z datových bodů je využito MSE vzorce viz vztah (7).

$$MSE = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (x_i^r)^2 \quad (7)$$

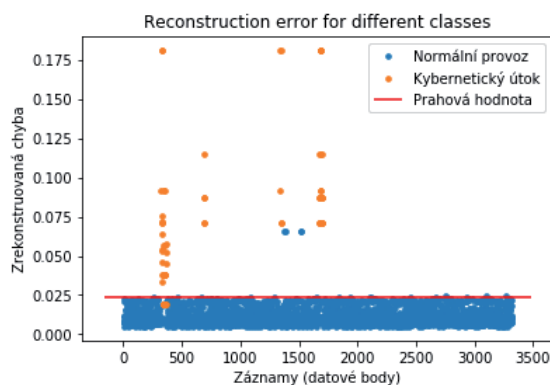
Výsledek reprezentuje průměr odchylek dílčích příznaků v rámci jedno datového bodu. Získané hodnoty pro jednotlivé datové body reprezentují míru vzdálenosti od vytvořeného modelu. Je však nutné definovat jasnou hranici, která rozděluje tyto hodnoty do oblastí normálního nebo abnormálního síťového provozu. Často využívanou metodou k určení hranice je ROC (Receiver Operating Characteristic). Ta však vykazuje nevýhody pro nevybalancovaný dataset. V tomto případě nelze tuto metodu využít, jelikož oblast detekce anomálií vychází z hypotézy, která definuje anomálii jako událost její výskyt je vzácný. Proto se ve využitém datasetu nachází několika násobně více záznamů pro normální síťový provoz než kybernetických útoků. Tudíž dataset není vybalancován. Z tohoto důvodu je vhodné využít Precision/Recall křivku pro definici bodu, hranice nutnou pro rozlišení mezi kybernetickým útokem a normálním provozem. Tato metoda vybírá ze zvolené množiny hodnot hranic, přičemž ke každé vybrané hodnotě vypočítává dva parametry Precision, také nazývaný jako pozitivně predikovaná hodnota (positive predictive value - PPV) a Recall, taktéž nazývaný skutečná pozitivní hodnota (True Positive Rate - TPR). Tyto dva parametry charakterizují detekční schopnosti každé ze zvolených hranic. Parametr TPR vyjadřuje, jak dobře zvolená hranice umožňuje detekovat pozitivní třídu (normální síťový provoz), vzhledem k chybě v klasifikaci (klasifikace kybernetického útoku jako normální provoz). Oproti tomu PPV vyjadřuje, jak dobře zvolená hranice umožňuje detekovat pozitivní třídu, vzhledem k druhé chybě v klasifikaci, tedy klasifikace normálního provozu jako kybernetický útok. Oba tyto parametry je vhodné maximalizovat pro zajištění ideálních vlastností zvoleného řešení. Maximalizace obou, ze zmíněných parametru, však není tak snadné jak by se na první pohled zdálo. Při maximalizaci jednoho parametru většinou od určité hodnoty druhý klesá a naopak. Proto je nutné definovat graf, ve kterém je zobrazena Precision/Recall křivka pro různé hodnoty hranic, aby bylo

možné vybrat optimální řešení. Z obr. 13 je patrný průběh této křivky, který obecně kopíruje horní a pravou stranu grafu. Optimální hodnota hranice se poté nachází v horním pravém rohu popisovaného grafu. Závěrečným krokem je definovat postup, který automaticky povede k výběru právě jedné optimální hodnoty pro definici referenční hranice pro klasifikaci budoucích dat. Základním předpokladem pro nalezení optimální hodnoty je maximalizace obou parametrů PPV a TPR. Pro definici optimálního řešení byla definována hypotéza o nejmenším rozdílu mezi využitými parametry. Ted je položen předpoklad, že při snižujícím se rozdílu (minimalizaci) mezi parametry PPV a TPR se zvyšují schopnosti navrhovaného řešení definovat optimální hranici ( $H^{opt}$ ) pro rozdělení normálního provozu a kybernetických útoků. Máme-li množinu měření hranic  $h = \{i \in \mathbb{Z} | i \neq 0\}$ , tak kalkulujeme rozdíl pro každý případ z množiny podle vztahu (8). Poté hledáme minimum mezi získanými výsledky v získané množině.

