



Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta bezpečnostního inženýrství

Žilinská univerzita v Žiline
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 2023

XVIII. ročníku mezinárodní konference mladých vědeckých pracovníků a doktorandů



17. – 18. dubna 2023
Ostrava



Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta bezpečnostního inženýrství

Žilinská univerzita v Žiline
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 2023

XVIII. ročníku mezinárodní konference mladých vědeckých pracovníků a doktorandů

17. – 18. dubna 2023
Ostrava

MLADÁ VĚDA 2023

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

Editor: prof. 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 978-80-7385-265-8

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 České vysoké učení technické v Praze, Česká republika
Balázs Vince NAGY Budapest University of Technology and Economics, Maďarsko
Witalis PELLOWSKI Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Łądowych, Polsko
Jiří POKORNÝ VŠB – Technická univerzita Ostrava, Česká republika
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
Jiří VOJTĚŠEK Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Česká republika
Mike ZEEGERS Security Risk Watch, Nizozemsko

ORGANIZAČNÍ VÝBOR KONFERENCE:

Lenka ČERNÁ Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, z.s.
Stanislava KUBACZKOVÁ Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, z.s.
Heidi JANEČKOVÁ VŠB – Technická univerzita Ostrava, Česká republika

Obsah

Testovanie spoľahlivosti RFID čítacích zariadení ako súčasť lokalizačných systémov	7
Martin Boroš, Radoslav Kuffa	
Směrem k řešení kybernetické bezpečnosti inteligentních sítí pomocí modelu SGAM	17
Ilja David	
3D modely mračen bodů a jejich využití v oblasti bezpečnosti, kriminalistiky a ve forenzních vědách	25
Irena Drofová, Milan Adámek	
Softvérové nástroje OiRA a IDRIS a ich aplikácia v malých a mikro podnikoch	31
Alena Ďaďová	
Čas prielomovej odolnosti ako vstupný parameter pri plánovaní a hodnotení systému fyzickej ochrany	40
Jakub Ďurica	
Bezpečnosť ako dôležitý aspekt zabezpečenia udržateľnosti kvality života v obciach	47
Kristián Furiak, Erika Mošková	
Príprava a realizácia cvičení využívajúcich simulácie v rámci podmienok Slovenskej republiky	53
Bronislava Halúsková	
Comparison of Confined Space Fire Simulation with the Standard Calculation	58
Dorota Hodúlová, Stanislava Gašpercová, Miroslava Vandlíčková	
Přístupy k posilování resilience kritických subjektů	67
Heidi Janečková	
Funkcionalita softvérových nástrojov pri modelovaní následkov priemyselných havárií s prítomnosťou nebezpečných látok	73
Samuel Kočkár	
Protipožiarne vlastnosti tepelno-izolačných materiálov s polyuretánovým jadrom	84
Katarína Košútová, Linda Makovická Osvaldová	

Posouzení a hodnocení nevyhnutelných rizik spojených s ohrožením bezpečnosti a zdraví zaměstnanců při práci	89
Gabriela Králíčková, Petra Dostálová, Jan Albrecht	
Ochrana mäkkých cieľov železničnej infraštruktúry	98
Klaudia Kubalová, Tomáš Loveček	
Multikriteriálne rozhodovanie ako model pre výber optimálneho sieťového zariadenia	110
Matúš Madleňák, Katarína Kampová	
Availability of Units of the Integrated Rescue System for the Territorial Area	118
Adam Malatinsky, Martin Hromada	
Vplyv geometrie priestoru na kvalitu výstupov pri modelovaní požiaru v FDS	125
Patrik Matúš, Stanislava Gašpercová	
Charakteristika distribuce částic mlhových trysek typu LN, SK a SV	133
Marek Miškový, Dominik Jursa, Miriam Kadlubcová	
Vybrané ukazovatele ekonomickej bezpečnosti organizácie	142
Pavol Prievozník, Stanislava Strelcová, Eva Sventeková, Jozef Kubás	
Vyčištěné odpadní vody jako zdroj vody požární	152
Patrik Sirotiak, František Ondrašík	
Testing the Monitoring and Tracking System in Terms of the Effect of Obstacles on Signal Propagation in a Confined Space	165
Erika Skýpalová, Tomáš Loveček	
Hasiace deky na zdolávanie požiarov automobilov v cestnej doprave	171
Kristián Slašťan, Jozef Svetlák	
Bezpečnostní aspekty blockchainu	176
Miroslav Tomšů, Nikola Čajková, Veronika Rosíková	

Testovanie spoľahlivosti RFID čítacích zariadení ako súčasť lokalizačných systémov

Martin Boroš¹, Radoslav Kuffa²

¹ Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva,
Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina, martin.boros@uniza.sk

² Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva,
Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina, kuffa2@stud.uniza.sk

Abstrakt:

Úlohou lokalizačného systému je podanie informácie o tom, kde sa entita, osoba alebo vec, v súčasnosti nachádza. Jedná sa o súbor viacerých komponentov, ktoré možno rozdeliť na dve skupiny, a to identifikačnú a vyhodnocovaciu. Táto skladba systému je podobná ako v prípade systému kontroly vstupov, ktorého podstatu a význam je možné v rámci lokalizačných systémov použiť. Jednou zo základných identifikačných metód v rámci systémov kontroly vstupov je rádiový frekvenčná identifikácia a v rámci nej rôzne typy kariet a identifikačných prvkov, tokenov.

Článok sa zameriava na testovanie spoľahlivosti identifikácie entity prostredníctvom karty a tagu, s rôznymi čítacími zariadeniami a pri použití vlastného testovacieho zariadenia.

Kľúčové slová: testovanie, RFID, karta, tag, lokalizačný systém.

1 Úvod

Lokalizačné systémy predstavujú súhrn viacerých komponentov a technológií, ktoré umožňujú sledovať rôzne entity aj v uzavretých priestoroch. Entitou sa myslí osoba alebo akýkoľvek neživý predmet, ktorý môže disponovať identifikačným prvkom. Lokalizačné systémy je možné z pohľadu použitia v prostredí rozdeliť na vonkajšie a vnútorné, pričom vo všeobecnosti sú častejšie využívané práve vonkajšie. Táto skutočnosť je zapríčinená technológiou GPS, ktorá patrí medzi základné lokalizačné systémy. Jeho nevýhodou je, že nedokáže fungovať vo vnútornom prostredí. Medzi ďalšie lokalizačné systémy použiteľné vo vonkajšom prostredí môžeme zaradiť geografické informačné systémy (GIS), Rádiový frekvenčnú identifikáciu (RFID), QR kódy alebo Bluetooth.

V prípade vnútorného prostredia sa ako lokalizačný systém môžu použiť napríklad kamerový monitorovací systém, Wi-Fi, Rádiový frekvenčnú identifikáciu (RFID) alebo iBeacon. V súčasnosti sa najčastejšie využíva technológia RFID, nakoľko ostatné menované majú z nášho pohľadu nedostatky. Napríklad kamerový monitorovací systém je možné použiť iba v prípade ak lokalizovanie podmienime určitým identifikačným prvkom, čo je v tomto prípade biometrický údaj, spravidla obraz tváre alebo typ chôdze. Ak by sme tak však urobili, jednalo by sa o použitie osobných údajov osôb v zmysle článku 4 bodu 14 nariadenia GDPR a teda by sme museli požadovať súhlas ľudí na ich monitorovanie. Druhou nevýhodou je skutočnosť, že daná technológia nie je využiteľná v prípade neživých predmetov, pretože je veľmi komplikované určiť jedinečný identifikačný prvok neživého predmetu. V prípade Wi-Fi je naopak možné identifikovať pripojených užívateľov, respektíve ich zariadenia, avšak nemáme reálnu vedomosť dosahu Wi-Fi signálu v rámci objektu. Jediná technológia, ktorá by bola využiteľná je technológia iBeacon, ktorá sa primárne využíva v marketingovom sektore avšak vzhľadom na jej výhody nie je jej použitie v budúcnosti vylúčené.

2 Komunikačná technológia

2.1 RFID technológia

RFID (Radio Frequency Identification) predstavuje technológiu automatickej identifikácie umožňujúcej prostredníctvom rádiových vln identifikovať akýkoľvek objekt, ktorý je označený tzv. RFID tagom [1]. RFID systém sa skladá z aspoň jednej čítačky a z aspoň jedného tagu. Čítačka RFID môže byť pripojená ku tzv. dohľadovému počítaču, z ktorého získava prístup ku rôznym databázam [2]. Princíp RFID je možné popísať ako komunikáciu medzi dvomi aktérmi v podobe iniciátora a cieľa. Iniciátor v podobe RFID čítačky spustí proces komunikácie prostredníctvom rádiového poľa, pričom čaká na odozvu akéhokoľvek zariadenia v tomto poli. Cieľ v podobe RFID tagu zachytí tento prenos a prostredníctvom jedinečného identifikačného čísla odpovie, čím dôjde ku výmene informácií [3]. Princíp fungovania je zobrazený na Obrázku 1.



Obrázok 1. Zloženie RFID systému [4]

Z hľadiska napájania rozoznávame celkovo 3 druhy RFID tagov:

- pasívne,
- aktívne,
- semipasívne [4].

Technológia RFID prináša so sebou radu výhod ale aj nevýhod. Podľa Ahmeda Khattaba a kol. medzi hlavné výhody zaradujeme:

- absencia personálu pri identifikácii – RFID systém nepotrebuje pre proces identifikácie účasť dodatočného personálu, čím vzniká možnosť eliminácie chyby na základe zlyhania ľudského faktoru,
- absencia priamej cesty medzi komponentmi RFID – medzi RFID čítačkou a samotným tagom nie je potrebná viditeľná cesta, stačí, že sa zariadenie nachádza v požadovanom dosahu čítačky,
- možnosť čítačiek RFID komunikovať s viacerými tagmi súčasne,
- vyšší dosah – v porovnaní s inými identifikačnými systémami (napr. čiarové kódy) má RFID mnohonásobne vyšší dosah potrebný pre komunikáciu medzi jednotlivými komponentami,
- spoľahlivosť – RFID systém má viacnásobne vyššiu spoľahlivosť pri svojej činnosti oproti tradičným identifikačným systémom,
- možnosť ukladania informácií – okrem ID štítku sú RFID zariadenia schopné ukladať aj iné informácie (napr. bližší popis tovaru, počet ks., pravidlá pre zaobchádzanie s tovarom a pod.),
- možnosť snímania okolia – V rámci RFID technológie je možné využiť schopnosti tagu pre snímanie okolitých podmienok v podobe teploty prostredia alebo úrovne vlhkosti, v ktorých je samotný tag uložený [5].

2.2 NFC technológia

NFC (Near Field Communication) je podobná technológii ako RFID, niektoré zdroje uvádzajú NFC ako rozšírenie RFID technológie. Taktiež zdieľa množstvo vlastností s RFID technológiou ako sú napr. spôsob spustenia komunikácie, pasívny alebo aktívny komunikačný režim a pod. NFC technológia sa vyznačuje komunikáciou na krátku vzdialenosť a nízkou cenou [6].

NFC technológia dokáže kooperovať s RFID technológiou v podobe spracovania dát RFID tagu prostredníctvom NFC čítačky alebo ich zápisu. Pri NFC technológií vzniká možnosť komunikácie medzi rôznymi zariadeniami, vďaka ktorej je umožnená výmena dát. Rozdiel medzi RFID a NFC technológiou spočíva v tom, že ciele NFC komunikácie sú často využívané vo forme programovateľných zariadení napr. mobilné telefóny. Tým pádom dokáže cieľ NFC generovať jedinečný obsah pre rôzne spôsoby výmeny informácií [3].

NFC dokáže pracovať v troch režimoch:

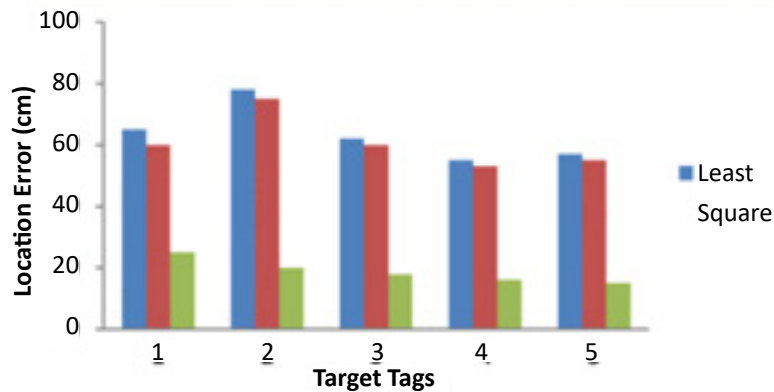
- card Emulation Mode – mód emulácie karty umožňuje zariadeniu NFC vytvárať a formátovať bezkontaktné čipové karty. Na tomto princípe pracujú kreditné karty, dopravné karty a podobne,
- Reader/Writer Mode – v tomto móde môže NFC zariadenie čítať údaje z NFC alebo RFID tagu, prípadne zapisovať nové údaje na NFC tag,
- Peer-to-peer Mode – mód P2P umožňuje komunikáciu medzi 2 zariadeniami NFC, na základe ktorej si dokážu vzájomne vymieňať informácie. Pri tejto komunikácii nie je sprístupnená celá pamäť zariadenia ale iba časť ktorá je potrebná pre výmenu informácií [3, 7].

3 Meranie

V rámci technológie RFID a NFC prebehlo množstvo výskumov zaoberajúcich sa vzdialenosťou komunikácie, bezpečnosťou komunikácie alebo testovania komponentov RFID a NFC. Jedným z výskumov zaoberajúcich sa RFID technológiou bol zameraný na silu signálu vo vnútorných priestoroch za účelom určenia polohy prostredníctvom RFID. Výskum bol realizovaný autormi M. Sasikala, J. Athena a A. Sheela Rini.

V tomto výskume prebiehalo meranie, ktoré mohlo byť uskutočnené jednou zo 4 metód a to konkrétne metódy na základe odhadu polohy pomocou času príchodu rádiového signálu, metódy odhadu polohy pomocou časového rozdielu príchodu signálu, metódu odhadu polohy pomocou uhla príchodu a metódy odhadu polohy na základe sily prijatého signálu [8].

Účelom merania bolo navrhnúť algoritmus, ktorý by na základe sily prijatého signálu určil polohu objektu. Pri meraní autori upozornili na odchýlku od pozície umiestnenia objektu, ktorá by sa znížila pri použití väčšieho množstva RFID tagov. Výsledky spracovali do grafu v ktorom modrá farba určuje pôvodnú pozíciu na referenčnom tagu. Červená farba označuje navrhovaný model, ktorý je bližšie ku skutočnej polohe. Meranie bolo uskutočnené na ploche 600x1 200 m a údaje sú odsledované z 5 meraných tagov [8]. Výsledok merania kolektívu autorov je zobrazený na Obrázku 2.



Obrázok 2. Priemerná chyba odhadu polohy [8]

3.1 Metodológia

Hlavným cieľom experimentálneho testovania je charakterizovať možnosti verifikácie používateľa v systémoch kontroly vstupov, respektíve lokalizačných systémoch. V rámci experimentálneho testovania sme sa zamerali na bežne používané čítacie a identifikačné zariadenia. Po výbere testovacích komponentov sme si zvolili nasledovný metodický postup, v rámci ktorého sme si navrhli a zhotovili testovacie zariadenie:

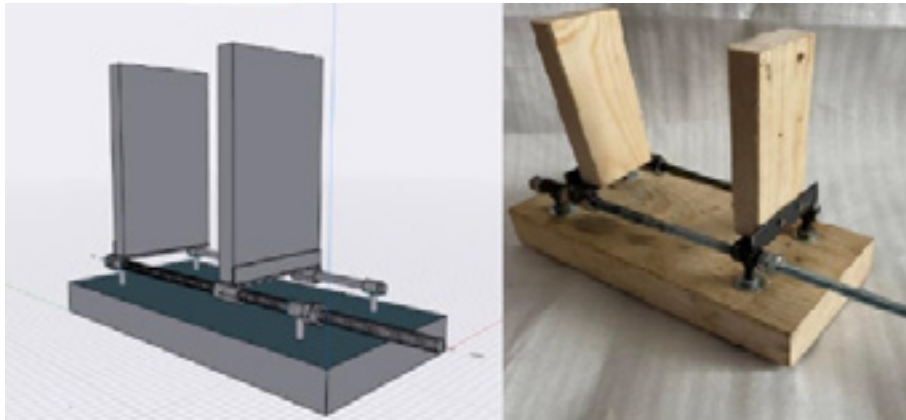
- príprava komponentov,
- uchytenie do skúšobného zariadenia,
- realizácia merania,
- zaznamenanie výsledkov merania,
- ukončenie merania.

Pre potreby experimentálneho merania bolo nutné vyhotoviť konštrukciu, ktorá by mala za úlohu simulovať pomalý pohyb RFID prvku k čítaciemu zariadeniu, až do momentu, kedy by došlo ku verifikácii prvku.

Na konštrukciu tak boli kladené nasledovné podmienky:

- konštrukcia musí udržať jednotlivé komponenty v stabilnej polohe počas celej doby experimentálneho merania,
- konštrukcia musí byť dostatočne veľká na zaistenie vzdialenosti snímania,
- konštrukcia musí byť navrhnutá tak, aby sa vyskytovali čo najnižšie odchýlky pri meraní,
- samotná konštrukcia nesmie vytvárať prekážku medzi meranými komponentami.

Na základě vyššie uvedených podmienok sme navrhli skúšobné zariadenie v programe Shapr3D, pozostávajúce z dvoch zložiek – pevnej a pohyblivej. Návrh zariadenia je zobrazený na Obrázku 3.



Obrázok 3. Návrh konštrukcie skúšobného zariadenia v Shapr3D (naľavo) a zhotovená konštrukcia (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Pevná zložka predstavuje drevenú podstavu, na ktorej sú umiestnené 4 piliere držiace prvky pohyblivej zložky. Ľavá dotyková plocha je napevno osadená na piliere z dôvodu zafixovania polohy. Pohyblivá zložka pozostáva zo závitovej tyče, ocelevej guľatiny a bežcov v podobe 6 hranných predĺžovacích matíc. Na bežcoch sa nachádza ocelová konštrukcia v tvare L, ktorá má za úlohu zafixovanie drevenej dotykovej plochy. Závitová tyč je upevnená na podporných pilieroch prostredníctvom dvoch matíc na oboch stranách, ktoré sú utiahnuté proti sebe, čím vytvárajú pevný bod.

3.2 Výsledky

V rámci experimentálneho testovania sme využívali tri zariadenia spôsobilé na komunikáciu s RFID prvkami. Išlo o zariadenia X112, ZONEWAY T11EM a RFID reader. Zariadenie X112 a ZONEWAY T11EM sú autonómne, čo znamená, že pre udelenie práv osobe nie je nutné používať dodatočný software. Zariadenie RFID reader využíva pre verifikáciu prvku dodatočný software. Čítacie zariadenia pred experimentálnym testovaním sú znázornené na Obrázku 4, technická špecifikácia zariadení je uvedená v Tabuľke 1.