$$H_i = |TPR_i - PPV_i| \quad (8)$$



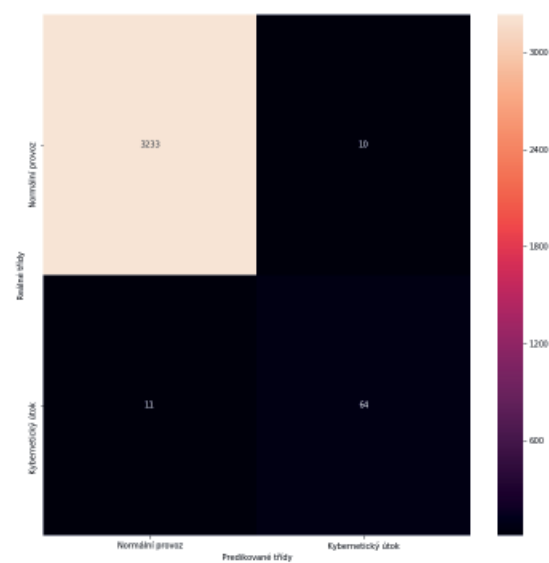
Obr. 13 Precision/Recall křivka pro různé hranice



Obr. 14 Rozdělení dat podle vybrané hranice

V rámci řešeného příkladu byla hranice stanovena výpočtem na hodnotu 0,02378. Využití této hranice pro klasifikaci datasetu, je zobrazeno v obr. 14. Zde je znázorněna hranice, která odděluje jednotlivé záznamy normálního síťového provozu (modré body) a provozu zasaženého kybernetickým útokem (oranžové body). Samotná hranice je vyznačena červenou čarou.

Závěrečná vizualizace výsledků je provedena pomocí tzv. „konfúzní maticí“. Jedná se o matici, ve které jsou čtyři hodnoty. Dvě z nich vyjadřují pozitivní klasifikaci a zbylé dvě hodnoty vyjadřují chybovou klasifikaci. Mezi pozitivní klasifikaci patří hodnota v levém horním rohu, která určuje kolik reálných pozitivních hodnot (normální provoz na síti) bylo klasifikováno jako pozitivní hodnoty prostřednictvím prediktivního modelu. Druhým případem pozitivní klasifikace je hodnota umístěna v pravém spodním rohu, která je fundamentálně podobná první. Avšak, je směřována k negativní klasifikaci. Tedy kolik reálných kybernetických útoků bylo klasifikováno prediktivním modelem jako kybernetický útok. Hodnoty chybové klasifikace vyjadřují špatné určení a tedy i klasifikaci reálného síťového provozu pomocí prediktivního modelu. V pravém horním rohu je umístěna hodnota vyjadřující počet falešných poplachů. Tedy klasifikaci reálného normálního provozu jako kybernetický útok. Naopak, v levém spodním rohu se nachází hodnota vyjadřující chybu při odhalení kybernetických útoků, kdy reálný kybernetický útok je klasifikován prediktivním modelem jako normální síťový provoz.



Obr. 15 Konfúzní matice pro zhodnocení výsledků



## Závěr

Účelem této publikace bylo vytvoření detekčního systému pro odhalování anomálií v kritické infrastruktuře, speciálně v oblasti průmyslových řídicích systémů. Tato oblast kritické infrastruktury generuje enormní množství dat, která mohou být využity pro její ochranu. Z tohoto důvodu bylo přirozené využít techniky strojového učení, pro jejich zpracování a tvorbu prediktivních modelů. V rámci publikace byly popsány základní kroky pro tvorbu těchto modelů, které lze využít i v ostatních oblastech kritické infrastruktury.

V tomto případě byla publikace zaměřena na ochranu vybraného systému prostřednictvím pomocí síťové komunikace, kde bylo v první části nutné provést potřebné transformace pro vstupní data. Takto upravená data byla využita pro konstrukci prediktivního modelu, který byl založen na neuronové síti. Vybraný postup byl demonstrován na názorném příkladu. Vytvořený model byl založen na architektuře autoenkodéru, která umožňuje vytvoření generalizovaného modelu odpovídajícího předloženým datům. Podle průběhu chybové funkce z obr. 11 a 12 lze konstatovat, že vytvořená model má vhodné generalizační vlastnosti a proto může být využit pro detekci anomálií. Vytvořený model byl testován prostřednictvím kybernetického útoku, kde byly prezentovány jeho schopnosti. Výhodou řešení pomocí strojového učení je zpracování a vyhodnocení poměrně značného množství dat v relativně krátkém čase. Predikce 3300 záznamů pomocí vytvořeného modelu trvá přibližně 0,02692 s. To umožňuje využití strojového učení pro řešení zvolených úloh v reálném čase. Závěrečná část je zaměřena na definování a konstrukci rozhodovacího procesu při klasifikaci datového toku. Bylo využito MSE a ROC křivky pro definici hranice pro řešený binární problém.

Z výsledků vzorového příkladu lze vyvodit poměrně dobré detekční schopnosti zvoleného řešení. Avšak, je nutné poukázat na závislosti a nedostatky zvoleného řešení. I když prediktivní model je založen jenom na normálním provozu a tudíž by měl být schopen identifikovat i dosud neznáme kybernetické útoky, tak definice hranice v rámci klasifikace je nastavován v závislosti na testovacím kybernetickém útoku. Aby tímto nedošlo ke snížení generalizačních schopností zvoleného řešení, je nutné využít dostatečně pestrou množinu zástupců kybernetických útoků pro nastavení této hranice. V budoucím výzkumu se zaměříme na otázku interpretace detekovaných anomálií, z pohledu definice typů kybernetických útoků ze zjištěných anomálií.

## Poděkování

Tato práce byla financována prostřednictvím Interní Grantové Agentury (IGA/FAI/2019/002) a podporována projektem VI20172019054 „Analytický programový modul pro hodnocení odolnosti v reálném čase z hlediska konvergované bezpečnosti“ podporovaný Ministerstvem vnitra České republiky v letech 2017 - 2019.

## Literatura

- [1] FRANK, Alejandro Germán; DALENOGARE, Lucas Santos; AYALA, Néstor Fabián. Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*, 2019, 210: 15-26.
- [2] RUSSELL, Stuart J.; NORVIG, Peter. *Artificial intelligence: a modern approach*. Malaysia; Pearson Education Limited, 2016.
- [3] SEGARAN, Toby. *Programming collective intelligence: building smart web 2.0 applications*. "O'Reilly Media, Inc.", 2007.
- [4] ROSENBLATT, Frank. The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychological review*, 1958, 65.6: 386.
- [5] LEMAY, Antoine; FERNANDEZ, José M. Providing {SCADA} Network Data Sets for Intrusion Detection Research. In: 9<sup>th</sup> Workshop on Cyber Security Experimentation and Test ({CSET} 16). 2016.

## VÝPADEK DODÁVKY ELEKTRICKÉ ENERGIE V NEMOCNICÍCH

Ing. Kateřina VÍCHOVÁ<sup>1</sup>, doc. Ing. Martin HROMADA, Ph.D.<sup>1</sup>

**Abstrakt:** Role elektrické energie hraje významnou roli v dnešním moderním životě. Dokonce i krátkodobý výpadek proudu může způsobit chaos, ztrátu příjmů a ztráty na životech. Jsou pozorovány události, které ovlivňují dodávky elektrické energie. Každoročně se na světě odehrává několik stovek krizových situací. Příkladem mohou být větrné bouře, které velmi často způsobují pády stromů a zasahují dráty vysokého napětí. Cílem článku je analyzovat krizové situace, které mohou mít dopad na výpadek dodávky elektrické energie v nemocnicích. Dále budou tyto situace ohodnoceny dle jejich významnosti na základě šetření ve vybraných nemocnicích v celé České republice.