Obrázok 4. Použité RFID čítačky X112 (vľavo), ZONEWAY T11EM (stred) a RFID reader (vpravo) (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Tabuľka 1. Technická špecifikácia testovaných komponentov

Názov zariadenia	X112	ZONEWAY T11EM	RFID reader
Rozmery (DxŠxH)	200x89x30 mm	117x75x20 mm	108x68x12 mm
Napájanie	12 V	12 V	5 V
Typ Verifikácie	Odtlačok prsta, tvár, kód, RFID	Kód, RFID	RFID
Počet užívateľov	500	2000	x
LED signalizácia	Nie	Áno	Áno
Akustické potvrdenie	Áno	Áno	Áno
Vlhkosť	10 % - 85 %	10 % - 90 %	x
Teplota	-20 °C - 50 °C	-45 °C - 60 °C	x
Frekvencia	125 kHz - 13, 56 MHz	125 kHz	125 kHz - 13, 56 MHz

Ako RFID komponenty boli využité dva prvky – RFID karta a RFID tag, obidva komponenty sú pasívne LF RFID prvky, čo znamená, že sú napájané prostredníctvom elektromagnetického poľa a pre svoju funkčnosť potrebujú prítomnosť RFID čítačky. RFID komponenty pracujú vo frekvenčnom pásme 125 kHz. Maximálna komunikačná vzdialenosť LF RFID prvkov je udávaná do 0,5 m.

X112

Prvým testovaným identifikačným prvkom bola RFID karta. Nameraná komunikačná vzdialenosť na začiatku merania bola podstatne nižšia ako pri zvyšných nameraných hodnotách. Najnižšia nameraná hodnota predstavovala 49,9 mm, ktorá sa celkovom súbore 500 meraní sa nachádzala iba 1-krát. Od 69 opakovania merania začali hodnoty rásť a udržiavali sa na vyššej úrovni až do konca merania. Priemerná zaznamenaná hodnota bola 72,48 mm. Najvyššia nameraná hodnota predstavovala 82,5 mm a v súbore meraní mala zastúpenie troch miest, konkrétne pri meraní č. 158, 356 a 453. Najčastejšou hodnotou pri meraní vzdialenosti RFID karty bol údaj 75,2. Tento údaj sa nachádzal v celkovom súčte meraní 27-krát, čím tvoril podiel hodnôt 5,4 %. Jednotlivé základné parametre sú uvedené v Tabuľke 2.

V poradí druhý testovaný identifikačným prvkom bol RFID tag, ktorého namerané hodnoty sa pohybovali v rozpätí od 40,8 mm do 61 mm. Tieto údaje zároveň predstavujú najvyššiu a najnižšiu nameranú hodnotu z celkového súboru 500 meraní. Jednotlivé základné parametre sú uvedené v Tabuľke 2.

Tabuľka 2. Výsledky merania pre čítacie zariadenie X112

	RFID Karta	RFID tag
Priemerná hodnota (mm)	72,48	51,57
Najvyššia nameraná hodnota (mm)	82,5	61,0
Najnižšia nameraná hodnota (mm)	49,9	40,8
Modus (mm)	75,2	48,0

Z nameraných hodnôt uvedených v Tabuľke 2 vyplýva, že komunikačná vzdialenosť RFID karty a zariadenia X112 je vyššia na rozdiel od komunikačnej vzdialenosti RFID tagu. Pri najvyššie nameranej hodnote vznikol rozdiel až 21,5 mm. Rozdiel priemernej hodnoty predstavuje 20,91 mm.

ZONEWAY T11EM

Aj v tomto prípade sme dodržali postup a ako prvý identifikačný prvok sme merali RFID kartu. Nameraná komunikačná vzdialenosť medzi RFID kartou a RFID tagom sa pohybovali v rozpätí od 21,6 mm po 13,3 mm. Hodnota 21,6 mm predstavuje maximum z celkového počtu 500 meraní a je v celom súbore obsiahnutá 2-krát. Najčastejšia hodnota je nameraná vzdialenosť 18,6 mm, nachádzajúca sa v celkovom počte meraní 19-krát, čím tvorí podiel 3,8 % všetkých nameraných hodnôt RFID karty. Jednotlivé základné parametre sú uvedené v Tabuľke 3.

V prípade RFID tagu predstavovala najvyššia nameraná hodnota 17,7 mm a v celom súbore meraní RFID tagu pre ZONEWAY T11EM sa nachádza raz, konkrétne na pozícií druhého opakovania. Priemerná hodnota bola 13,27 mm. Najbližšie ku priemernej hodnote je nameraná vzdialenosť 13,3 mm, ktorá sa nachádza v celkovom počte meraní 12-krát. Jednotlivé základné parametre sú uvedené v Tabuľke 3.

Tabuľka 3. Výsledky merania pre čítacie zariadenie ZONEWAY T11EM

	RFID Karta	RFID tag
Priemerná hodnota (mm)	17,67	13,27
Najvyššia nameraná hodnota (mm)	21,6	17,7
Najnižšia nameraná hodnota (mm)	12,0	7,3
Modus (mm)	18,6	14,6

Obidva RFID prvky počas meraní nadviazali spojenie s čítačkou, všetky pokusy čítacie zariadenie vyhodnotilo ako prijaté prostredníctvom svetelnej a akustickej signalizácie.

RFID reader

V poradí prvý sme merali komunikačnú vzdialenosť pre RFID kartu, pre ktorú sme realizovali celkovo 500 opakovaní. Nameraná komunikačná vzdialenosť sa pohybovala v rozpätí od 38,9 mm do 41,8 mm. Najčastejšiu zaznamenanou hodnotu bola 39,9 mm. Táto hodnota sa v priebehu merania objavilo až 50-krát čo tvorí celkovú zložku merania v hodnote 10 %. Pri meraní komunikačnej vzdialenosti RFID karty a zariadenia RFID reader nedošlo ku žiadnemu zlyhaniu, na všetky merania čítačka zareagovala svetelnou a akustickou signalizáciou. Jednotlivé základné parametre sú uvedené v Tabuľke 4.

V prípade merania s RFID tagom sa nameraná hodnota pohybovala od 4,8 mm do 15 mm. Jedná sa o kratšie komunikačné vzdialenosti v porovnaní s RFID kartou. Priemerná nameraná hodnota predstavuje 7,58 mm. Maximálnu komunikačnú vzdialenosť sme dosiahli pri začiatku merania, kde sme na prvej pozícií namerali hodnotu 15 mm. Jednotlivé základné parametre sú uvedené v Tabuľke 4.

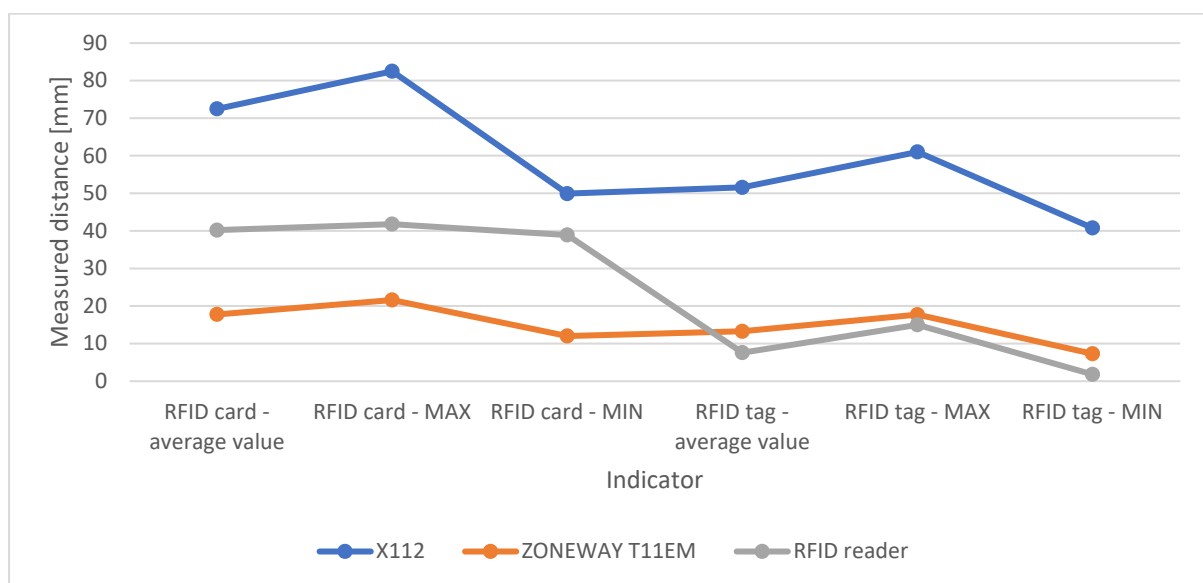
Tabuľka 4. Výsledky merania pre čítacie zariadenie RFID reader

	RFID Karta	RFID tag
Priemerná hodnota (mm)	40,19	7,58
Najvyššia nameraná hodnota (mm)	41,8	15
Najnižšia nameraná hodnota (mm)	38,9	1,8
Modus (mm)	39,9	7,1

Priemerná hodnota pri RFID karte je vyššia o 32,61 mm od hodnoty RFID tagu. Pri najvyššie nameranej hodnote predstavoval rozdiel komunikačnej vzdialenosti 26,8 mm. Najnižšie nameraná hodnota je rozdielna o 37,1 mm, čo predstavuje najvyšší rozdiel spomedzi všetkých hodnôt obsiahnutých v grafickom zobrazení. Čítacie zariadenie, RFID reader, dokázalo komunikovať s RFID kartou na dlhšiu vzdialenosť na rozdiel od RFID tagu.

Z hľadiska schopnosti komunikácie boli obidva komponenty funkčné počas celej doby merania a čítačka dokázala rozpoznať RFID komponenty vo všetkých vykonaných pokusoch.

Počas merania vzdialenosti komunikácie medzi RFID prvkami a čítacími zariadeniami sme vykonali spolu 3 000 opakovaní. Všetky opakovania boli úspešné, čítacie zariadenia dokázali rozoznať RFID prvky včas. Konštrukcia na uchytenie prvkov bola dostatočne dlhá, nebolo nutné ju predlžovať. Komparácia nameraných hodnôt je znázornená na Obrázku 5.



Obrázok 5. Vzájomná komparácia nameraných hodnôt pre RFID kartu a RFID tag
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

Ako môžeme vidieť na Obrázku 5, priemerná hodnota pre RFID kartu dosahovala najnižší úsek pri zariadení ZONEWAY T11EM. Najvyššia priemerná hodnota bola zaznamenaná pri zariadení X112. Z týchto údajov vyplýva, že čítačka X112 mala lepšiu schopnosť komunikovať s RFID kartou pri dlhšej vzdialenosti. Najnižšiu nameranú hodnotu pre RFID kartu sa nám podarilo zachytiť pri zariadení ZONEWAY T11EM. Hodnota predstavovala iba 12 mm úsek medzi čítačkou a RFID kartou. Ako najvyššiu hodnotu pod označením modus dosiahla čítačka X112, kde pri 27 pokusoch čítačka reagovala na RFID kartu vo vzdialenosti 75,2 mm. Z nameraných údajov vyplýva, že zariadenie X112 dokáže komunikovať pri podstatne dlhšej vzdialenosti s RFID kartou a RFID tagom oproti ostatným čítačkám využitých v experimentálnom testovaní. Ako druhé zariadenie s najvyššou komunikačnou vzdialenosťou môžeme označiť RFID reader v oblasti RFID karty a ZONEWAY T11EM v oblasti RFID tagu.

Na základe výsledkov experimentálnych testov môžeme konštatovať, že efektívnejší identifikačný prvok je RFID karta, ktorá dokáže byť zaznamenaná čítacím zariadením vo väčšej vzdialenosti.

4 Diskusia

V porovnaní s vykonanými testami iných autorov sme namerali rádovo nižšie vzdialenosti. Dôvodom nižších výsledkov sú použité RFID identifikačné prvky a čítacie zariadenia. Naše RFID prvky spadali pod kategóriu LF, ich frekvencia dosahovala hodnoty 125 kHz, čím sme maximálnu vzdialenosť dosiahli v hodnotách niekoľkých cm. Na výsledok a samotnú vzdialenosť vplývala aj konštrukcia RFID čítačiek. Keďže sa jedná o systém kontroly vstupov používaný pre riadenie vstupu do objektu, ich komunikačné príslušenstvo nemusí byť nastavené na snímanie prvku z veľkej vzdialenosti. Pri nastavení čítačky na príliš vysokú vzdialenosť by mohlo dôjsť ku bezpečnostnému incidentu, kedy by bol aktivovaný systém, čo by malo za následok odblokovanie dverí pre iné osoby, ktoré nemajú oprávnený vstup do objektu. Meranie vzdialenosti mohlo byť realizované aj prostredníctvom inej formy. Naše meranie spočívalo v kolmom uložení RFID prvku a čítačky. Ak by sme RFID prvok uložili pod iným uhlom na horizontálnej osi, mohli by sme sledovať iný súbor vzdialeností na ktoré by čítacie zariadenie zareagovalo a taktiež by mohlo dôjsť ku situácií, kedy by čítačka na RFID prvok nezareagovala vôbec.

5 Záver

Cieľom výskumu, ktorému sa venuje článok, bolo experimentálne testovanie spoľahlivosti RFID čítacích zariadení, pričom sa spoľahlivosť posudzovala prostredníctvom komunikačnej vzdialenosti. Testované boli tri porovnateľné čítacie zariadenia dostupné v rámci globálneho trhu pomocou dvoch RFID identifikačných prvkov, a to karty a tagu. Jednalo sa o komponenty spadajúce do skupiny LF RFID. Na základe výsledkov môžeme konštatovať, že najspoľahlivejšie čítacie zariadenie malo označenie X112 a dokázalo nadviazať komunikačnú vzdialenosť o veľkosti 82 mm, pričom sa jednalo o najvyššiu zaznamenanú hodnotu. V rámci LF RFID, a 125 kHz je oprávnená komunikačná vzdialenosť cca do 10 cm, čo znamená, že sme v tolerancii. Naopak najhoršie v rámci experimentálneho merania dopadlo čítacie zariadenie ZONEWAY T11EM, ktoré pracovalo so vzdialenosťou cca iba 21 mm pri karte a 18 mm pri tagu. To by v reálnom použití znamenalo, že používateľ musí vykonať dotyk medzi identifikačným prvkom a čítacím zariadením, čo nie je správne a prichádza potom možnosť zamyslieť sa nad použitím inej technológie.

Namerané hodnoty majú veľký význam pre simulačné programy, určené na výpočet kritickej cesty narušiteľa objektu.

PodĎakovanie

Tento článok bol pripravený v rámci podpory projektu APPV-20-0457 Monitorovanie a trasovanie pohybu a kontaktu osôb v zdravotníckych zariadeniach.

Referencie

- [1] Kodys [online]. KODYS:©2013. [cit. 27.02.2023]. Dostupné z: <https://www.kodys.sk/rfid>
- [2] VENA, Arnaud, PERRET, Etienne, TEDJINI, Smail, 2016. *Chipless RFID based on RF Encoding Particle*. ISTE Press – Elsevier, ISBN 978-1-78548-107-9
- [3] IGOE, Tom a i, 2014. *Beginning NFC*, O'Reilly Media; 1st edition, ISBN 978-1449372064
- [4] GAVONI, L. *RFID exploitation and countermeasures* [online]. [cit. 27.02.2023]. Dostupné z: <https://arxiv.org/pdf/2110.00094.pdf>

- [5] KHATTAB, Ahmed, Zahra JEDDI, Esmail AMINI a Magdy A. BAYOUMI, 2017. *RFID Security: A Lightweight Paradigm*. Cham: Springer International Publishing. Analog Circuits and Signal Processing. ISBN 978-3-319-47544-8
- [6] KULKARNI, R. D., 2017 *Near Field Communication (NFC) Technology and Its Application* [online]. Dostupné z: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-69921-5_74
- [7] ALBATTAH, Albatul a i, 2020. *NFC Technology: Assessment Effective of Security towards Protecting NFC Devices & Services*, 2020 International Conference on Computing and Information Technology (ICCI-1441)
- [8] SASIKALA, M., ATHENA, J., SHEELA RINI, A. 2021, *Received Signal Strength based Indoor Positioning with RFID*, 2021 IEEE International Conference on RFID Technology and Applications (RFID-TA) [online] Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9617439>

Směrem k řešení kybernetické bezpečnosti inteligentních sítí pomocí modelu SGAM

Ilja David¹

¹ Univerzita Tomáše Bati,
nám. T. G. Masaryka 5555, 760 01 Zlín, idavid@utb.cz

Abstrakt:

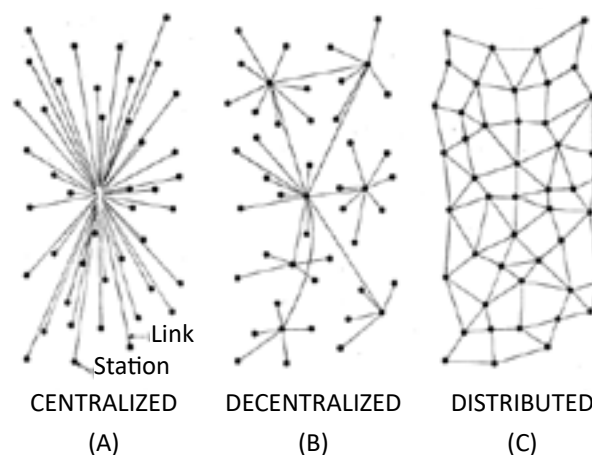
Tento příspěvek představuje trojrozměrný architektonický framework Smart Grid Architecture Model (SGAM), který byl vyvinutý na základě mandátu M/490 Evropské komise. V příspěvku je vysvětlena architektura SGAM, jež je tvořena doménami, zónami a vrstvami. Dále jsou vysvětleny základní rozdíly mezi tímto modelem a široce používaným Purdue Enterprise Reference Architecture (PERA) modelem pocházejícím ze série standardů průmyslové kybernetické bezpečnosti IEC 62443 a Logical Reference Modelem (LRM) pocházejícím z NIST. IR 7628 Guidelines for Smart Grid Cyber Security. V závěru jsou představeny výhody využití tohoto modelu při budoucím řešení kybernetické bezpečnosti inteligentních sítí (tzv. Smart Grids).

Klíčová slova: Cyber Security, Smart Grid, Smart Grid Architecture Model, Purdue Enterprise Reference Architecture Model, Logical Reference Model.