**Klíčová slova:** výpadek dodávky elektrické energie, rizika, nemocnice, kaskádové efekty

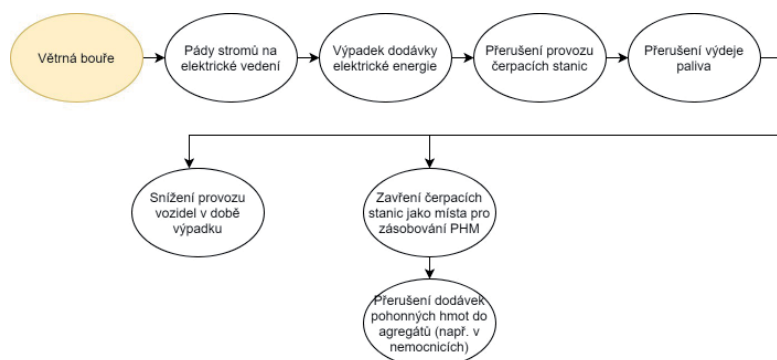
### Úvod

Dnešní svět je závislý na informačních technologiích a přenosu informací pomocí internetu. Přes dekádu, role elektrické energie hraje hlavní roli v dnešním moderním životě. Dokonce i krátkodobý výpadek proudu může způsobit chaos, ekonomické ztráty a ztráty na životech. (Kumar, 2016) K tomu, aby tyto informace mohly být přenášeny, je potřebné mít elektrickou energii. Nastávají ovšem situace, kdy dochází k výpadkům elektrické energie. Je pozorován také nárůst katastrof, které mohou ovlivnit dodávky elektrické energie. Každoročně se na světě odehrává několik stovek přírodních katastrof, kterým nelze zabránit. (Spink, 2013) Přírodní katastrofy jsou katastrofy, které jsou nepředvídatelným jevem, kterým musí lidstvo řešit. Velmi často je výpadek dodávky elektrické energie způsoben větrnou bouří. Větrné bouře patří mezi meteorologické extrém, které silně ovlivňují lidskou společnost. (Ulbrich, 2013) Interakce silného počasí, nadzemního vedení a okolních stromů je příčinou výpadků elektrických rozvodných sítí. (Wanik, 2015) Větrné bouře velmi často způsobují pády stromů, které zasahují dráty vysokého napětí. Díky tomu dochází k výpadku dodávky elektrické energie. V teritoriu nedávné České republiky se v letech 1900 - 1950 podíl na škodách způsobených větrem, ledovými ložisky a sněhem podílel 43,8 % na kácení lesů, avšak v období 1951 - 1980 dosáhl tento údaj 73 %. (Brazdil, 2015) Bohužel, mnoho důležitých služeb, jako jsou zdravotnické služby, doprava (lidé a zboží) a elektřina, je během katastrof a po nich narušeno. (Kumar, 2016)

Jedním z nejkritičtějších rizik pro moderní společnost je výpadek elektrického systému ve velkém měřítku. (Braun, 2018) Je otázkou, jak bude fungovat chod státu a kritických prvků v České republice. Zde lze hovořit o prvcích kritické infrastruktury. Kritická infrastruktura je prvkem nebo systémem prvků kritické infrastruktury, jejichž narušení by mělo vážný dopad na národní bezpečnost, základní životní potřeby obyvatelstva, zdraví obyvatelstva nebo ekonomiku státu. Prvkem kritické infrastruktury je zejména budova, zařízení nebo veřejná infrastruktura, která je určena průřezovými a odvětvovými kritérii. (Act 240/2000) Kritická infrastruktura je vybavena nouzovými zdroji energie (např. jadernými elektrárnami, nemocnicemi nebo komunikační infrastrukturou) s cílem čelit situacím výpadku napájení. (Braun, 2018) Kritická infrastruktura na prvním místě je rozdělena na osm pododvětví spolu s energiemi (infrastruktura a zařízení na výrobu a přenos energií v oblasti dodávek elektřiny). (Rehak, 2014) Česká republika definuje kritéria pro určení prvku kritické infrastruktury. Zde patří například zdravotnictví, potravinářství a zemědělství, finance, komunikační a informační systémy, ale také energetika. (Govenmnet Regulation 432/2010) Prvky kritické infrastruktury jsou vzájemně provázány a mohou způsobovat kaskádové efekty. (Rehak, 2016) Následující obrázek znázorňuje možnost kaskádového efektu. Větrná bouře způsobí nejen problémy v dodávce elektrické energie, ale také v zásobování pohonnými hmotami (PHM). Dále dojde k výpadku dodávek mimo jiné také v nemocnicích, kde je nutné mít stále

<sup>1</sup> Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky  
Nad Stráněmi 4511, 760 05 Zlín  
kvichova@utb.cz, hromada@utb.cz

vybrané prostory zásobovány elektrickou energií. To zajišťují agregáty a UPS. V případě, že výpadek trvá delší dobu, dochází k potřebě dodávky PHM do agregátů. Mnoho nemocnic v České republice si tyto dodávky zajišťuje pomocí vozidel z nemocnice. Ovšem dalším kaskádovým efektem větrné bouře a výpadku dodávky elektrické energie je přerušení provozu čerpacích stanic a tím pádem, přerušení výdeje paliva.



Obr. 1 Kaskádový efekt větrné bouře

Cílem článku je seznámit čtenáře s možností přírodních katastrof a jejich dopadu na kritickou infrastrukturu. Konkrétně je článek zaměřen na vliv katastrof a výpadky dodávky elektrické energie s dopadem pro nemocnice. Cílem bude ohodnotit rizika pro nemocnice dle jejich významnosti na základě šetření ve vybraných nemocnicích v celé České republice.

## Metodologie

V tomto článku byly použity čtyři metody vědecké práce. Metoda analýzy je použita pro zjištění principu a logiky k dosažení stanoveného cíle a poskytuje rámec pro zkoumání principů přírodních katastrof a dopadu na kritickou infrastrukturu. Dále byla použita metoda indukce, kde tato metoda slouží ke zkoumání vytvoření hypotézy ze získaných bodů. Metoda komparace umožňuje vyhodnotit a analyzovat rizika s dopadem na nemocnici. Nakonec bylo použito dotazníkové šetření. Za prvé, na základě tohoto průzkumu uvádíme přehled rizik s dopadem na nemocnici. Za druhé, zaměřili jsme se na hrozby, které ovlivňují výpadek elektřiny v nemocnicích. Pro vyhodnocení byla použita Paretova analýza.

Paretova analýza vychází z Paretova pravidla. Tento princip ukazuje, že malá skupina příčin nebo jevů má zásadní význam a velká skupina příčin a jevů má zanedbatelný význam. Na základě této analýzy je možné zjistit, které jevy jsou pro

organizaci významné, a je nutné jim věnovat pozornost. Naopak lze určit aspekty, jejichž dopad na organizaci je zanedbatelný.

Proces implementace Paretovy analýzy zahrnuje vytvoření grafu, který vhodně zachycuje důležité a méně důležité jevy a příčiny. Paretova analýza se skládá z následujících kroků:

1. Určení předmětu analýzy a seznamu zkoumaných kategorií.
2. Sběr dat.
3. Uspořádání a příprava dat pro analýzu.
4. Vytvoření sloupcového grafu.
5. Rozhodnutí o následujících krocích a jejich provádění.

Po splnění bodů 1 - 4, bude vytvořen graf a rozhodnuto o dalších krocích. Graf také obsahuje Lorenzovu křivku, která může pomoci oddělit kritické a méně kritické jevy. (Grasseova, 2013)

## Výsledky

Tato část bude představovat výsledky dotazníkového šetření nemocnic se zaměřením na rizika. Na základě dotazníkového šetření byly hodnoceny rizika pro nemocnice v České republice. Nejprve byla hodnocena rizika s dopadem na výpadek dodávky elektrické energie v nemocnicích. Celkem bylo osloveno 160 nemocnic v České republice v různých krajích. Celkem se vrátilo ke zpracování 57 dotazníků.