1 Úvod

Kybernetické útoky na **kritickou infrastrukturu** států jsou vzhledem k aktuální geopolitické situaci v Evropě jsou na vzestupu. Situace je obzvláště vážná, jsou-li postižené organizace součástí energetické infrastruktury, protože selhání řídicích systémů a jejich částí může vést ke katastrofickým událostem s potenciálem ovlivnit celou společnost, včetně ohrožení zdraví lidí a životního prostředí.

V evropské energetické přenosové soustavě dochází k velkým změnám – vznikají nové **inteligentní sítě** (tzv. **Smart Grids**). U nichž, současně se zaváděním nových technologií v rámci **digitalizace** dochází k čím dál tím větší propojenosti přenosových soustav a jejich částí do komplexního flexibilního distribuovaného celku (viz Obrázek 1). To vše za současné podpory autonomie jednotlivých uzlů (decentralizace). Určitá autonomie může být zajištěna na lokální společenské úrovni, ale i v rámci nadnárodních celků (např. mezi Chorvatskem a Slovinskem [1]).



Obrázek 1. Schéma vývoje energetických přenosových soustav [2]

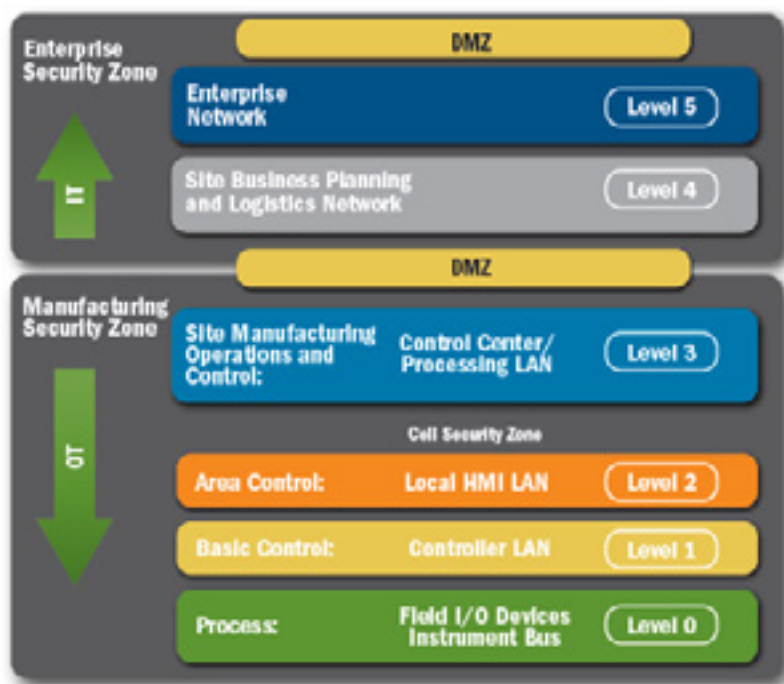
V rámci tohoto vývoje současně vznikají **nové výzvy** směrem ke kybernetické bezpečnosti. Vyšší propojenost sítí a jim nadřazených systémů přináší pro distribuční společnosti nové výzvy z hlediska jejich řízení. Současné vznikají také nové hrozby, zranitelnosti a z toho plynoucí kybernetická rizika. Vzhledem ke komplexnosti a rozsáhlosti Smart Gridů, jež zahrnují nespočet organizací, systémů a uživatelů, je dnes pro společnost výzva nalézt komplexní řešení pro řízení jejich kybernetické bezpečnosti.

Návrhy bezpečnostních architektur technologických celků jsou dnes řešeny především pomocí modelů **Purdue Enterprise Reference Architecture (PERA)**, který je jádrem standardů průmyslové kybernetické bezpečnosti IEC 62443 [3] i standardu NIST pro OT technologie [4]. Pro Smart Gridy existuje také **Logical Reference Model (LRM)**, pocházející ze standardu řady NIST zaměřených přímo na problematiku kybernetické bezpečnosti [5]. Pro řešení architektury Smart Gridů byl v EU vynalezen další model s názvem **Smart Grid Architecture Model (SGAM)** [6]. Cílem příspěvku je představit a porovnat tyto modely a popsat výhody využití SGAM modelu při budoucím řešení kybernetické bezpečnosti inteligentních sítí.

2 Purdue Enterprise Reference Architecture Model

Purdue Enterprise Reference Architecture (PERA) je model standardizované síťové architektury vyvinutý Theodorem J. Williamsem a členy konsorcia Industry-Purdue University Consortium for Computer Integrated Manufacturing v roce 1990 [7]. Tento model původně doporučuje šestivrstvou síťovou architekturu pro průmyslových automatizační a řídicí systémy (tzv. Industrial Automation Control Systems – IACS). PERA model se v průběhu let se stal klíčovým a zřejmě nejrozšířenějším konceptem pro **segmentace a segregace OT a IT sítí** v průmyslových lokacích organizací [8].

Na Obrázku 2 je znázorněno šest vrstev modelu PERA. Tyto vrstvy jsou nazývány následovně: procesní vrstva, základní řízení, dohledová vrstva, řízení výroby a provozu, plánování a logistika podniku a podniková síť. Přičemž poslední vrstva se nachází již mimo konkrétní průmyslovou lokaci.



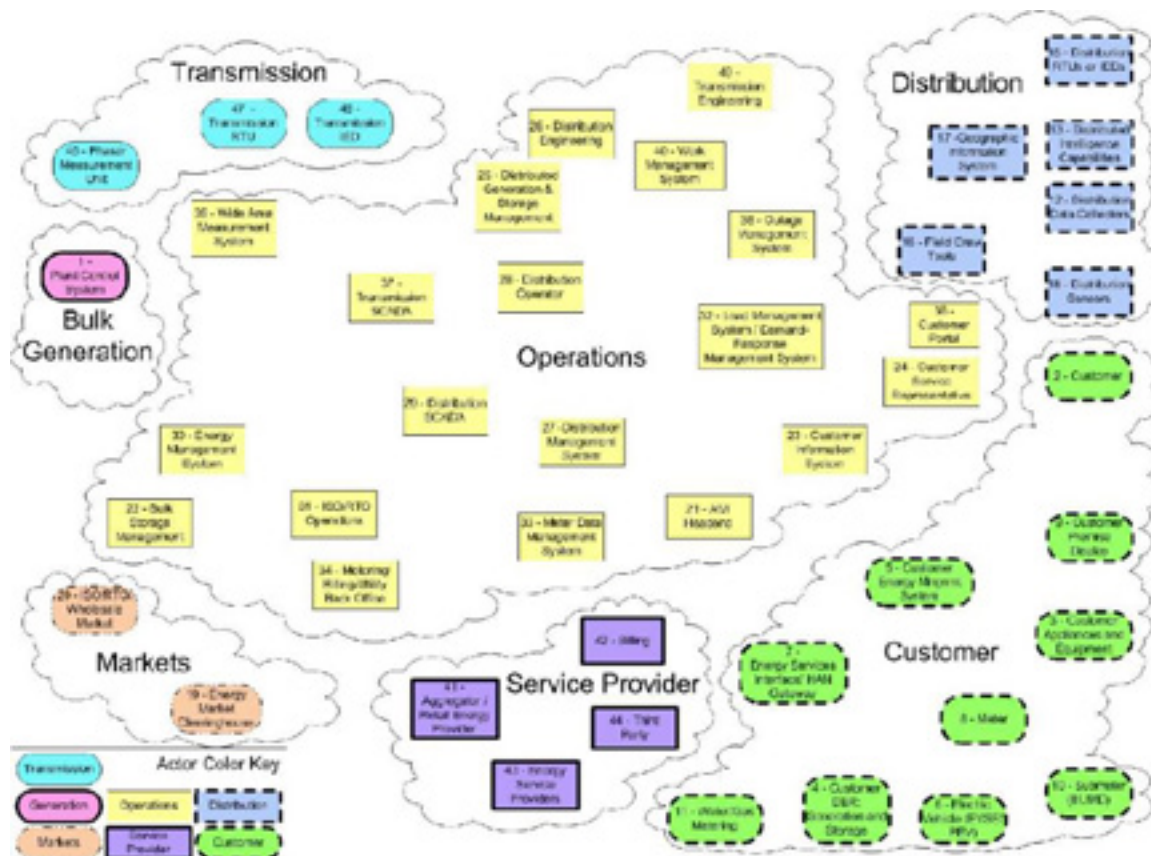
Obrázek 2. Vrstevnatá architektura PERA modelu [9]

PERA model je užitečný pro pochopení rozdílu mezi IT a OT sítěmi, protože představuje a navrhuje jakým způsobem zajistit jejich **bezpečné rozhraní**, tj. místo, kde se setkávají podnikové informační systémy a systémy řídicí. PERA je nástroj, který lze použít k modelování a návrhu tohoto rozhraní, i když k tomu původně nebyl určen [10]. Smyslem je dodržovat hlavní zásady kybernetické bezpečnosti, kterými jsou segmentace a segregace a zajištění důvěry při přechodu mezi systémy a vrstvami prostřednictvím standardizovaných autentizačních mechanismů [11].

3 Logical Reference Model

National Institute of Standards and Technology (NIST) ve Spojených Státech Amerických vyvinul granulární referenční model pro Smart Grid prostředí s názvem Logical Reference Model (LRM, viz Obrázek 3). Tento model konsoliduje **reálná schémata** z prostředí inteligentních sítí do jediného rámce a zahrnuje všechny hlavní oblasti: výroba, distribuce, přenos, provoz, trh, poskytovatel služeb a zákazník. Každá oblast zahrnuje specifické aktéry a aplikace rámci inteligentních sítí:

- **aktérem** může být OT nebo IT systém, zařízení, software, člověk nebo organizace, která se účastní dodavatelského řetězce inteligentní sítě. Aktéři musí být schopni přijímat rozhodnutí a v případě potřeby si musí být schopni vyměňovat informace s ostatními aktéry. Mezi aktéry patří zařízení, systémy nebo programy, které mohou činit rozhodnutí a které si vyměňují informace, které aplikace potřebují ke svému fungování. Jedná se například o inteligentní měřiče, solární generátory, řídicí systémy a další.
- **aplikace** jsou ve své podstatě úkoly, které v rámci domény vykonává jeden nebo více aktérů. Těmito aplikacemi mohou být například výroba a skladování solární energie, automatizace domácnosti, řízení spotřeby energie a další.

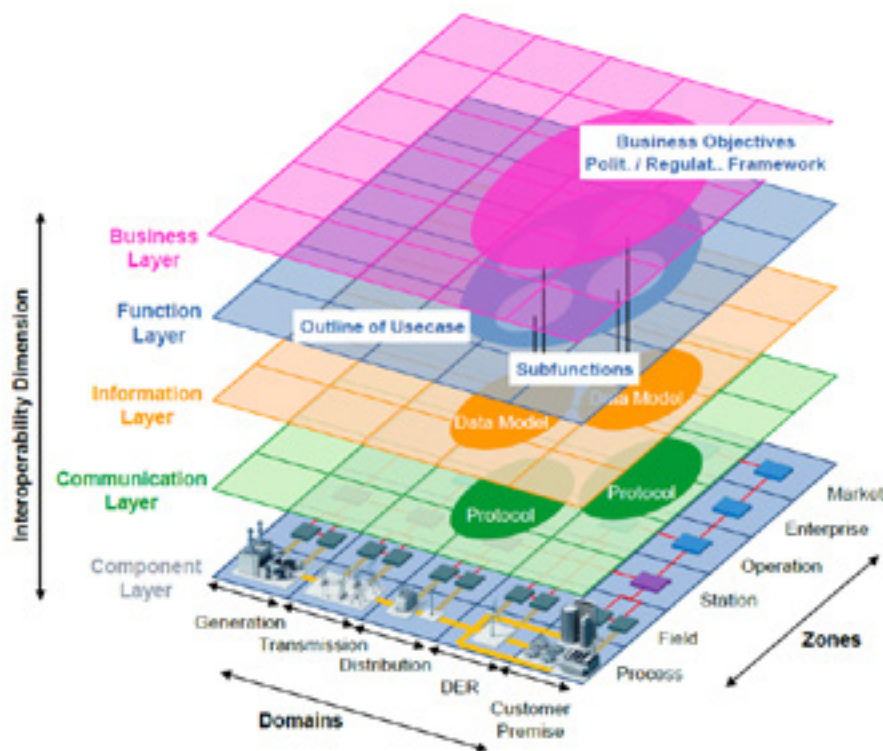


Obrázek 3. Logical Reference Model [5]

4 Smart Grid Architecture Model

Smart Grid Architecture Model (SGAM) byl vyvinut na základě mandátu **M/490 Evropské komise** (EK) pro evropské standardizační orgány CEN (Evropský výbor pro standardizaci), CENELEC (Evropský výbor pro standardizaci v elektrotechnice) a ETSI (Evropský institut pro telekomunikační standardy) s cílem shromáždit stávající technické normy použitelné pro inteligentní sítě na straně jedné a na straně druhé identifikovat mezery v současném stavu standardizace [12]. Jedná se o trojrozměrný architektonický rámec, jehož smyslem je zobrazit různé typy subjektů zapojených v různých oblastech Smart Gridu (viz Obrázek 4).

SGAM lze použít k **vizualizaci interakcí**, jako je např. výměna informací mezi těmito subjekty. Tento model byl již široce používán během projektu EU DISCERN pro vývoj webových aplikací pro provozovatele distribučních soustav [13] a během dalšího evropského projektu CyberSEAS [14], na jehož základě byla vytvořena např. aplikace pro modelování přenosu selhání jednotlivých subjektů, systémů či komponent v rámci Smart Gridu [15].



Obrázek 4. Smart Grid Architecture Model

SGAM je tvořen pěti doménami, šesti zónami a pěti vrstvami. Pět domén SGAM se nazývá výroba, přenos, distribuce, distribuované zdroje energie a prostory zákazníků. Domény jsou navrženy tak, aby usnadňovaly **identifikaci hranice a rozhraní** mezi různými organizacemi působícími ve Smart Gridech. Příkladem může být dodavatelský řetězec od samotné výroby energie až po konečného spotřebitele [16].

Kromě toho je v tomto modelu rozlišeno následujících šest zón: trh, podnik, provoz, stanice, pole a proces. Smyslem zón je zobrazit **hierarchické řízení energetických systémů** [17]. Z hlediska kybernetické bezpečnosti toto hierarchické řízení systémů odpovídá PERA modelu, popsanému v mezinárodních standardech NIST pro kybernetickou bezpečnost Smart Gridů [5] a kybernetickou bezpečnost průmyslových řídicích systémů IEC 62443 [18].

Dále se SGAM skládá z pěti vrstev, zobrazující datovou interoperabilitu mezi jednotlivými subjekty [19]. Tyto vrstvy se nazývají komponenta, komunikace, informace, funkce a business. **Komponentní vrstva** zobrazuje Smart Grid z technického hlediska a znázorňuje hardwarovou a síťovou infrastrukturu. Odráží také fyzické rozložení aktiv, jako jsou počítače, programovatelné logické automaty (PLC), generátory apod. **Komunikační vrstva** popisuje použité komunikační protokoly a technologie, které umožňují výměnu informací mezi různými aktivy v rámci Smart Gridu. Současně slouží k posouzení proveditelnosti konkrétních systémových implementací díky zobrazení a rozboru použitých, mnohdy proprietárních protokolů, jenž souvisejí s historickým zapojením dodavatelů [20].

Informační vrstva obsahuje informační objekty spolu s příslušnými datovými modely. To umožní zobrazit konkrétní datovou komunikaci napříč zónami a doménami SGAM. **Funkce** a jejich použití jsou zobrazeny v samostatné vrstvě s cílem představit možné překrývání funkcí a architektonických vztahů napříč různými subjekty. Poslední **obchodní vrstva** řeší obchodní strategie a taktiky. To zahrnuje účastníky energetického trhu, obchodní procesy, regulace a politiky. Tato vrstva je navržena pro využití manažery za účelem rozhodování o nových strategiích a obchodních modelech [21].

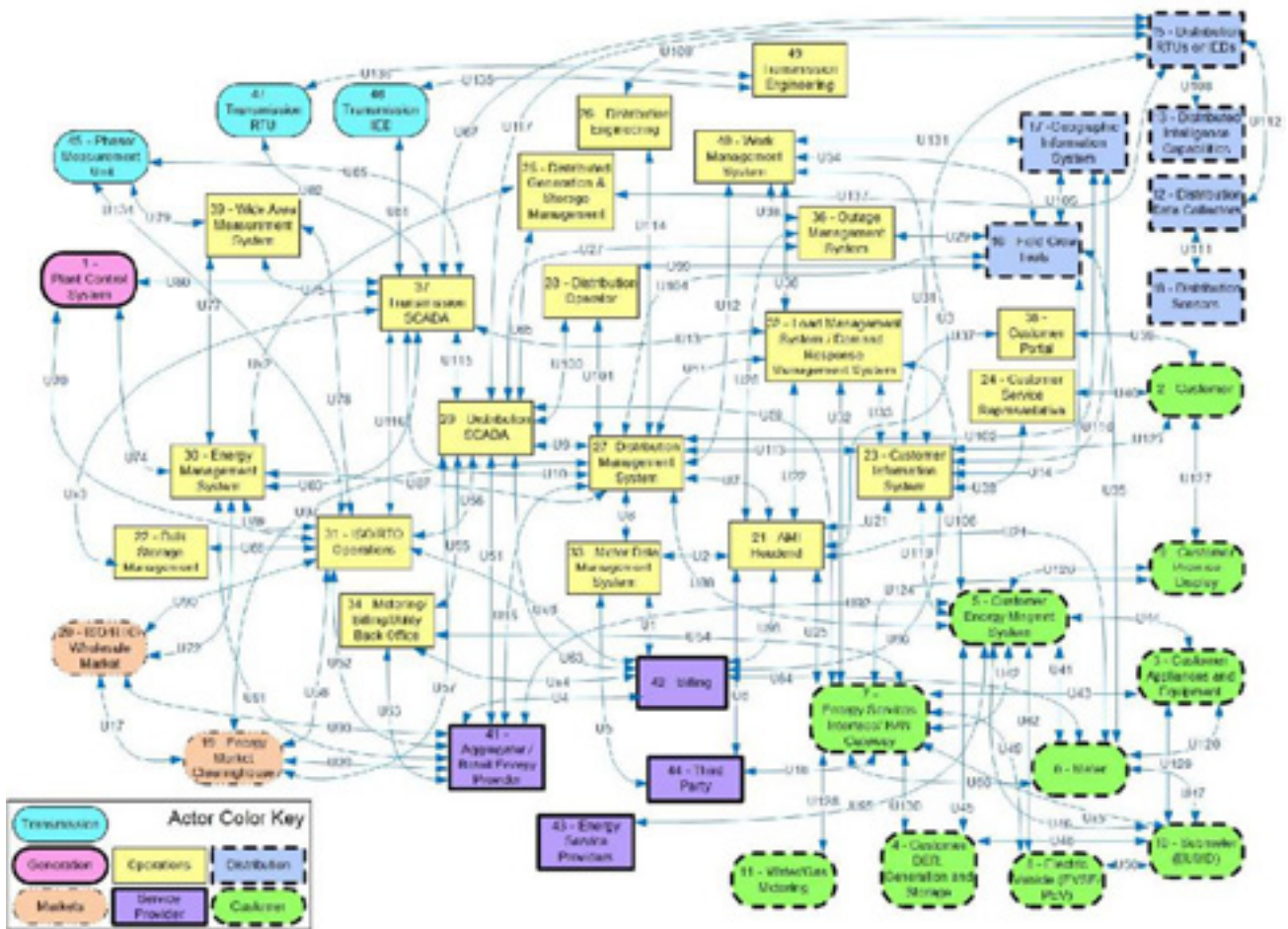
Referenční architektura SGAM byla v dalších výzkumech rozšířena o **lidskou vrstvu**. Tato vrstva se skládá ze zaměstnanců, kteří mají v prostředí Smart Gridu různé role (např. pracovníci zákaznických služeb, operátoři infrastruktury nebo správci databází) a ovlivňují tak určitým způsobem svými interakcemi další subjekty [21], [15]. Součástí této vrstvy jsou mj. také koncoví uživatelé měřících zařízení v domácnostech (tzv. Smart Meter).

5 Základní rozdíly mezi modely PERA, LRM a SGAM

Struktura SGAM obsahuje vrstvy modelu PERA i modelu LRM (obohacené navíc o oblast distribuovaných zdrojů energie), z tohoto hlediska je tak komplexnost modelu SGAM jeho významnou výhodou. Tato komplexnost však přináší také zvýšenou složitost a s ní spojenou těžší představivost řešených problémů – což lze určitým pohledem považovat za nevýhodu. Z hlediska možnosti **zobrazení**, je implementace dalšího rozměru a z něho plynoucích výhod základním benefitem modelu SGAM oproti dalším dvěma modelům. Třetí rozměr umožňuje zobrazení **architektury** Smart Gridu napříč segmenty celého dodavatelského řetězce a všemi segmenty systémových i informačních úrovní. Toto úplné zobrazení je nutné k zajištění holistické kybernetické bezpečnosti.

PERA model je z hlediska architektury zaměřený především na průmyslové prostředí. Toto omezené zaměření lze dobře využít pro nižší vrstvy oblasti výroby, transformace a přenosu elektřiny. Ve vyšších vrstvách, jakými jsou podnik a trh, již neplní svojí funkci vzhledem k velkému množství subjektů a propojení mezi nimi. NIST.IR.7628 přímo uvádí, že LRM je vysokoúrovňová logická architektura a je zapotřebí dalšího rozpracování pro aplikaci v rámci inteligentních sítí, které by umožnilo podrobnější analýzu požadovaných bezpečnostních funkcí [5].

PERA model nabízí kvalitně popsaná **rozhraní** mezi jednotlivými vrstvami. Přejechy z podnikové vrstvy až ke spodní procesní vrstvě jsou v odborné literatuře dobře popsány. Z logiky absence dalších rozměrů popis dalších přechodů chybí. LRM model nabízí velmi podrobně popsané závislosti mezi několika desítkami definovaných subjektů. Jedná se o velmi podrobné znázornění vzájemných závislostí mezi jednotlivými aktéry, systémy a komponentami v inteligentní síti (viz Obrázek 5). Oproti tomu model SGAM obsahuje pouze popis základních vazeb mezi hlavními segmenty. Detailnější popisy jednotlivých konkrétních rozhraní jsou omezeny na vědecké články zabývající se nějakým konkrétním problémem. Vzhledem ke komplexnosti tohoto modelu tak popis většiny rozhraní chybí. Do budoucna lze však vycházet z kombinace modelů PERA a LRM, která bude vytvořena pro model SGAM v rámci konkrétního (reálného nebo teoretického) případu řešeného Smart Gridu.



Obrázek 5. LRM s definovanými závislostmi mezi aktéry [5]

S komplexností architektury souvisí také zapojení **Dodavatelského řetězce** v rámci modelu. SGAM nabízí kompletní dodavatelský řetězec Smart Gridu, od výroby elektřiny všech typů až po její koncovou spotřebu. Dále nabízí možnost zapojení třetích stran z hlediska nutné podpory částí infrastruktury (např. poskytovatelé cloudových služeb, servisní firmy apod.) a také nabízí zapojení subjektů, jenž s elektřinou obchodují a které tvoří legislativu a průmyslové standardy. NIST.IR.7628 uvádí, že v rámci LRM je seznam subjektů neúplný – je pouze podmnožinou úplného seznamu subjektů, jenž vykonávají činnosti v rámci inteligentních sítí [5]. Těchto několik desítek subjektů, je v něm však velmi dobře popsáno, a to včetně vazeb mezi nimi. PERA model celý dodavatelský řetězec přímo neřeší, neboť je stavěný především na architekturu v rámci jedné lokality či organizace. Vztahy mezi firmami, či třetími stranami lze vyřešit na úrovni zapojení jednotlivých systémů či komponent do oddělených bezpečnostních zón s definovanými fyzickými nebo logickými rozhraními.

Případy užití neboli popisy různých scénářů a reálných situací, jenž lze použít jako příklady použití modelu, lze nejvýznamněji nalézt pro model PERA, který má široce popsané užití napříč bezpečnostní komunitou a dlouholetou rozšířenou praxí. Model LRM se omezuje na šest případů užití, které jsou volně dostupné v rámci NIST.IR. 7628. Model SGAM se vzhledem ke své komplexnosti a relativní novosti omezuje pouze na vědecké články.

V **oblasti použití** PERA model široce přesahuje ostatní dva modely. Tento model je celosvětově známým a požívaným napříč mnoha průmyslovými odvětvími. Model LRM je používán především v USA, odkud pochází. Taktéž uplatnění modelu SGAM lze nalézt v oblasti jeho původu, tedy zemích EU.

V Tabulce 1 je uvedeno srovnání modelů PERA, LRM a SGAM s cílem ukázat rozdíly, a tedy možné **výhody** a **nevýhody** při jejich použití v rámci řešení architektury kybernetické bezpečnosti inteligentních sítí.

Tabulka 1. Porovnání modelů PERA, LRM a SGAM

Oblast	PERA	LRM	SGAM
Struktura	6 vrstev	7 domén	5 domén, 5 vrstev (+1), 6 zón
Zobrazení	2D	2D	3D
Architektura	Omezená architektura na průmyslové prostředí	Vysokoúrovňová architektura zaměřená na Smart Gridy	Úplná architektura, (komplexní vizualizace, paradigmaty, roadmapy a různé perspektivy)
Rozhraní	Kvalitně popsání rozhraní mezi jednotlivými vrstvami	Kvalitně definovaná rozhraní mezi subjekty	Popis rozhraní omezen na vědecké články
Dodavatelský řetězec	Řešení omezené v rámci konceptu zón a rozhraní – architektura především v rámci jedné lokality či organizace	Omezený dodavatelský řetězec (chybí oblast distribuovaných zdrojů energie) a některé další subjekty	Úplný dodavatelský řetězec inteligentních sítí
Případy užití	Široce popsání užití napříč bezpečnostní komunitou. Rozšířená praxe	Šest scénářů případů užití volně dostupné v rámci NIST. IR. 7628	Popis případů omezen na vědecké články
Oblast použití	Celosvětově	Především v USA	Především v EU

6 Závěr

V tomto příspěvku byly popsány architektonické modely PERA, LRM a SGAM, jenž slouží jako podklad pro řešení kybernetické bezpečnosti inteligentních sítí. Byly vysvětleny základní rozdíly mezi nimi, včetně jednoduché tabulky, z níž lze vyčíst výhody i nevýhody použití SGAM v architektonických projektech kybernetické bezpečnosti oproti dalším dvěma modelům. Z popisu lze vyčíst, že model SGAM je do budoucna vhodným modelem pro další výzkum v této oblasti.

Reference

- [1] *Innovative solutions for greater grid flexibility* [online]. EU: SINCRO.GRID, 2018 [cit. 2023-02-25]. Dostupné z: <https://www.sincrogrid.eu/en>
- [2] BARAN, Paul. *On distributed communications networks*. Santa Monica: The Rand Corporation, September 1962, 41
- [3] DAVID, Ilja a Luděk LUKÁŠ. Řešení kompenzačních opatření kybernetické bezpečnosti dle norem IEC 62443. *Data Security Management (DSM)*. 2021, 1.1.2021, XXV(1), 7. ISSN 1211-8737
- [4] National Institute of Standards and Technology. *NIST SP 800-82: Guide to Operational Technology (OT) Security*. Rev. 3. NIST, 2022

- [5] National Institute for Standards and Technology [NIST]. *Guidelines for Smart Grid cyber security - Volume 1 - Smart Grid cyber security Strategy, Architecture, and High-Level Requirements*. NISTIR 7628, 2014
- [6] CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group. *Smart Grid Reference Architecture*, 2012
- [7] WILLIAMS, Theodore J. *The Purdue Enterprise Reference Architecture and Methodology (PERA)*. Institute for Interdisciplinary Engineering Studies: Purdue University, 48
- [8] BODUNGEN, Clint, Bryan SINGER, Aaron SHBEEB, Kyle WILHOIT a Stephen HILT. *Hacking Exposed Industrial Control Systems: ICS and SCADA Security Secrets & Solutions*. Mc Graw-Hill Education, 2016. ISBN 978-1259589713
- [9] *Recommended Practice: Improving Industrial Control System Cybersecurity with Defense-in-Depth Strategies: Industrial Control Systems Cyber Emergency Response Team*. The Department of Homeland Security (DHS), September 2016
- [10] MACAULAY, Tyson a Bryan SINGER. *Cybersecurity for Industrial Control Systems*. CRC Press, 2012. ISBN 978-1439801963
- [11] COLBERT, Edward J.M. a Alexander KOTT, ed. *Cyber-security of SCADA and Other Industrial Control Systems*. Springer, 2016. ISBN 978-3319321233
- [12] European Commission; Directorate-General for Energy. *Mandate M/490 for smart grids*, March 2011
- [13] Santodomingo R., Uslar M., Göring A., Gottschalk M., Nordström L., Saleem A., Chenine M., *SGAM-based methodology to analyse Smart Grid solutions in DISCERN European research project*. 2014
- [14] *Cyber Securing Energy dAta Services* [online]. CyberSEAS, 2023 [cit. 2023-02-25]. Dostupné z: <https://cyberseas.eu/>
- [15] A. G. Priyanka and A. Monti, *Towards Risk Assessment of Smart Grids with Heterogeneous Assets*, *IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT)*. October 2022
- [16] CARNOVALE Steven a YENIYURT Sengun. *Cyber Security and Supply Chain Management: Risks, Challenges and Solutions*. World Scientific, 2021. 978-9811231568
- [17] Prössl Andrén, F.; Strasser, T., Kastner, W., *Applying the SGAM Methodology for Rapid Prototyping of Smart Grid Applications*, IEEE, 2016
- [18] *IEC 62443-1-1. Industrial communication networks – Network and system security – Part 1-1: Terminology, concepts and models*. International Electrotechnical Commission, 2009
- [19] Trefke J., Rohjans S., Uslar M., Lehnhoff S., Nordstrom L., Saleem A., *Smart Grid Architecture Model Use Case Management in a large European Smart Grid Project*, 2013
- [20] Tröster, E., *The Smart Grid Architecture Model (SGAM) – A Complex Model for a Complex Topic*, 2nd International Conference on Large-Scale Grid Integration of Renewable Energy in India, 2019
- [21] Uslar, M., Rosinger C., Schlegel, S., *Security by Design for the Smart Grid: Combining the SGAM and NISTIR 7628*, 2014 IEEE 38th Annual International Computers, Software and Applications Conference Workshops, 2014
- [22] Szekeres, A., Snekenes, E. (2020). *Representing Decision-Makers in SGAM-H: The Smart Grid Architecture Model Extended with the Human Layer*. In: Eades III, H., Gadyatskaya, O. (eds) *Graphical Models for Security*. GramSec 2020. Lecture Notes in Computer Science, vol 12419. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-62230-5_5

3D modely mračen bodů a jejich využití v oblasti bezpečnosti, kriminalistiky a ve forenzních vědách

Irena Drofová¹, Milan Adámek²

¹ Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně,
Nad Stráněmi 4511, Zlín 760 05, drofova@utb.cz

² Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně,
Nad Stráněmi 4511, Zlín 760 05, adamek@utb.cz

Abstrakt:

Tento článek pojednává o možnostech využití metody pozemní vícenímkové fotogrammetrie v oblasti bezpečnosti, kriminalistiky a forenzních věd. Zaměřuje se zejména na typy a možnosti zobrazování snímaného obrazu v 3D modelech mračen bodů. Jsou uvedeny tři základní typy modelů mračen bodů v závislosti na snímacím zařízení, kterým byl obraz pořízen. Jako příklad těchto zařízení je uveden profesionální laserový skener a 360° kamera. Tyto zařízení jsou doplněny o 360° outdorovou kameru, která je běžně využívána veřejností. Cílem práce je nastínit možnosti využití 3D modelů mračen bodů, jako nosiče informací, v oborech kriminalistiky, bezpečnosti a forenzních věd.

Klíčová slova: fotogrammetrie, 3D model, mračno bodů, kriminalistika.

1 Úvod

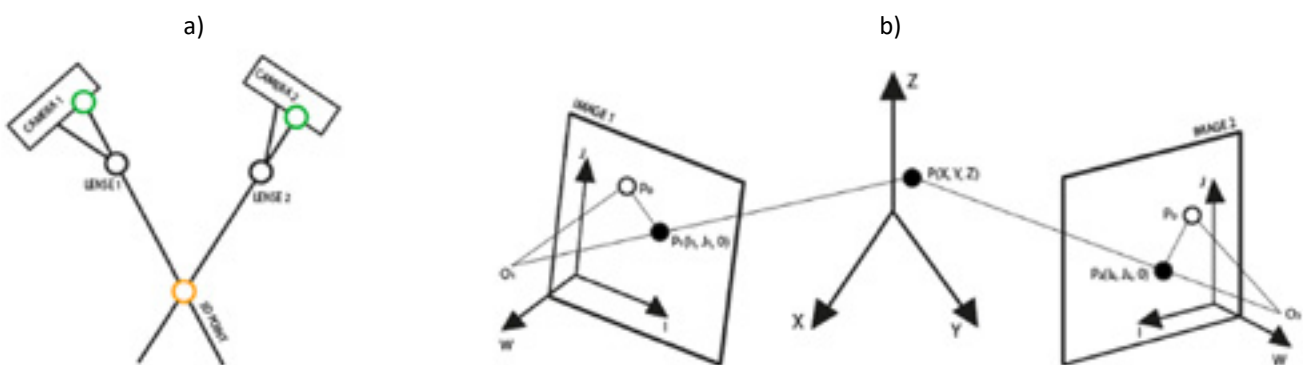
Tento rukopis pojednává o možnostech využití 3D zobrazování a jeho následné aplikace do oborů bezpečnosti, kriminalistiky a forenzních věd. Dynamický vývoj v oblasti digitalizace obrazu a zejména oblast počítačové grafiky dnes rozšiřuje možnosti téměř v každém odvětví lidské činnosti. Nedílnou součástí moderního počítačového zpracování obrazu je dnes také 3D modelace a 3D zobrazování objektů, scén, interiérů nebo exteriérů. V současném pojetí této problematiky můžeme 3D zobrazování rozdělit na dvě základní skupiny. První jsou vytvořené objekty, scény nebo prostory v grafickém počítačovém softwaru (SW), kde je cílem co nejpřesnější simulace reálné podoby objektu, prostředí nebo scény. Druhým přístupem je pak snaha o co nejpřesnější reprodukci reálného objektu/prostředí/scény do digitální, resp. 3D podoby. [1-3] Právě tento přístup je předmětem tohoto rukopisu, který si klade za cíl představit a porovnat technické možnosti, metodiky a přístupy k tvorbě a zpracování obrazu do trojdimenzionální podoby.

Metoda *Structure from motion* (SfM) je fotogrammetrickou metodou. [1] Její vznik jde ruku v ruce s vývojem fotografie a fotografických procesů. Zdlouhavé analogické procesy zpracování obrazových dat nahradily digitální procesy a počítačové zpracování obrazu. Metodu fotogrammetrie dělíme na leteckou (družicovou) a pozemní. Dále ji můžeme dělit na jednosnímkovou a vícenímkovou. [4] Další dělení se odvíjí od metody pořízení obrazu, metodikou zpracování obrazu a cíle konečného obrazového výstupu. V tomto textu je pozornost zaměřena na pozemní vícenímkovou fotogrammetrii a typy zpracování obrazu do základních 3D mračen bodů podle typu snímaného obrazu a použitého snímacího zařízení.

Na dnešním trhu je dnes k dispozici mnoho snímacích zařízení pro pořízení obrazu za účelem zpracování obrazu do reálného 3D modelu. Profesionální 3D a 360° laserové skenery doplňují profesionální 3D, 3DR, 360° kamery a samozřejmě také zrcadlové, bezzrcadlové a kompaktní fotoaparáty. V dnešní době již není problém s kvalitou pořízených snímků u chytrých telefonů a tabletů. V současnosti již některé z těchto zařízení disponují také senzorem LiDAR. Ve třetí kapitole, zaměřené na snímací zařízení, je pozornost kladena na profesionální laserový skener a 360° profesionální kameru. Obě tyto zařízení doplňuje 360° outdoorová kamera. Tento typ kamer je oproti dvěma uvedeným profesionálním zařízením široce využívána také neodbornou veřejností.

2 Metoda vícesnímkové fotogrammetrie

Metoda přímé lineární transformace *Direct Linear Transformation* (DLT) byla navržena již v roce 1971 jako základní matematický fotogrammetrický model. [5] Jedná se o bezkontaktní způsob záznamu objektu v prostoru. Základním principem metody fotogrammetrie je definovatelný bod umístěný v prostoru, který je znázorněn alespoň na dvou snímcích. Fotogrammetrie generuje 3D pozice bodů promítáním čar z pozice kamery přes *Charge Couple Device* (CCD) do prostoru. Při použití dvou fotografií udává průsečík čar polohu bodu. Proto úhel kamery hraje zásadní roli v přesnosti této metody. Nesprávná poloha nebo orientace kamery vygeneruje nesprávnou polohu 3D bodu. Obrázek 1a) ukazuje základní teorii fotogrammetrie a Obrázek 1b) znázorňuje transformaci mezi dvěma obrazy.