Cílem dotazníkového šetření bylo ohodnotit rizika, dle jejich dopadu pro nemocnice. Nejprve byly hodnoceny rizika z pohledu výpadku externích dodávek. Jednalo se o výpadky:

- dodávek pitné vody,
- dodávek elektrické energie,
- dodávek tepla,
- dodávek speciálních služeb a zboží (zdravotnických potřeb, léků),
- v oblasti transport-logistika,
- virtuální napadení informační techniky.

Rizika byly hodnoceny na stupnici 1 - 5. Následující tabulka znázorňuje slovní vyjádření pro hodnocení rizik.

Tab. 1 Ohodnocení rizika

Stupnice	Ohodnocení rizika
1	Zanedbatelné
2	Nevýznamné
3	Střední
4	Významné
5	Kritické

Následující graf znázorňuje hodnocení rizik pro nemocnice. Bylo k hodnocení celkem šest rizik, které byly hodnoceny z hlediska jejich výpadku v nemocnici.



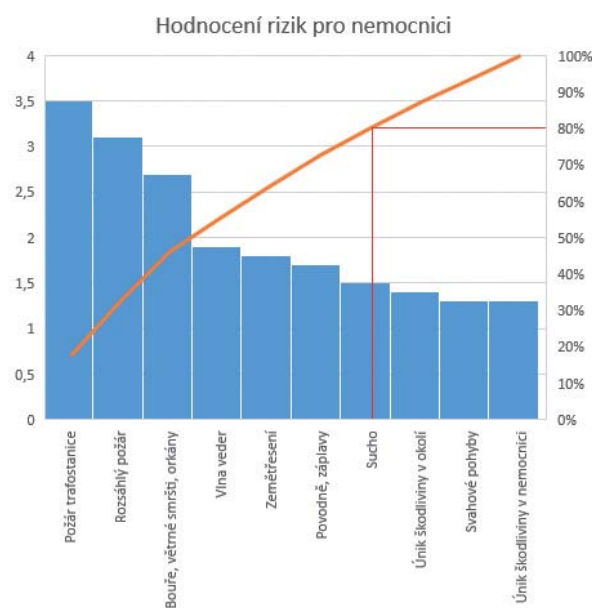
Obr. 2 Hodnocení rizik dle výpadku externích dodávek

Graf znázorňuje výsledky hodnocení rizik v nemocnicích dle zmíněné stupnice v jednotlivých kategoriích. Jak můžeme vidět, na podobné úrovni (3,3 - 3,5) je výpadek dodávky elektrické energie, výpadek dodávky pitné vody, výpadek dodávky zdravotnických potřeb a virtuální napadení informační techniky. Na druhou stranu, výpadek dodávky tepla a výpadek v oblasti transport-logistika jsou na nižší úrovni. Tímto bylo poukázáno na významnost výpadku dodávky elektrické energie v nemocnicích. Dále je tedy hodnocení rizik zaměřeno na rizika, která mají dopad na výpadek dodávky elektrické energie v nemocnicích.

Tabulka znázorňuje ohodnocení rizik, které mohou mít dopad na výpadek dodávky elektrické energie v nemocnicích. Následující dva sloupce slouží pro hodnocení pomocí Paretovy analýzy.

Tab. 2 Hodnocení rizik v nemocnicích

Riziko	Ohodnocení rizika	Kumulativní riziko	Relativní kumulativní riziko
Požár trafostanice	3,5	3,5	17,33
Rozsáhlý požár	3,1	6,6	32,67
Větrná bouře	2,7	9,3	46,14
Vlna veder	1,9	11,2	55,45
Zemětřesení	1,8	13	61,36
Povodně	1,7	14,7	72,78
Sucho	1,5	16,2	80,20
Únik škodlivé látky v okolí	1,4	17,6	87,13
Sesuvy půdy	1,3	18,9	93,56
Únik škodlivé látky v nemocnici	1,3	20,2	100



Obr. 3 Paretova analýza hodnocení rizik pro nemocnici

Obrázek znázorňuje výsledky Paretovy analýzy. Jak lze vidět, jsou zde sestupně ohodnoceny rizika. Následně je zde promítnuta Lorenzova křivka. Na tuto křivku je vynesena přímka na úrovni 80 %. V místě, kde se Lorenzova křivka protla s vynesenu přímku, byla spuštěna svislice. Na základě tohoto poznání se jedná o rizika klíčové - generují 80 % mimořádných událostí v nemocnicích. Ostatní rizika jsou považována na základě této analýzy za méně kritické - neohrožují významně nemocnici.