Obrázek 1. a) základní teorie fotogrammetrie, b) transformace mezi dvěma obrazy

$$I' + \frac{l_1X + l_2Y + l_3Z + l_4}{l_9X + l_{10}Y + l_{11}Z + 1} = 0 \cup J' + \frac{l_5X + l_6Y + l_7Z + l_8}{l_9X + l_{10}Y + l_{11}Z + 1} = 0 \quad (1)$$

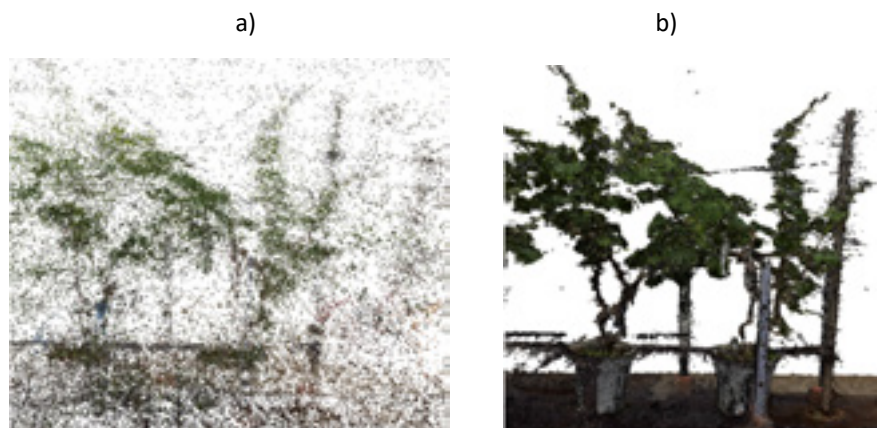
kde $I' = I - I_0$; $J' = J - J_0$; $l_1 - l_{11}$ je parametr přímé lineární transformace (DLT)

Koeficienty l_1 až l_{11} jsou funkcemi vnějších orientačních bodů a vnitřních orientačních bodů. Počáteční hodnoty prvků vnější a vnitřní orientace nejsou při výpočtu potřeba. [6] K rekonstrukci konkrétního objektu do 3D modelu je obvykle potřeba více než jen dva obrázky.

Pro 3D rekonstrukci lze použít desítky až stovky snímků. [7] Triangulační algoritmus najde v těchto snímcích společný bod. Následně další algoritmus vypočítává pozice kamery v prostoru během akvizice objektu. Poté jsou každému bodu přiřazeny jednotlivé hodnoty x , y , z podle kartézského systému [8]. To určuje základní informace o poloze objektu, jeho velikosti, barvě a geometrickém tvaru v prostoru. [7]

2.1 Reprezentace 3D obrazových dat v mračně bodů

3D obrazová data v základní podobě představují mračno bodů a mohou poskytnout sekundární informaci o barvě nebo intenzitě. [7] Informace z 2D obrazu jsou obsaženy v matematicky strukturovaných polích. Tato data již explicitně obsahují vztahy mezi sousedními body. V obecné 3D oblasti však mračna bodů obsahují sousední vztahy pouze implicitně. Importovaná interní a externí data, orientace snímacího zařízení a přesnost jeho nastavení mohou být použity jako informace pro 3D rekonstrukci objektu, poskytující obrazová data, která lze načíst společně se snímky. Na Obrázku 1 a) je znázorněno základní mračno bodů definující objekt. Na Obrázku 1 b) je lze vidět vygenerované husté mračno bodů Dense Cloud.



Obrázek 2. a) základní mračno bodů, b) husté mračno bodů Dense cloud

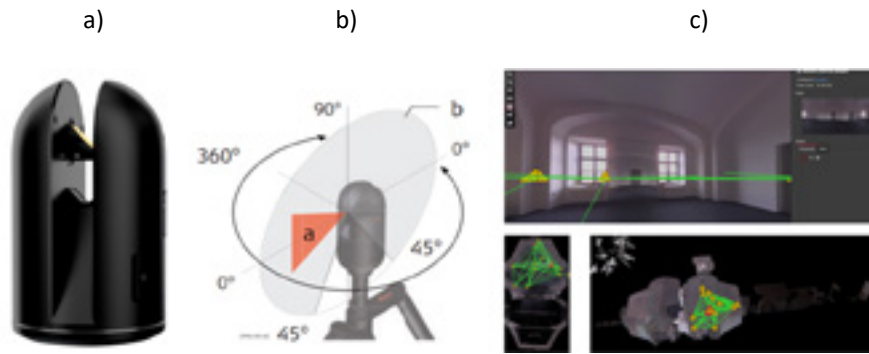
Na Obrázku 2 a) je znázorněno základní mračno bodů definující objekt. Na Obrázku 2 b) je lze vidět vygenerované husté mračno bodů *Dense Cloud*. Pro 3D proces zpracování fotografií do 3D modelu je v této práci využit profesionální modelovací software (SW) *Agisoft Metashape Professional*. [9]

3 Snímací zařízení

Na dnešním trhu s elektronickými snímacími zařízeními existuje mnoho dostupných snímacích zařízení. 3D modely reálného prostředí lze vytvářet pomocí kompaktních a zrcadlových fotoaparátů (DSLR), mobilních telefonů a také zařízeními disponující senzorem LiDar. Tento text však porovnává dvě profesionální snímací zařízení. Laserový skener a 360° kameru se šesti objektivy. Porovnání těchto dvou zařízení doplňuje outdoorová 360° kamera, která je dostupná široké veřejnosti, zejména z hlediska pořizovací ceny.

3.1 360° skener

Laserový 3D skener Leica BLK360 je jednoduché a efektivní zařízení pro použití v mnoha oborech. Snadná manipulace a rychlost skenování přístroje je výhodou pro okamžité 3D snímání obrazu. Rozsah skenování je 360°x300°. Skener poskytuje data až na vzdálenost 60 m. Pro zpracování registrovaných dat je možné využít více aplikací a nasnímaná data lze exportovat do mnoha výstupních formátů pro další zpracování obrazu. Jednotlivá mračna bodů lze spojovat do souřadnicového systému. Skener pracuje v plně barevném panoramatickém snímku a dvou režimech s přesnou poziční definicí mračen bodů. [10] Obrázek 3 uvádí snímací zařízení.

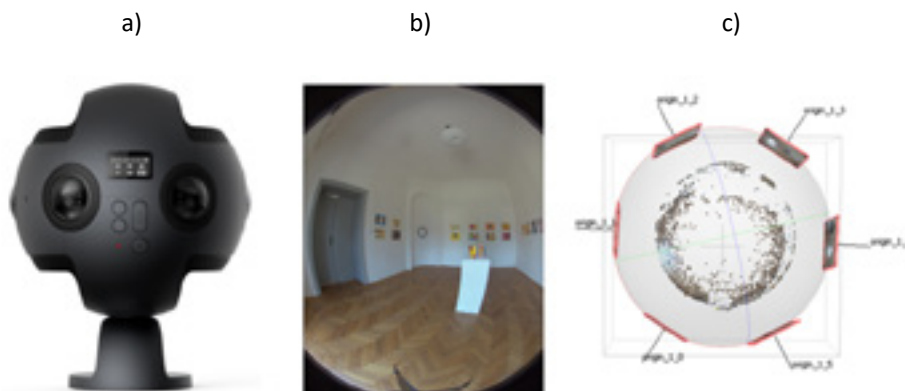


Obrázek 3. 360° skener: a) tělo Leika BLK360, b) úhel a rotace snímání obrazu, c) pozice snímání

Tento skener může shromažďovat dva typy obrazových dat. První je panoramatický 360° sférický HDR snímek se třemi kalibrovanými kamerami a druhý je termografický snímek s infračervenou kamerou. [9] Rychlost skenování je 360 000 bodů za sekundu. [11]

3.1 360° kamery

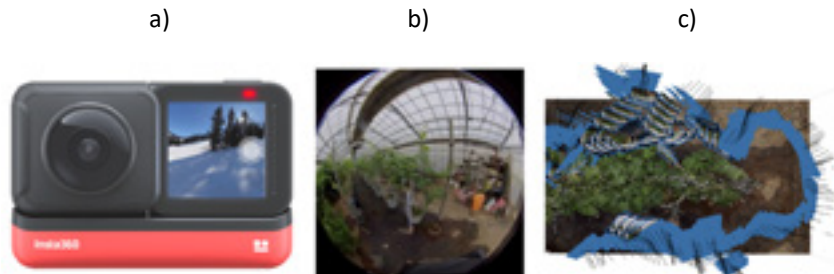
360° panoramatická kamera má 6 objektivů typu „rybí oko“ s objektivy 200° F2 po obvodu hliníkového kulového těla. To umožňuje pořizovat vysoce kvalitní 360° snímky. Čtyři mikrofony také poskytují dobrý zvuk při nahrávání videa. V normálním režimu fotoaparát pořídí šest statických snímků v rozlišení 4 000x3 000 px. Tyto snímky lze poté použít k sešívání a následnému zpracování 8K monoskopických a stereoskopických sférických snímků. K následnému zpracování a sešívání obrázku do jednoho celku slouží aplikace *Stitching Insta360*. *Insta360 Player* slouží k přehrávání spojených obrázků. Insta360 Pro zaznamenává data zachycená pomocí SD karty (rychlostní třída V30) a USB SSD (rozhraní USB 3.0). Insta360 Pro má režimy statického obrazu: *Normal mode*, *RAW mode*, *HDR mode*, *Burst mode*. [12]



Obrázek 4. 360° kamera: a) tělo Insta360 Pro, b) typ pořízeného obrazu, c) mračno bodů

Jak lze vidět na Obrázku 4, kulový tvar těla kamery se šesti objektivy po svém obvodu poskytuje základní pozice všech šesti snímků pro aplikaci do 3D prostoru. Tímto způsobem lze snadno vytvořit základní 3D model interiéru. Nevýhodou je vytvoření kompaktního obrazu po celém obvodu. Prvky a objekty se tak stávají součástí vytvořeného 3D pozadí prostředí a nelze s nimi již nadále manipulovat nebo dále zpracovávat. Tento nedostatek, zejména je-li požadavek na segmentaci prvků uvnitř prostoru, lze vyřešit kalibrací pořízených fotografií na klasický formát fotografie.

Pro experiment s fotografiemi objektu z pořízeného videa je použita 360° kamerová kamera Insta360 One R s duálním objektivem „rybí oko“. Insta 360 One R je modulární outdoorová kamera s voděodolným designem. Režim snímání je možný s širokoúhlým objektivem 4K/60p, 360° objektivem s rozlišením 5,7K, nebo 1“ snímačem s rozlišením 5,3K. Video má rozsah a nahrává v rozlišení 5,3K/30p. Nasnímaný obraz lze zpracovat aplikacemi ONE R a Shot Lab. [13]



Obrázek 5. Outdoorová kamera: a) tělo Insta360 ONE R, b) typ pořízeného obrazu, c) mračno bodů

Obrázek 5c) ukazuje jednotlivé pozice fotografií (celkem 379), které byly využity pro 3D modelování objektu z pořízeného videa. Tímto způsobem lze jednoduše vymodelovat konkrétní 3D objekt, který se nachází v prostoru. Tento postup je velmi jednoduchý a rychlý, zejména pro snadnou manipulaci s 3D kamerou a rychlost snímání obrazu.

4 Diskuse a závěry

V tomto textu jsou uvedeny tři snímací zařízení pro pořízení 360° obrazu. Účelem snímání obrazu bylo vygenerování 3D mračen bodů z pořízených fotografií. Hlavní metodou pro proces 3D modelování byla zvolena metoda pozemní vícesnímkové fotogrammetrie. Ta využívá metody triangulace detekovaných bodů do kartézského systému, resp. určení pozic bodů na ose x, y, z. Protože jsou jednotlivé vygenerované body nosičem informací o své poloze, barvě, geometrii a dalších, umožňují mračna bodů širokou míru dalšího zpracování obrazu. Zejména pak práce s hustým mračnem bodů, který je vygenerován ze základního mračna bodů. Na základě informací z jednotlivých bodů tak můžeme zjistit, zda se jedná o bod patřící k objektu, prostředí nebo je součástí bodového šumu, který byl náhodně dodatečně vygenerován. Lze proto již v této fázi segmentovat části obrazu, resp. části mračna bodů. Tímto postupem lze přesněji zpracovávat jednotlivé objekty a jejich atributy před dalším zpracováním obrazu do finálního 3D modelu. Je tak možno pracovat například s barvovými atributy a tím docílit, například, co nejlepší shody barvy, struktury a textury objektu nebo prostředí.

Ačkoli lze vytvořit realistický 3D model téměř z každého digitálního snímacího zařízení (3D skenery, 360° kamery, digitální fotoaparáty, smartphony, atp.) je nutné brát v úvahu kvalitu výsledného obrazu a zejména rozlišení snímacích zařízení. S tím úzce souvisí také jejich pořizovací cena. Profesionální snímací zařízení s kvalitními sensory se pohybují v řádech statisíců korun. Oproti tomu outdoorové 360° kamery, digitální fotoaparáty, smartphony nebo tablety lze pořídit v řádech desítek tisíc korun. Přesto mohou být tyto typy zařízení plnohodným zdrojem v procesu snímání a zpracování obrazových dat k mnoha výstupům (3D tisk, online prostředí, virtuální prostředí). V kriminalistice i bezpečnostních problematikách již mají také své místo

V moderní kriminalistice, problematikách bezpečnosti i ve forenzních vědách je předpoklad vysoké míry uplatnění výše uvedených snímacích zařízení, ale také metody fotogrammetrie a práce s obrazem v modelu mračen bodů. Informace, které mračna bodů poskytují jsou dnes zdrojovými soubory pro další metodiky a postupy. Například

v problematice počítačového a barevného vidění, dokumentace reálných objektů i prostředí, ochrany datových souborů, segmentace artefaktů a mnoho dalšího. Mračna bodů lze efektivně uplatnit v těch případech, kdy je nutné precizně zachytit scénu, nebo objekt, který se vlivem okolního prostředí rychle mění. Příkladem může být změna světelných nebo povětrnostních podmínek, ale také živé struktury, které v čase mění svou barvu, velikost, strukturu a texturu. Tyto změny lze v čase zachytit a informace zachovat právě v jednotlivých bodech, ale i celku mračna bodů.

Acknowledgment

Tento výzkum byl založen na podpoře Mezinárodní velké agentury Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, IGA/CebiaTech/2023/003, a Katedry bezpečnostního inženýrství Fakulty aplikované informatiky.

Reference

- [1] J.M. Fernández-Guisuraga, L.C.S. Suárez-Seoane, "Monitoring post-fire neighborhood competition effects on pine saplings under different environmental conditions by means of UAV multispectral data and structure-from-motion photogrammetry," *Journal of Environmental Management*, vol. 305, 114373, 2022, ISSN 0301-4797, doi: 10.1016/j.jenvman.2021.114373
- [2] M. Skublewska-Paszowska, M. Milosz, M. Powroznik et al., „3D technologies for intangible cultural heritage preservation-literature review for selected databases“, *Heritage Science*, vol. 10, no. 3, 2022, doi: 10.1186/s40494-021-0063-x
- [3] J. Chen, S. Li, W. Lu, "Align to locate: Registering photogrammetric point clouds to BIM for robust indoor localization," *Building and Environment*, vol. 209, 108675, 2022, ISSN 0360-1323, doi: 10.1016/j.buildenv.2021.108675
- [4] K. Pavelka, "Fotogrammetrie 1," *České vysoké učení technické v Praze*, 2009, ISBN 978-80-01-04249-6
- [5] T. Iwasa, Y. Okumura, "Long depth-range measurement for fringe projection photogrammetry using calibration method with two reference planes," *Optics and Lasers in Engineering*, vol. 151, 106940, 2022, ISSN 0143-8166, doi: 10.1016/j.optlaseng.2021.106940
- [6] D. Xinguang, J. Xianlong, Z. Xiaoyun, S. Jie, H. Xinyi, "Geometry features measurement of traffic accident for reconstruction based on close range photogrammetry," *Advances in Engineering Software*, vol. 40, no. 1, pp. 497-505, 2009
- [7] R. Huang, Y. Xu, L. Hoegner, U. Stilla, "Semantics-aided 3D change detection on construction sites using UAV-based photogrammetric point clouds," *Automation in Construction*, vol. 134, 104057, 2022, ISSN 0926-5805, doi: 10.1016/j.autcon.2021.104057
- [8] D. Xinguang, J. Xianlong, Z. Xiaoyun, S. Jie, H. Xinyi, "Geometry features measurement of traffic accident for reconstruction based on close range photogrammetry," *Advances in Engineering Software*, vol. 40, no. 1, pp. 497-505, 2009
- [9] Agisoft Metashape Professional. Agisoft (2023). [online]
- [10] Gefos ČR Leica BLK360 (2023). [online]
- [11] Švejda, J. (2018) Testing of the properties of the Leica ScanStation P40 and BLK360 3D scanners, Thesis, CVUT in Prague, 2018
- [12] Insta360. Insta 360Pro (2023). [online]
- [13] Insta360. Insta 360 ONE R twin edition. (2023). [online]

Softvérové nástroje OiRA a IDRIS a ich aplikácia v malých a mikro podnikoch

Alena Ďaďová¹

¹Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva,
1. mája 32, 010 26 Žilina, alena.dadova@uniza.sk

Abstrakt:

Problematika posudzovanie rizík vychádza ako požiadavka zo Zákona č. 124/2006 Z.z. o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci. Podľa prieskumu štatistickej úrazovosti za Slovenskú republiku som zistila, že pracovné úrazy sú najviac zastúpené v malých a mikro podnikoch. Cieľom článku je poukázať na možnosti využitia online nástrojov na posudzovanie pracovných rizík pre malé a mikro podniky. V článku som objasnila charakteristiku nástrojov OiRA a IDRIS určených na posudzovanie pracovných rizík v malých a mikro podnikoch zamestnávajúcich do 50 zamestnancov. Webová platforma OiRA predstavuje nástroj na posudzovanie rizík pre malé a mikro podniky, ktorý je dostupný zadarmo, avšak Slovenská republika doposiaľ nemá tieto nástroje v rámci webovej platformy OiRA vytvorené. Ďalším cieľom bolo porovnať tieto dva nástroje na posudzovanie pracovných rizík a vystihnúť možné výhody a nevýhody ich používania. Súčasťou článku sú potrebné informácie, materiály a návod na vytvorenie nástrojov vo webovej platforme OiRA, odporúčanie na ich implementáciu do podnikov a možnosti zlepšenia prostredníctvom budúceho využívania nástroja IDRIS.

Kľúčové slová: OiRA, IDRIS, pracovné úrazy, posudzovanie pracovných rizík, bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci.

1 Úvod

Bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci sú kľúčové faktory, ktoré majú zabezpečiť bezpečné a zdravé pracovné prostredie pre zamestnancov. Posudzovanie pracovných rizík je dôležitou súčasťou procesu zabezpečovania bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci. Posudzovanie rizík znamená identifikáciu potenciálnych nebezpečenstiev a rizík, ktoré môžu vzniknúť pri vykonávaní určitých pracovných činností. Cieľom posudzovania rizík je nájsť spôsoby, ako minimalizovať tieto riziká alebo úplne ich odstrániť.

Posudzovanie pracovných rizík môže byť zložitý a časovo náročný proces, najmä v prípade, že organizácia má veľký počet zamestnancov alebo vykonáva rôzne typy práce. Preto existuje niekoľko softvérových nástrojov, ktoré môžu pomôcť organizáciám pri posudzovaní pracovných rizík. Tieto nástroje umožňujú organizáciám vykonávať posudzovanie rizík rýchlo a efektívne a zabezpečiť, že všetky potenciálne riziká sú zohľadnené a minimalizované.

Posudzovanie pracovných rizík je kľúčovým prvkom zabezpečenia bezpečnosti a ochrany zdravia zamestnancov. Preto existuje niekoľko softvérových nástrojov, ktoré majú pomôcť pri posudzovaní a hodnotení rizík spojených s pracovnými činnosťami. Medzi tieto nástroje patria OiRA a IDRIS. OiRA je bezplatný online nástroj na posudzovanie rizík vyvinutý Európskou agentúrou pre bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci (EU-OSHA), ktorý je určený pre malé a stredné podniky. IDRIS je softvér na posudzovanie rizík, ktorý je určený pre širšie spektrum podnikov a organizácií. V tomto článku sa pozrieme na to, čo sú OiRA a IDRIS, ako fungujú a aké sú ich hlavné výhody pre podniky a organizácie pri posudzovaní pracovných rizík.

Cieľom tohto článku je poskytnúť prehľad o softvérových nástrojoch na posudzovanie pracovných rizík, konkrétne o nástrojoch OiRA a IDRIS. Obsahom je definícia nástrojov, ako fungujú a aké sú ich hlavné výhody pre podniky a organizácie pri posudzovaní pracovných rizík. Článok sa zameriava na to, ako tieto nástroje pomáhajú zlepšiť bezpečnosť a ochranu zdravia zamestnancov, ako sú využívané v rámci rôznych organizácií a ako môžu byť implementované v praxi. Cieľom článku je teda poskytnúť ucelený pohľad na tému softvérových nástrojov na posudzovanie pracovných rizík.

2 Posudzovanie rizík v BOZP

Pracovný úraz je podľa Zákonníka práce č. 311/2001 § 195 odstavca (3): „poškodenie zdravia, ktoré bolo zamestnancovi spôsobené pri plnení pracovných úloh alebo v priamej súvislosti s ním nezávisle od jeho vôle krátkodobým, náhlým a násilným pôsobením vonkajších vplyvov“ [1].

Za pracovný úraz sa nepovažuje pracovný úraz, ktorý zamestnanec utrpel na ceste do alebo zo zamestnania. V prípade poškodenia zdravia pri plnení pracovných úloh alebo pri samotnej realizácii pracovných úloh, za vzniknutú škodu zodpovedá zamestnávateľ zamestnanca, u ktorého bol zamestnanec v čase úrazu v pracovnom pomere. Zamestnávateľ sa nemôže zbaviť zodpovednosti, ak zamestnanec bezprostredne utrpel úraz pri odvracaní nebezpečenstva, ktoré priamo ohrozuje život alebo škody hroziacej tomuto zamestnávateľovi a to v prípade, ak zamestnanec tento stav sám nevyvolal [1].

Kategorizácia pracovných úrazov je uvedená v Zákone č. 124/2006 Z.z. o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov (ďalej len zákon č. 124/2006 Z.z.). Pracovné úrazy sa podľa tohto zákona zaraďujú do kategórií podľa závažnosti a podľa štatistického rozlíšenia na:

- závažný pracovný úraz, ktorého následkom je smrť,
- závažný pracovný úraz s ťažkou ujmom na zdraví – pracovný úraz, ktorým sa zapríčinila vážna porucha zdravia alebo vážne ochorenie. Podľa zákona č. 124/2006 §3 odstavca I, je ťažká ujma na zdraví: zmrzačenie, strata alebo podstatné zníženie pracovnej spôsobilosti, ochromenie údu, strata alebo podstatné oslabenie funkcie zmyslového ústrojenstva, poškodenie dôležitého orgánu, zohyzdenie, vyvolanie potratu alebo usmrtenie plodu, mučivé útrapy [2],
- registrovaný pracovný úraz – je pracovný úraz, kvôli ktorému sa zapríčinila pracovná neschopnosť zamestnanca trvajúca viac ako tri dni alebo smrť zamestnanca, ku ktorej došlo následkom pracovného úrazu. Zamestnávateľ je povinný oznámiť vznik registrovaného pracovného úrazu hneď po prijatí oznámenia. Túto skutočnosť je povinný oznámiť: zástupcom zamestnancov vrátane príslušného zástupcu zamestnancov pre bezpečnosť, príslušnému útvaru Policajného zboru, ak zistené skutočnosti nasvedčujú, že v rámci pracovného úrazu bol spáchaný trestný čin, a informáciu o registrovanom pracovnom úraze je taktiež povinné oznámiť príslušnému inšpektorátu práce alebo príslušnému orgánu dozoru, ak ide o závažný pracovný úraz [2].

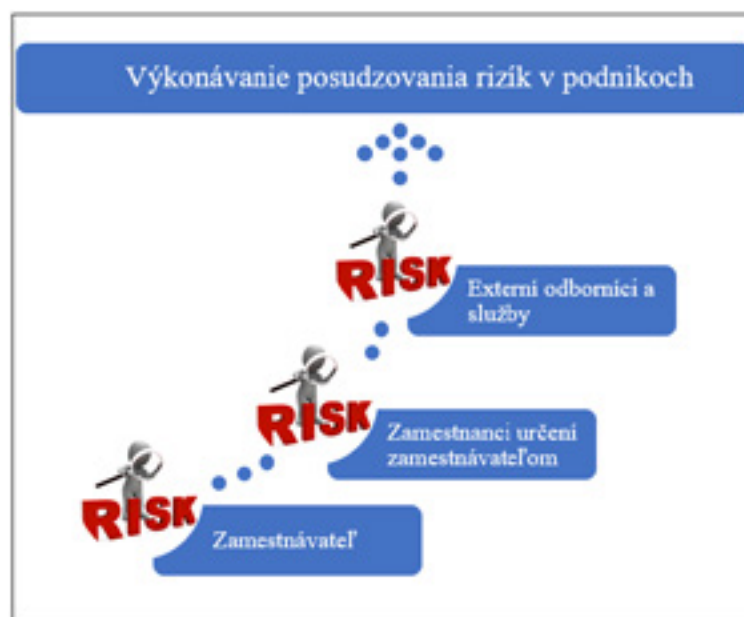
Posudzovanie rizík v rámci zákona č. 124/2006 Z.z. o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci predstavuje jednu z najdôležitejších požiadaviek v zákone. Viaceré vedecké články zaoberajúce sa problematikou BOZP popisujú práve potrebu efektívneho manažmentu rizík ako jedného z pilierov predchádzania pracovným úrazom [2].

Posudzovanie rizík ako proces by mal v spoločnosti predstavovať podstatnú časť dokumentácie a filozofie v organizácii. Aplikácia postupu posudzovania rizík prináša zvyšovanie povedomia o rizikách a opatreniach, ktoré musia dotknuté osoby dodržiavať. Zamestnanci by mali byť pravidelne preškoloňovaní v oblasti BOZP, nakoľko v prípade akejkolvek zmeny v procese je opätovne potrebné riziká prehodnotiť a oboznamovať zamestnancov so zmenami. Implementácia opatrení je braná ako časť prevencie, ktorú popisuje model krízového riadenia [3].

V Slovenskej republike je posudzovanie pracovných rizík i jednou z najdôležitejších požiadaviek zákona č. 124/2006 Z.z. o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci (ďalej zákon o BOZP). Výsledky posudzovania rizík sú súčasťou troch základných dokumentov spracovávaných podnikmi na úseku BOZP v Slovenskej republike a to:

- Posúdenie rizika pre všetky činnosti - v zmysle § 6 ods. 1 písm. c) Zák. 124/2006 Z.z., § 4 nar. vlády SR č. 395/2006 Z.z.
- Hodnotenie nebezpečenstiev vyplývajúcich z pracovného procesu a z pracovného prostredia v zmysle § 6 ods. 2 písm. a) Zák. č. 124/2006 Z.z. , § 4 nar. vlády SR. č. 395/2006 Z.z.
- Smernica pre postup posudzovania nebezpečenstiev, ohrození a vyhodnotenie rizík [2].

Podľa Európskej agentúry pre bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci hodnotenie rizík vykonávajú osoby, ktoré určuje zamestnávateľ. Na obrázku sú zobrazené osoby, ktoré môžu vykonávať posudzovanie rizík. Zamestnávateľ vyberá zamestnancov, ktorí túto úlohu môžu vykonávať [4].



Obrázok 1. Osoby vykonávajúce posudzovanie rizík v podnikoch podľa EU-OSHA [4]

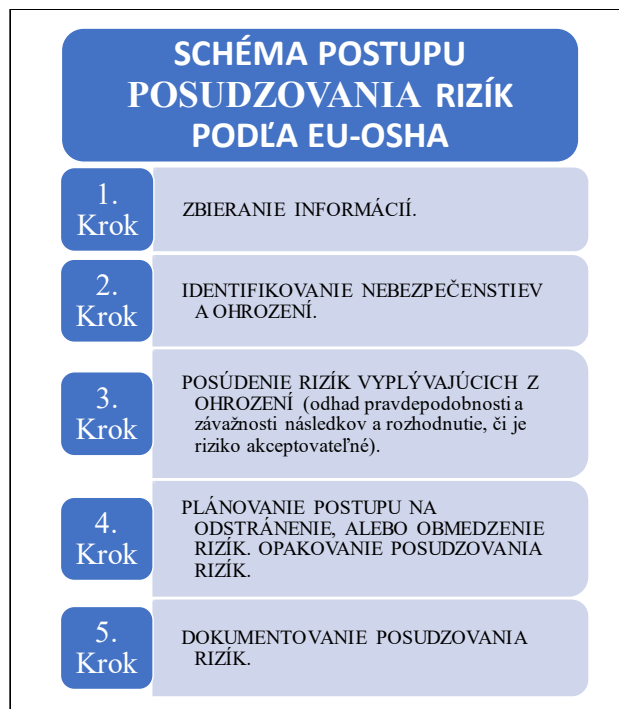
Existuje viacero dostupných zdrojov, ktoré poskytujú pomoc podnikom pri postupe hodnotenia rizík. Pri samotnom hodnotení a výbere metódy záleží a je potrebné prihliadať na viaceré faktory [4].

Pred samotným posudzovaním rizík je potrebné vedieť informácie o podniku pre lepšie pochopenie činností, ktoré zamestnanci na pracovisku vykonávajú s čím prichádzajú do kontaktu (bremená, chemické látky, ergonomicky nevhodné pracovisko, vysokotlakové zariadenia (VTZ), a iné), aké pracovné zariadenia využívajú, aké majú pracovné podmienky, či môžu byť vystavení špecifickým rizikám, je dôležité vedieť koľko zamestnancov zamestnáva podnik, či sa radí medzi mikro, malé, stredné alebo veľké podniky, či je daný podnik podnikom služieb alebo výrobný podnik. a iné. Zistené informácie o podniku a jeho zamestnancoch sú kľúčové k správne nastaveniu kritérií posudzovania rizík v podniku [5].

Priamo zo zákona je dané, aby zamestnávateľ zaistil bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci. V rámci toho, aby zamestnávateľ zabezpečil BOZP v podniku musí prijať potrebné opatrenia ako: vyhodnotiť riziká v podniku, zabezpečiť odbornú prípravu BOZP pre pracovníkov, dokumentovať záznamy o pracovných úrazoch, zapájať pracovníkov a ich zástupcov do diskusií o BOZP a ďalšie podľa vnútroštátnych právnych predpisov každého štátu. Povinnosti sa týkajú priamo aj pracovníkov. Ich povinnosť sa zameriava na: správne používanie zariadení, informovať o nebezpečenstve a nedostatkoch v bezpečnostných opatreniach. Z dôvodu, že BOZP tvorí nevyhnutnú súčasť riadenia činností podniku, je preto veľmi dôležité zahrnúť Bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci do celkového fungovania podniku [6].

Posúdenie rizík nie je len povinnosť vyplývajúca zo zákona, predstavuje primárny a nevyhnutný základ k dosiahnutiu bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci na pracovisku a základ prístupu k riadeniu BOZP. Komplexný proces posúdenia rizík prinesie správne identifikované opatrenia na prevenciu rizík pri práci, správne informácie a napomôže k poskytnutiu odbornej prípravy zamestnancov [6].

Podľa EU-OSHA je možné postupovať pri posudzovaní rizík nasledovne vid'. Obrázok 2.



Obrázok 2. Schéma postupu posudzovania rizík podľa EU-OSHA [7]

Rovnaký postup ako zadefinovala EU-OSHA využíva a definuje aj Národný inšpektorát práce SR a taktiež tento postup spomína aj Európska komisia v Praktickom usmernení pre zamestnancov – „Bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci sa týka všetkých“. Európska komisia vo svojej príručke pre zamestnancov popisuje, že spôsob posudzovania rizík nie je presne stanovený podľa žiadneho právneho a iného predpisu. Komisia taktiež spomína, že: „posúdenie rizika sa môže vykonávať rôznymi metódami, v zásade je však potrebné určiť, čo môže škodiť zamestnancom a ako tomu predísť“ [6].

2.1 Metódy určené na posudzovanie rizík

Metódy posudzovania rizík je možné rozdeliť z hľadiska:

1. Z hľadiska spôsobu hodnotenia:

- kvalitatívne (slovné hodnotenie),
- kvantitatívne (číselné hodnotenie),
- semikvantitatívne (číselné a slovné hodnotenie).

2. Z hľadiska zdrojov informácií:

- deduktívne – na základe reálnych údajov a dát (štatistické údaje úrazov, havárií, iných nežiadúcich udalostí)
- indukzívne – na základe predpokladov, čo môže nastať (pravdepodobnosť a následky udalosti) [8].

Kontrolný zoznam

Analýza podľa kontrolného zoznamu (Check List Analysis) predstavuje jednoduchú, najpoužívanejšiu techniku, ktorá je účinná v oblasti analýzy a kontroly. Metóda pomáha pri identifikovaní nebezpečenstiev a potenciálnych opatrení. Daná metóda predstavuje súčasť posudzovania rizík. Jeho využitie predstavuje prvý krok vykonávania posudzovania rizík. Efektívnosť metódy je splnená, ak je nástroj využitý a prispôsobený potrebám konkrétneho odvetvia alebo pracoviska. Kontrolný zoznam obsahuje celý rad otázok, na ktoré musí spoločnosť odpovedať áno, nie alebo nedefinované. V prípade ak zodpovedný pracovník odpovie na otázku nedefinované, je potrebné aby prešiel na špecifický kontrolný zoznam. Všetky otázky, na ktoré spoločnosť alebo zodpovedný pracovník odpovie áno, predstavujú problém a v oblasti je problém súvisiaci s pracovným prostredím. Problém alebo ohrozenie je nutné riešiť a zabezpečiť daný problém vhodným opatrením [7].

Pre správne použitie kontrolných zoznamov, spoločnosť musí:

- odpovedať na všetky otázky uvedené v kontrolnom zozname,
- uviesť komentár k tým otázkam, na ktoré spoločnosť odpovie „áno“,
- posúdiť, čo môže byť príčinou uvedených problémov týkajúcich sa pracovného prostredia,
- vypracovať riešenia problémov týkajúcich sa pracovného prostredia,
- uviesť, kto je zodpovedný za riešenie problémov týkajúcich sa pracovného prostredia a kedy sa očakáva vyriešenie týchto problémov,
- uviesť písomný komentár ku kľúčovým problémom týkajúcim sa pracovného prostredia v danej spoločnosti, ktoré nie sú uvedené v kontrolnom zozname [3].

Bodová metóda

Metóda je považovaná za najpoužívanejšiu metódu na hodnotenie rizík. Miera veľkosti rizika je kombinácia pravdepodobnosti výskytu rizika a závažnosti dopadu rizika. Riziká sú vždy hodnotené k danej pracovnej pozícii alebo pracovnému miestu. Výpočet miery rizika pozostáva zo súčiny pravdepodobnosti a dopadu [9].

Rozšířená bodová metoda

Rozšířená bodová metoda je metoda, ktorá obsahuje tri parametre pri samotnom výpočte rizika. Metóda je využívaná na dosiahnutie určenia miery rizík, akceptovateľnosti alebo neakceptovateľnosti rizík. Samotná miera rizika pri rozšírenej bodovej metóde sa vypočíta jednoduchým súčinom troch parametrov. Výpočet miery rizika sa určuje podľa matematickej rovnice $R = P \cdot D \cdot V$, kde je R (riziko), P (pravdepodobnosť), D (dopad), V (vplyv úrovne BOZP). Následne sa po výpočte a určení miery rizika, určujú príslušným rizikám opatrenia na ich potrebnú elimináciu [3].

Katalóg rizík

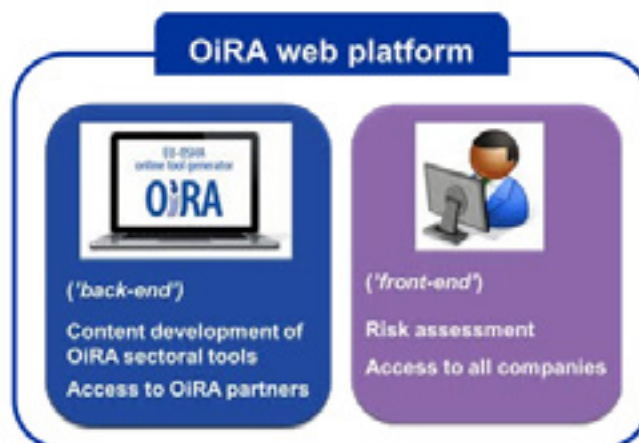
Katalóg rizík predstavuje sumárny prehľad rizík a ich vyhodnotenie v rámci rozšírenej bodovej metódy. Ďalšie stĺpce poukazujú na pracovnú pozíciu, v rámci ktorej sa dané riziká posudzujú, možné nebezpečenstvá výskytu, preventívne opatrenia a zostatkové riziká. Katalóg rizík je preto komplexný pohľad na celkový proces posudzovania rizík v daných oblastiach [5].