Jak lze vidět, mezi klíčová rizika patří požár trafostanice, rozsáhlý požár, větrná bouře, vlna veder, zemětřesení, povodně a částečně sucho. Zde je nutné podotknout, že riziko zemětřesení, které má dopad na výpadek dodávky elektrické energie v nemocnicích, z hlediska zeměpisných podmínek České republiky není pravděpodobné. Za méně kritické lze tedy považovat únik škodliviny do okolí, svahové pohyby a únik škodliviny v nemocnici a opět částečně sucho.

Závěrem lze konstatovat, že se vliv přírodních katastrof (i antropogenních) je stále aktuální a může způsobit výpadek dodávky elektrické energie v nemocnicích v České republice.

## Diskuze

Cílem článku bylo seznámit čtenáře s možností přírodních katastrof a jejich dopadu na kritickou infrastrukturu. Konkrétně je článek zaměřen na vliv katastrof, na výpadek dodávky elektrické energie, s dopadem pro nemocnice. Cílem bylo ohodnotit rizika pro nemocnice dle jejich významnosti na základě šetření ve vybraných nemocnicích v celé České republice. Obecně lze říci, že katastrofy patří mezi hrozby, kterým musí být věnována pozornost. Tyto hrozby způsobují kaskádové efekty, kdy dochází k dalším významným událostem. Díky tomu je ohrožena infrastruktura státu, kterou lze nazvat kritickou infrastrukturu. Narušení jakéhokoliv prvku kritické infrastruktury může mít závažný dopad na bezpečnost státu, ohrožení životů občanů a vliv na ekonomiku daného státu.

Bylo provedeno dotazníkové šetření ve 160 nemocnicích v České republice, kdy návratnost byla 57 dotazníků (35,6 %). Lze hovořit o vysokém čísle návratnosti dotazníkového šetření. Výsledky lze tedy považovat za relevantní a budou sloužit jako podklad pro další výzkumnou práci. Pro vyhodnocení dotazníkového šetření byla využita Paretova analýza. Na základě této analýzy byly určeny rizika, které musí být v České republice v nemocnicích považovány za klíčové. Tyto rizika mohou významně ovlivnit výpadek dodávky elektrické energie v nemocnicích. V tomto případě lze konstatovat, že vliv naturogenních (částečně i antropogenních) katastrof mají významný vliv na výpadek dodávky elektrické energie v nemocnicích.

Hlavní nevýhodou katastrof je, že nikdo nedokáže s přesností určit, zda a kdy se objeví a jaké budou mít dopady. Nelze určit ohrožení části regionu v České republice, více regionů nebo celé republiky, případně více států. Je nutné podotknout, že touto oblastí se zabývá bezpečnostní futurologie, ale lze hovořit pouze o predikcích, nikoliv o přesně daných a velmi pravděpodobných událostech. (Valouch, 2016)

Závěrem je nutné zmínit, že na základě výzkumu bylo zjištěno významné riziko naturogenních a antropogenních katastrof s dopadem na výpadek dodávky elektrické energie v nemocnicích. Jak již bylo řečeno, nikdy nelze s přesností určit, kdy a jaká situace nastane, případně jaké bude mít další kaskádové efekty. Ovšem v případě, že situace již nastane, navrhuji zavedení hodnotícího nástroje pro hodnocení krizové připravenosti nemocnic čelit výpadku dodávky elektrické energie. Tento nástroj by byl užitečný nejen pro nemocnice, ale také pro krajské úřady, případně pro dodavatele pohonných hmot. Zde je nutné hodnotit předpokládanou dobu výpadku dodávky elektrické energie, příkon nemocnice, výkon agregátů, zásoby pohonných hmot do agregátů a další možné náhradní zdroje elektrické energie (UPS - Uninterruptible Power Supply). Tyto informace budou hodnoceny pomocí hodnotícího nástroje a na základě dalších podmínek bude určena připravenost nemocnice na výpadek dodávky elektrické energie v dané situaci.