2.2 Online nástroje na posudzovanie rizík v BOZP

Viacere krajiny v Európskej únii využívajú online nástroje na posudzovanie rizík pre rôzne odvetvia a profesie v prijateľnom prostredí pre užívateľa. Využívanie online nástrojov so sebou nesie rád pozitív pre spoločnosť, ktoré sa rozhodli alebo rozhodnú ísť práve touto cestou využitia online nástrojov. Online nástroje zefektívňujú systém vykonávania posudzovania rizík [10].

2.2.1 Webová platforma OiRA

Online interactive Risk Assessment (interaktívne hodnotenie rizík online) OiRA predstavuje webovú platformu, ktorá je navrhnutá tak aby dokázala hodnotiť riziká v akomkoľvek jazyku a spôsobom, ktorý je štandardizovaný. OiRA umožňuje vytváranie nástrojov na hodnotenie pracovných rizík. Európska agentúra pre bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci webovú platformu udržiava a neustále vyvíja. Platforma je založená na holandskom nástroji RI&E na hodnotenie rizík. Cieľom je pomôcť MMP v oblasti BOZP, aby zvládli hodnotiť riziká, čo je predpokladom k zdravým pracoviskám, nakoľko im môžu chýbať finančné prostriedky alebo odborné znalosti v spomínanej oblasti [11].



Obrázok 3. Webová platforma OiRA [10]

Projekt OiRA má v rámci Európskej únie stanovené ciele na zvýšenie počtu MMP v Európe, ktoré realizujú hodnotenie a spracovanie rizík pri práci, ďalšie stanovené ciele majú prispieť k znižovaniu početnosti nehôd spôsobených na pracovisku a znižovaniu chorôb z povolania a zefektívnenia a zlepšenia úrovne pracovných podmienok využívaním a uplatňovaním správneho hodnotenia rizík. Cieľom projektu OiRA je primárne pomôcť podnikom zvýšiť ich konkurencieschopnosť s využitím správneho hodnotenia rizík so snahou znižovať ich náklady spojené s pracovnými úrazmi spôsobenými pri výkone práce. Na vnútroštátnej úrovni sa kladú primárne ciele zabezpečiť využitie nástroja OiRA pre mikropodniky a malé podniky prostredníctvom ich webových lokalít, podporovať ich využívanie v praxi a zaistiť tak plnenie národných cieľov, týkajúcich sa znižovania pracovných nehôd, chorôb sprístupnením nástroja OiRA podnikom. Cieľom OiRA projektu pre spoločnosti je zaistiť bezpečnosť a ochranu zdravia pracovníkom na dostatočnej úrovni, podporu zavádzania správneho hodnotenia rizík v spoločnostiach spolu s využívaním nástroja OiRA. Zlepšovanie výsledkov spoločností bude predstavovať postupný proces požadovaného výsledku, zaisťovaného vytvorením podmienok na využívanie nástroja na hodnotenie rizík na pracovisku [10].

Výhody aplikácie nástroja vo webovej platforme OiRA

Na základe analýzy a identifikácie nebezpečenstiev a ohrození v nástroji OiRA je podnik schopný vykonávať posudzovanie rizík. Identifikácia nebezpečenstiev a ohrození v rámci nástroja OiRA predstavuje skompletizovaný kontrolný zoznam, ktorý slúži podniku na oboznámenie sa s nedostatkami na pracovisku a s rizikami, ktoré môžu ohrozovať zamestnancov, a na ktoré je nutné sa zamerať a riešiť ich znižovaním pôsobenia správne nastavenými opatreniami [12].

OiRA predstavuje podklad k aktuálnym legislatívnym požiadavkám v oblasti BOZP pre podniky a to v tom prípade, ak administrátor nástroja vykonáva pravidelnú kontrolu a aktualizáciu vytvorených nástrojov [12].

Jednoduché vyhodnotenie nebezpečenstiev a rizík na pracovisku pre malý alebo mikro podnik. Pri vytváraní OiRA nástrojov sa primárne berú legislatívne požiadavky, ktoré sú kladené na malé alebo mikro podniky do 50 zamestnancov. Práve preto predstavuje OiRA ten správny spôsob, ako posudzovať riziká [12].

Nevýhody aplikácie nástroja vo webovej platforme OiRA

OiRA nástroj, ktorý je už raz vytvorený, je potrebné ho neustále aktualizovať a dopĺňať o nové legislatívne požiadavky. V prípade, ak nie je nástroj aktualizovaný, tak jeho výhody sú používateľovi zbytočné.

Využitím nástroja OiRA získa podnik informácie len o rizikách na pracovisku, nie však vypracovaný katalóg rizík a kompletné vyhodnotenie rizík s priradenými hodnotami. Tieto možnosti v nástroji nie sú možné.

Nevygenerovaný záznam alebo dokument o rizikách. OiRA nástroj používateľovi vypíše nebezpečenstvá a riziká, avšak nevygeneruje kompletný zoznam aj s opatreniami a hodnotením rizík.

Vytvorenie nástroja vo webovej platforme OiRA

Do webovej aplikácii je potrebné si vytvoriť účet a prihlásiť sa. Následne si užívateľ vyberie svoju krajinu, v ktorej sa daný podnik nachádza. Ak má daná krajina vytvorené nástroje OiRA, v tom prípade používateľ vyberie nástroj, o ktorý má záujem a postupne prechádza nástrojom a jednotlivými otázkami v rámci modulov.

Pre administrátora, ktorý tento nástroj vytvára je postup z celia iný. Povolenie k vytvoreniu nástrojov získava užívateľ po schválení Agentúrou pre bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci – EU OSHA. Agentúra užívateľovi poskytne údaje, aby sa mohol prihlásiť ako admin. Administrátor vytvára jednotlivé nástroje postupne. Súčasťou každého nástroja sú moduly, submoduly, riziká, opatrenia. Súčasťou modulu sú právne požiadavky, krátky popis modulu a odporúčania ku konkrétnej oblasti. V rámci modulu sa vytvárajú riziká, kde sa stanovujú otázky. Otázky s potvrdzujúcim vyhlásením alebo zamietavým vyhlásením. V poslednej časti administrátor vytvára opatrenie ku konkrétnemu riziku.

2.2.2 IDRIS – Identification of risks

Česká republika sa stala novým členom skupiny IRAT (Interactive Risk Assessment Tool) Európskej agentúry pre bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci (EU-OSHA). Nový projekt v rámci tejto skupiny je zameraný na zvýšenie úrovne BOZP v stredných a malých podnikoch v Českej republike. Online aplikácia pre riadenie BOZP bude poskytovaná zadarmo a bude zaistená technická i metodická podpora zo strany MPSV [13].

IRAT CZ / IDRIS nadväzuje na projekt OiRA – online nástroj pre identifikáciu a zhodnotenie rizík spracovaný EÚ – OSHA (Európska agentúra pre bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci) [13].

Dôvody pre vývoj aplikácie IRAT:

- nástroje OiRA nie sú plne kompatibilné so špecifickými podmienkami Českej republiky. IRAT bude plne v súlade s právnymi predpismi a “správnou praxou”.
- IRAT CZ bude obsahovať ďalšie nástroje pre riadenie BOZP.
- užívateľom aplikácie bude poskytovaná priebežná technická i odborná podpora, garantovaná MPSV.
- IRAT CZ je určený predovšetkým SZČO, malým podnikom a mikropodnikom v Českej republike.
- Bude poskytovaný zadarmo a umožní aj anonymný prístup [13].

Hlavným cieľom projektu je poskytnúť užívateľom v Českej republike nástroj pre komplexné riadenie v oblasti bezpečnosti práce v ich podnikoch. Súčasťou nástroja bude možnosť vykonať audit stavu BOZP v podniku a vygenerovať správu o jej vykonaní. Nástroj bude dostupný anonymnou formou aj neregistrovaným užívateľom. Vygenerovanie nezhôd z auditu do databázy je v nástroji možná. V nástroji bude dostupné riadiť nezhody, úlohy, lehoty. Súčasťou bude aj priestor na uloženie dokumentácie a záznamov BOZP a PO [13].

3 Záver

V tomto článku sme sa zamerali na tému bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci a na posudzovanie pracovných rizík, ktoré je dôležitou súčasťou tohto procesu. Posudzovanie rizík znamená identifikáciu potenciálnych rizík a nebezpečenstiev, ktoré môžu vzniknúť pri vykonávaní určitých pracovných činností, a následne minimalizovať alebo odstrániť tieto riziká.

Pre organizácie môže byť posudzovanie rizík časovo náročný a zložitý proces, preto sme predstavili dva softvérové nástroje, ktoré organizáciám pomáhajú pri posudzovaní pracovných rizík - OiRA a IDRIS. Tieto nástroje poskytujú organizáciám rýchly a efektívny spôsob, ako vykonať posudzovanie rizík a zabezpečiť, že všetky potenciálne riziká sú zohľadnené a minimalizované. OiRA a IDRIS sú navyše založené na legislatívnych požiadavkách a štandardoch EÚ, čo zaručuje, že organizácie budú dodržiavať relevantné predpisy.

Využívanie softvérových nástrojov OiRA a IDRIS prináša organizáciám viacero výhod, ako napríklad minimalizovanie rizík a zlepšenie bezpečnosti a ochrany zdravia zamestnancov. Tieto nástroje sú tiež flexibilné a prispôsobiteľné konkrétnym potrebám organizácie. Využívanie softvérových nástrojov na posudzovanie pracovných rizík môže preto byť užitočným krokom pre organizácie, ktoré chcú zlepšiť svoju bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci.

Podakovanie

„Tento výskum bol financovaný z grantu Agentúry na podporu výskumu a vývoja SR číslo APVV-20-0603 Vývoj nástrojov na hodnotenie rizík pre vybrané podniky a profesie v SR v súlade s požiadavkami EÚ.“

Referencie

- [1] Zákon č. 311/2001 Z.z. Zákonník práce
- [2] Zákon č. 124/2006 Z.z. o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci a o zmene a doplnení niektorých zákonov
- [3] HOLLÁ. K., 2020. In: *Prednášky z predmetu riziká priemyselných procesov*. 2020
- [4] *Hodnotenie rizík – úlohy a povinnosti, EU-OSHA*, 2022. [online] Elektronický portál www.ruvzmartin.sk [cit. 2023-02-10]. Dostupné z: https://www.ruvzmartin.sk/ppl/kampan_riziko_80.pdf
- [5] HUDÁKOVÁ. M., 2021. *Prednášky z predmetu manažment*. 2021
- [6] *Bezpečnosť a ochrana zdravia sa týka nás všetkých, praktické usmernenie pre zamestnávateľov*, 2016. [online] Elektronický portál www.ec.europa.eu [cit. 2023-02-10]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/social/BlobServlet?langId=sk&docId=16893&>
- [7] *Základy posudzovania rizík*, 2022. [online] Elektronický portál www.osha.europa.eu [cit. 2023-02-10]. Dostupné z: https://osha.europa.eu/sites/default/files/Zaklady_posudzovania_rizik.pdf
- [8] *Metódy posudzovania rizík*, 2009. [online] Elektronický portál www.img.dashofer.sk [cit. 2023-02-15]. Dostupné z: <http://img.dashofer.sk/cif/dashofer/ukazky/prr/riadenie-rizik-pri-praci.pdf>
- [9] *Bodová metóda*, 2022. [online] Elektronický portál www.guard7.cz [cit. 2023-02-16]. Dostupné z: <https://www.guard7.cz/bodova-metoda/>
- [10] *EU-Safety*, 2022. Konferencia v oblasti bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci. Osobná komunikácia. [2023-02-25]
- [11] *Čo je OiRA?* 2021. [online] Elektronický portál www.oiraproject.eu [cit. 2023-02-26]. Dostupné z: <https://oiraproject.eu/sk/what-oir>
- [12] EICHLER. M., 2022. In: *Osobná komunikácia o softvérových nástrojoch na posudzovanie rizík*. 2022
- [13] CIDLINOVÁ. A., 2022. In: *Osobná komunikácia o softvérových nástrojoch na posudzovanie rizík*. 2022

Čas prielomovej odolnosti ako vstupný parameter pri plánovaní a hodnotení systému fyzickej ochrany

Jakub Ďurica¹

¹ Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva,
Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, jakub.durica@uniza.sk

Abstrakt:

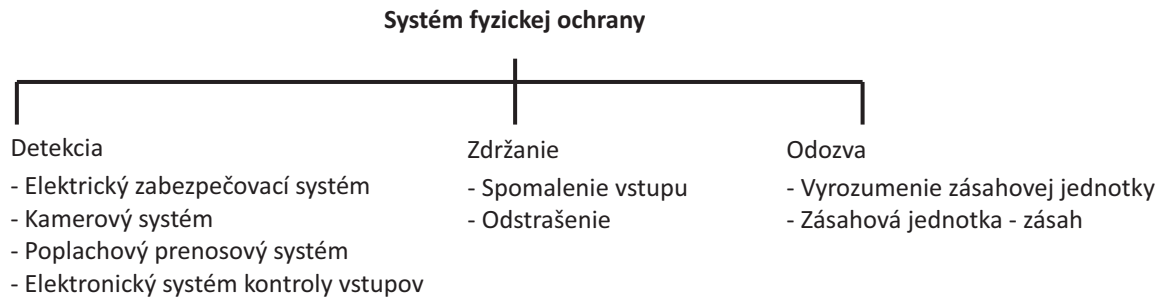
Cieľom systému fyzickej ochrany objektov je chrániť aktíva alebo zariadenia pred krádežou, sabotážou, alebo inými antropogénnymi útokmi a rovnako integruje ľudí, postupy a zariadenia. Aby systém fyzickej ochrany plnil svoj cieľ, je potrebné, aby celkový čas útoku bol dlhší, ako čas zásahu zásahovej jednotky fyzickej ochrany. Útočníka na ceste za chráneným záujmom spomaľujú mechanické zábranné prostriedky. Čas, ktorý útočník strávi pri prekonávaní mechanického zábranného prostriedku nazývame čas prielomovej odolnosti. Čas prielomovej odolnosti patrí k vstupným veličinám pri kvantitatívnom prístupe k projektovaniu a hodnoteniu systému fyzickej ochrany objektu. Aby bol systém ochrany objektu spoľahlivý musí platiť, že čas útoku je dlhší, ako čas zásahu fyzickej ochrany. V článku sa autor zaoberá testovaním okenných mreží, pri rozličných teplotách prostredia. Ako prekonávacie nástroje boli použité ručná píla a AKU chvostová píla. Výsledky testov ukazujú, že čas prielomovej odolnosti, nie je identický pri rozličných teplotách prostredia a tým pádom aj celková dĺžka útoku sa mení v závislosti od teploty prostredia. Najdlhší čas prielomovej odolnosti bol dosiahnutý pri teplotách 0 a 10, najkratší zase pri teplotách -40 a 40. Časy prielomovej odolnosti dosiahnuté AKU chvostovou pílou boli kratšie, avšak pri pílení bol vytvorený značný hluk, ktorý môže narušiteľa odhaliť. Na základe týchto výsledkov je potrebné, aby sa touto skutočnosťou riadila aj zásahová jednotka fyzickej ochrany.

Kľúčová slova: systém fyzickej ochrany, čas prielomovej odolnosti, mechanické zábranné prostriedky, zásahová jednotka.

1 Úvod

Zabezpečenie objektu proti rôznym rizikám, ktoré naň majú tendenciu pôsobiť alebo už pôsobia, sa javí ako nevyhnutnosť v dnešnom svete. Bezpečnosť je jednou z potrieb, ktorú potrebuje každý z nás. Svedčí o tom aj skutočnosť, že pocit bezpečia je na druhom mieste v známej Maslowovej pyramíde potrieb [1]. Systém fyzickej ochrany integruje ľudí, postupy a vybavenie na ochranu majetku alebo zariadení pred krádežou, sabotážou, alebo iným útokom narušiteľa (Garcia). Systémy fyzickej ochrany sa zameriavajú na ochranu rôznych systémov vrátane letísk, železničnej dopravy, diaľnic, nemocníc, mostov, elektrickej siete, priehrad, elektrární, námorných prístavov, ropných rafinérií a vodných systémov. Navrhovanie účinných PPS si vyžaduje dôkladné zváženie požiadaviek a zdrojov na zabezpečenie potrebnej ochrany [2]. Systém fyzickej ochrany plní tri základné úlohy [3, 4, 5]:

- detekcia – jej úlohou je zistiť prítomnosť narušiteľov vo vyhradených priestoroch, aby bolo možné reagovať a zabrániť odcudzeniu chráneného záujmu [4, 6],
- zdržanie – dosahuje sa inštaláciou série mechanických zábranných prostriedkov, ako sú ploty, steny, dvere a zámky, ktoré musia byť postupne prekonané, aby sa narušiteľ dostal k chránenému záujmu [6],
- odozva – je vykonávaná fyzickou ochranou, ktorej sila zodpovedá sile narušiteľa, resp. ju prevyšuje. Úlohou fyzickej ochrany je zabrániť narušiteľovi dosiahnuť chránený záujem, tým, že celkový čas zásahu bude rýchlejší ako postup narušiteľa od detekcie k chránenému záujmu [6, 7].



Obrázok 1. Systém fyzickej ochrany [4]

1.1 Účinnosť systému fyzickej ochrany objektu

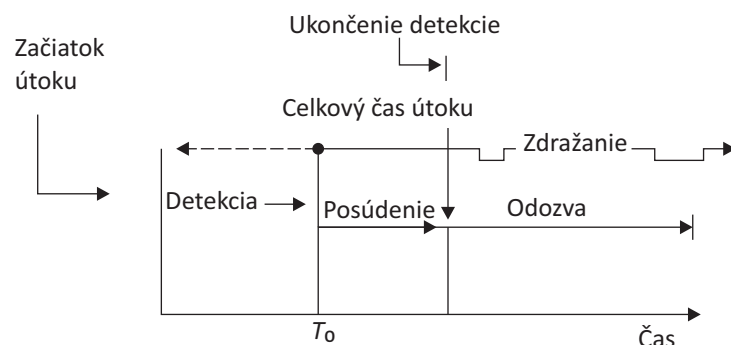
Účinnosť PPS je možné vyhodnotiť štandardným prístupom EASI (Estimate of Adversary Sequence Interruption) [3, 8]. Ako je znázornené na Obrázku 2, aby bol zásah úspešný, musí platiť nasledujúce:

$$X = T_N - T_{FO} > 0 \quad (1)$$

Pričom:

T_N – celkový čas napadnutia objektu,

T_{FO} – celkový čas zásahu.



Obrázok 2. Účinnosť systému fyzickej ochrany objektu [3]

Celkový čas napadnutia objektu (T_n), resp. celkový čas prieniku k chránenému záujmu (T_{prl}) ostaneme na základe nasledujúceho súčtu:

$$T_N = T_P + T_{PRES} + T_{út} + T_{ún} \quad (2)$$

$$T_{PRL} = T_P + T_{PRES} \quad (3)$$

Pričom:

T_p – čas prielomovej odolnosti,

T_{PRES} – čas presunu,

$T_{ú}$ – čas útoku,

$T_{ún}$ – čas úniku.