## Závěr

Článek byl rozdělen do čtyř částí. Nejprve zde byla vysvětlena oblast kritické infrastruktury a jejich prvky. Dále se článek zaměřil na kaskádové efekty katastrof a jejich dopad na kritickou infrastrukturu. Zadruhé byly vybrány vědecké metody práce, kdy mezi významnou patřilo dotazníkové šetření s vyhodnocením pomocí Paretovy analýzy. Zatřetí, na základě zvolených metod zpracování práce byly vyhodnoceny výsledky dotazníkového šetření. Dále, byla diskutována oblast vlivu katastrof s jejich dopadem na výpadek dodávky elektrické energie v nemocnicích. V závěru této kapitoly byl navrhnout způsob hodnocení krizové připravenosti nemocnic čelit výpadku dodávky elektrické energie.

## Poděkování

Tento výzkum je podporován Interní grantovou agenturou Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně - IGA/FAI/2019/001.

## Reference

- Act 240/2000 of 28 June 2000 on Crisis Management, as subsequently amended.
- Braun, M. et al., 2018. The Future of Power System Restoration: Using Distributed Energy Resources as a Force to Get Back Online. In IEEE Power and Energy Magazine, 16(6): 30-41. DOI: 10.1109/MPE.2018.2864227

- Brazdil, R., Stucki, P., Szabo, P., Reznickova, L., Dolak, L., Dobrovolny, P., Tolasz, R., Kotyza, O., Chroma, K., Suchankova, S. 2018. Windstorms and forest disturbances in the Czech Lands: 1801-2015. *Agricultural and Forest Meteorology*, Elsevier, 47-63. DOI:10.1016/j.agrformet.2017.11.036.
- Government Regulation 432/2010 of 22 December 2010 about the criteria for determining an element critical infrastructure.
- Grasseova, M., Brechta, B. 2013. Efektivní rozhodování: analyzování, rozhodování, implementace a hodnocení. 1<sup>st</sup> edit. Brno: Edika. (in Czech)
- Kumar, M.A., Laxmi, A.J. 2016. Application of Intentional Islanding Algorithm for Distributed Energy Resources in Disaster Management. In 2016 IEEE International Conference on Power System Technology (POWERCON), DOI: 10.1109/POWERCON.2016.7753972.
- Rehak, D., Danihelka, P., Bernatik, A. 2014. Criteria Risk Analysis of Facilities for Electricity Generation and Transmission. In Steenbergen et al. (eds): Safety, Reliability and Risk Analysis: Beyond the Horizon (ESREL 2013), 2073-2080.
- Rehak, D., Novotny, P. 2016a. Bases for modelling the impacts of the critical infrastructure failure, 91-96.
- Spink, S., Saathoff, S. 2013. Superstorm Sandy: Fuel Cell Design for Disaster Recovery vs. Backup Power. In International Telecommunications Energy Conference 'Smart Power and Efficiency' (INTELEC).
- Ulbrich, U., Leckebusch, G., & Donat, M. 2013. Windstorms, the Most Costly Natural Hazard in Europe. In S. Boulter, J. Palutikof, D. Karoly, & D. Guitart (Eds.), *Natural Disasters and Adaptation to Climate Change*, 109-120. Cambridge: Cambridge University Press. DOI:10.1017/CBO9780511845710.015.
- Valouch, J., Urbancokova, H. 2016. Methodology of Future Security Studies. SECURWARE 2016: The Tenth International Conference on Emerging Security Information, Systems and Technologies, 69-71.
- Wanik, D., Anagnostou, E.N., Hartman, B.M., Frediani, M.E.B., Astitha, M. 2015. Storm outage modeling for an electric distribution network in Northeastern USA. *Natural Hazards* 79: 1359-1384. DOI:10.1007/s11069-015-1908-2.