Pokiaľ je splnená táto podmienka, môžeme prejsť k výpočtu pravdepodobnosti úspešnej reakcie zásahovej jednotky podľa vzťahu:

$$P_{R|A} = P(X > 0) = \int_0^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_X^2}} x e^{-\frac{(x-\mu_X)^2}{2\sigma_X^2}} dx \quad (4)$$

Pričom:

$P_{R|A}$ – pravdepodobnosť úspešnej reakcie zásahovej jednotky,

Σ_X – rozptyl veličiny X ,

μ_X – stredná hodnota veličiny X .

Základný vzťah pre výpočet účinnosti PPS uvádza Garcia [3], a Loveček [9], pridal do vzťahu pravdepodobnosť prenosu poplachového signálu cez PPC na vzdialené poplachové prijímacie centrum. Takže pravdepodobnosť úspešného prerušenia útoku je:

$$P_I = P_{D1} \times P_{P1} \times P_{PPS1} \times P_{R|A1} \times \sum_{i=2}^n ((P_{Di} \times P_{Pi} \times P_{PPSi} \times P_{R|Ai} \times \prod_{j=1}^{i-1} (1 - P_{Dj})) \quad (5)$$

Pričom:

P_I – pravdepodobnosť úspešného prerušenia útoku,

P_D – pravdepodobnosť detekcie,

P_{PPS} – pravdepodobnosť prenosu poplachového signálu cez PPC na vzdialené poplachové prijímacie centrum.

Je teda zrejmé, že na to, aby bol útok úspešne prerušený je potrebné, aby všetky úlohy PPS boli splnené. Avšak pokiaľ nebude splnená základná podmienka, PPS nebude účinný ani pri 100 % pravdepodobnosti detekcie a prenosu signálu, preto je potrebné sa zamerať na časy T_N a T_{PRL} , ktorých podstatná zložka je čas prielomovej odolnosti.

2 Metodológia

Na základe vyššie uvedenej analýzy a vzorcov (2) a (3) vyplýva, že čas prielomovej odolnosti T_p je premenná, ktorú projektant môže meniť v závislosti od množstvo, resp. bezpečnostnej triedy mechanických zábranných prostriedkov. Cieľom tohto článku je posúdenie, aký vplyv ma teplota prostredia na čas prielomovej odolnosti bezpečnostných mreží, ale aj na spoľahlivosť a účinnosť celého systému fyzickej ochrany objektu.

Testovanie a zisťovanie času prielomovej odolnosti bezpečnostných mreží je stanovené v súbore noriem EN 1627 – 1630 [10-13], pričom predmetom testu je vytvoriť, resp. prerezať taký počet prútov, aby bolo možné prestrčiť cez mreže šablónu nasledujúcich rozmerov:

- obdĺžnik 400×250 mm alebo
- elipsa 400×300 mm alebo
- kruh \varnothing 350 mm.

Teplota prostredia pri skúške je stanovené v rozmedzí od 15 °C po 30 °C. Táto teplota, nezodpovedá teplote prostredia, v ktorom sa môžu bezpečnostné mreže nachádzať. Preto bolo rozhodnuté, že v tomto článku sa budú testovať pri teplote od -40 °C po 40 °C. Ako prostriedok na prekonanie je použitá ručná píla a AKU chvostová píla.

Avšak na základe množstva výrobcov, výrobných postupov, výrobných materiálov, ale aj modelov (usporiadanie prútov, rozmery a tvár prútov) bezpečnostných mreží bude, ako testovacia vzorka slúžiť kruhový nerezový plný profil \varnothing 10 mm. Tomuto rozhodnutiu prispieva aj veľkosť klimatickej komory Vötsch VCL 7010. Metodický postup testovania bol nasledovný:

- vloženie vzorky do klimatickej komory s požadovanou teplotou,
- aklimatizácia vzorky na danú teplotu – 20 minút,
- vybratie vzorky a upevnenie do dielenského zveráku,
- začiatok rezania + spustenie dvoch stopiek,
- rezanie, pri zaseknutí a napravení ručnej/AKU píly sa zastavili stopky na meranie času prielomovej odolnosti, spustené boli pro opätovnom začatí rezania,
- prepílenie vzorky, zastavenie oboch stopiek,
- ukončenie testu, zapísanie časov.

Aby sa zabezpečila vierohodnosť dosiahnutých časov po každom treťom pokuse bol použitý nový lis na ručnej píle aj AKU chvostovej píle.

3 Výsledky

Testovanie prebehlo vo Vedeckom parku Žilinskej univerzity v Žiline laboratóriu Katedry bezpečnostného manažmentu. Na testovanie boli použité nasledovné testovacie pomôcky:

- klimatická komora Vötsch VCL 7010,
- kruhový nerezový plný profil \varnothing 10 mm,
- dielenský zverák,
- ručná píla s 270 mm lisom,
- 18 V AKU chvostová píla Makita s 130 mm lisom,
- 2x stopky,
- ochranné pomôcky – rukavice, okuliare.



Obrázok 3. Ručná píla

Ako prvé prekonávacie náradie bola použitá ručná píłka. Pílenie pri všetkých teplotách vykonávala jedna osoba, ktorá je zručná v používaní ručnej píly. Rýchlosť pílenia bola primeraná, takže predstavovala 3 kmity za sekundu. Prvá pílený prút bol pílený pri teplote 21 °C, t.j. pri teplote v laboratóriu. Rovnako táto teplota zodpovedala požiadavke stanovenej v norme. Najrýchlejší čas prielomovej odolnosti ale aj najrýchlejší celkový čas testu bol dosiahnutý pri prúte, ktorý bol aklimatizovaný na 40 °C. Naopak, najdlhší čas prielomovej odolnosti a celkový čas testu bol dosiahnutý pri teplote 10 °C. Výsledky jednotlivých testov sa nachádzajú v Tabuľke 1.

Tabuľka 1. Výsledky testov s ručnou pílkou

Teplota	Celkový čas testu (min)	Čas prielomovej odolnosti (min)	Vek lisu ¹
40 °C	5:33	2:40	1
30 °C	5:41	2:59	2
21 °C	5:58	4:11	0
10 °C	8:41	5:50	0
0 °C	8:10	5:21	1
-10 °C	7:47	4:16	2
-20 °C	7:49	3:47	0
-30 °C	9:32	3:56	1
-40 °C	8:46	3:33	2

Druhým prekonávacím náradím bola 18 V AKU chvostová píla s 130 mm lisom určeným na pílenie kovu. Všetky testy vykonala jedna osoba, ktorá mala skúsenosti s používaním chvostovej píly. Pri všetkých testoch sa testujúca osoba snažila vyvíjať rovnaký tlak na chvostovú pílu. Prvá tetovaná vzorka bola pri laboratórnej teplote 21 °C. Následne sa postupovalo od -40 °C po 40 °C. Najrýchlejší čas prielomovej odolnosti bol dosiahnutý pri teplote -40 °C, naopak najdlhší pri teplote 0 °C. Rovnako ako pri ručnej píлке sa použil nový lis po každom treťom teste. Výsledky testov s chvostovou pílkou sa nachádzajú v Tabuľke 2.

Tabuľka 2. Výsledky testov s AKU chvostovou pílkou

Teplota	Celkový čas testu (s)	Čas prielomovej odolnosti (s)	Vek lisu ²
40 °C	36:14	36:14	2
30 °C	42:78	42:78	1
21 °C	45:56	45:56	0
10 °C	54:65	54:65	0
0 °C	57:21	57:21	2
-10 °C	72:13	42:12	1
-20 °C	37:72	35:52	0
-30 °C	30:21	30:21	2
-40 °C	21:28	21:28	1

Vo väčšine prípadov sa čas prielomovej odolnosti rovnal celkovému času testu, až na dva prípady, kedy sa lis zasekol a bolo potrebné ho vytiahnuť a začať odznova.

¹ Počet predchádzajúcich pílení daným lisom.

² Počet predchádzajúcich pílení daným lisom.

4 Diskusia

Ako je možné vidieť, čas prielomovej odolnosti sa mení v závislosti od teploty. Toto tvrdenie podporuje aj korelačný koeficient k , ktorý sa pre jednotlivé testy nachádza v nasledujúcej Tabuľke 3.

Tabuľka 3. Korelačný koeficient

Náradie	k (40 °C – 0 °C)	k (0 °C – -40 °C)
Ručná píla	-0,94	0,85
AKU chvostová píla	-0,99	0,93

Dôležité je poznamenať, že získané časy prielomovej odolnosti sú len pre jeden rez. Aby bol vytvorený prielomový otvor definovaných rozmerov je potrebné spraviť, v závislosti od výrobcu, 4 až 6 rezov, preto rozdiely časov prielomovej odolnosti celých mreží v rozličných teplotách prostredia sa ešte zväčšia. Túto skutočnosť je potrebné pretaviť aj do výpočtu účinnosti systému fyzickej ochrany objektu, nakoľko čas prielomovej odolnosti bude závislý od ročného obdobia.

Na základe dosiahnutých výsledkov je potrebná aj zmena metodiky a klimatických podmienok testovania mechanických zábranných prostriedkov, ktoré sú umiestnené v exteriéry. Ďalšou navrhovanou zmenou, je vytvorenie obdobných tried prostredia, tak, ako je to u elektrických zabezpečovacích systémov a kamerových systémov.

5 Záver

Čas prielomovej odolnosti patrí k základným vstupným parametrom pri plánovaní a hodnotení systému fyzickej ochrany. Účinný systém fyzickej ochrany je vtedy, keď celkový čas napadnutia objektu je dlhší, ako čas zásahu, pričom sila zásahovej jednotky musí byť väčšia ako sila narušiteľa. Do celkového času napadnutia objektu zarátavame čas prielomovej odolnosti, čas presunu, čas útoku, čas úniku. Nakoľko časy presunu, útoku a úniku závisia od narušiteľa, čas prielomovej odolnosti závisí od množstva, typu a bezpečnostnej triedy mechanických zábranných prostriedkov. V štúdiu sme zisťovali či teplota prostredia má vplyv na čas prielomovej odolnosti. Ako testovaných mechanický zábranný prostriedok boli vybrané mreže, nakoľko sa nachádzajú v exteriéry. Avšak, z dôvodu veľkého množstva výrobcov, typov a možnosti opakovateľnosti testov, boli testy vykonané na kruhovom nerezovom plnom profile \varnothing 10 mm, ktorý predstavoval prút mreží. Testy boli vykonané na vzorkách, ktoré boli aklimatizované na teploty od -40 °C po 40 °C. Ako prekonávacie náradie bola použitá ručná píla s 270 mm lisom a 18V AKU chvostová píla s 130 mm lisom. Výsledky experimentu preukázali, že čas prielomovej odolnosti závisí od teploty prostredia. Najrýchlejší čas s oboma náradiami bol dosiahnu pri teplotách -40 °C a 40 °C, najdlhší naopak pri teplotách 10 °C a 0 °C. Na základe týchto výsledkov je možné konštatovať, že pri projektovaní a hodnotení systému fyzickej ochrany objektu je potrebné prihliadať aj na teplotu prostredia, resp. vytvoriť viaceré možnosti s časmi celkového napadnutia. Rovnako je potrebná aj zmena metodiky testovania, mechanických zábranných prostriedkov, ktoré sú umiestnené v exteriéry.

Reference

- [1] ZVAKOVA, Z., BOROS, M., FIGULI, L., VELAS, A. Evaluation Process of the Burglary Resistance When Explosives Are Used to Create an Opening in the Barriers. *Symmetry* 2021, 13(9), 1740
- [2] TEKINERDOGAN, B., YAGIZ, S., ÖZCAN, K., YAKIN, I. *Integrated Process Model for Systems Product Line Engineering of Physical Protection Systems*. BMSD 2020: Business Modeling and Software Design pp 137-151
- [3] GARCIA, M. L. *The Design and Evaluation of Physical Protection Systems*. 2. vyd. Burtterworth-Heinemann. 2007 ISBN 978-0-7506-8352-4
- [4] BENSON, M. *Overview of Physical Protection Systems Design and Evaluation. Content from Training Module 3 from Integrated Security Design Workshop 2013* [SAND2013-5143P] [online]. [cit. 2021-08-12]. Dostupné z: <https://www.osti.gov/servlets/purl/1115144>
- [5] FENNELLY, L. J. *Effective Physical Security*. 2017. 5. vyd. Butterworth-Heinemann. ISBN 978-0-12-804462-9
- [6] SMITH, C.L. *Trends in the development of security technology*. 2016. Gill, M. (Ed.), *The Handbook of Security*. Palgrave Macmillian Ltd, Basingstoke, Great Britain, pp. 610-628
- [7] ARATA, M.J. *Perimeter Security*. 2006. 1. vyd. McGraw-Hill Professional. ISBN 978-0071460286
- [8] ZOU, B., et all. Insider threats of Physical Protection Systems in nuclear power plants: Prevention and evaluation. *Progress in Nuclear Energy* vol. 104. 2018 pp.8-15
- [9] LOVEČEK, T., REITŠPÍS, J. *Projektovanie a hodnotenie systémov ochrany objektov*. 2011. 1. vyd. Žilina: EDIS – vydavateľstvo ŽU. ISBN 978-80-554-0457-8
- [10] EN 1627 - Dvere, okná, závesné steny, mreže a uzávery. Odolnosť proti vlámaniu. Požiadavky a triedenie
- [11] EN 1628 - Dvere, okná, závesné steny, mreže a uzávery. Odolnosť proti vlámaniu. Skúšobná metóda na určenie odolnosti pri statickom zaťažení
- [12] EN 1629 - Dvere, okná, závesné steny, mreže a uzávery. Odolnosť proti vlámaniu. Skúšobná metóda na určenie odolnosti pri dynamickom zaťažení
- [13] EN 1630 - Dvere, okná, závesné steny, mreže a uzávery. Odolnosť proti vlámaniu. Skúšobná metóda na určenie odolnosti proti ručným pokusom o vlámanie

Bezpečnosť ako dôležitý aspekt zabezpečenia udržateľnosti kvality života v obciach

Kristián Furiak¹, Erika Mošková²

¹ Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Univerzitná 8215, 010 26 Žilina, kristian.furiak@uniza.sk

² Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Univerzitná 8215, 010 26 Žilina, erika.moskova@uniza.sk

Abstrakt:

Bezpečnosť sa v súčasnom dynamickom prostredí stáva čoraz významnejším fenoménom determinujúcim a ovplyvňujúcim moderný svet. V bezpečnostnom prostredí však pôsobí veľké množstvo rôznych faktorov, ktoré majú potenciál ovplyvňovať a meniť jeho vlastnosti. Tento článok pojednáva o vplyve takýchto faktorov na bezpečnostné prostredie na úrovni obcí a o ich dopadoch na miestne obyvateľstvo. Cieľom článku je popísať a analyzovať vzťahy medzi týmito faktormi a zmenami v prostredí obcí, ktoré majú vplyv na kvalitu života a požiadavky v oblasti bezpečnosti. Význam tohoto článku vychádza z potreby vytvorenia a udržiavania stabilného bezpečnostného prostredia, ktoré vo svojich konkrétnych podmienkach umožní optimálny stupeň udržateľného rozvoja.

Kľúčové slová: bezpečnosť, COVID-19, kvalita života, rozvoj, udržateľnosť.

1 Úvod

Proces zabezpečovania udržateľnosti kvality života je ovplyvňovaný neustálym vplyvom faktorov, ktoré pôsobia na jednotlivca, tak aj celú spoločnosť. Podľa WHO (2023) kvalitu života je možné chápať ako vnímanie pozície jednotlivca v živote z pohľadu kultúrnych a hodnotových systémov, v ktorých existuje a vo vzťahu k životu a jeho dosiahnuteľných hodnôt. Adamczyk (2022) tvrdí, že koncept kvality života sa mení v súvislosti s meniacimi sa preferenciami a požiadavkami ľudí rovnako, ako sa mení aj prostredie, v ktorom žijú. Fyzický, materiálny ale aj sociálny aspekt ovplyvňujú ľudí a ich vnímanie kvality života. Do popredia sa dostáva aj emocionálny aspekt, ktorý ovplyvňuje práve osobnú spokojnosť. Mieru kvality života je možno posudzovať z rôznych oblastí ako je fyzická stránka, ktorú zastrešuje fyzický stav jednotlivca a jeho samotné rozpoloženie, psychologická stránka, ktorá sa odvíja od pocitov samotného jednotlivca v rámci situácii v živote, sociálna stránka, ktorá reflektuje vzťahy v rámci spoločnosti jednotlivca a zo strany prostredia, v ktorom jednotlivec žije a pôsobí [3].

Podľa Úradu vlády SR (2023) trvalo udržateľný rast kvality života občanov je možné „dosiahnuť podporou vzdelávania, výskumu a vývoja inovácií a vytváraním modernej infraštruktúry nevyhnutnej na hospodársky a sociálny rozvoj“. Tvrdí, že nie je nutné zohľadňovať len materiálnu úroveň jednotlivca ale aj ostatné aspekty, od ktorých sa odvíja životná úroveň ale aj spokojnosť jednotlivca.

Prostredie, v ktorom ľudia žijú tvorí jeden z dôležitých aspektov hodnotenia kvality života. Práve prostredie mesta má vplyv na životy ľudí, nakoľko v ňom trávajú väčšinu svojho života. Preto tu vzniká nutnosť posúdenia toho, ako mestské prostredie ovplyvňuje ich životy. Existuje veľa dôležitých zložiek kvality života v meste, ako je napríklad prístup ľudí k tovarom a službám alebo možnosť vzdelávania.

Toto sú kľúčové ukazovatele kvality života v meste. Funkčnosť verejnej dopravy, dostupnosť predajní a služieb, zabezpečenie zelene a kvalitného ovzdušia, efektívnosť administratívy a verejnej správy a mnoho ďalších, sú faktory, ktoré taktiež prispievajú k spokojnosti života ľudí v meste. Život jednotlivca v rámci mesta je ovplyvňovaný aj pocitom bezpečia. Bezpečnostné prostredie vytvára systém fungujúcich činností, ktoré sú pre jednotlivca nevyhnutné k životnej spokojnosti a k dosiahnutiu pocitu bezpečia. Bezpečnosť ako jeden z aspektov zabezpečenia udržateľnosti kvality života v obciach je novodobým fenoménom, ktorý zohráva čoraz dôležitejšiu úlohu v každom aspekte súčasnej spoločnosti. Stabilné a priaznivé bezpečnostné prostredie je jedným z hlavných faktorov trvalo udržateľného rozvoja. Človek je neustále vystavovaný situáciám, ktoré majú vplyv na jeho mieru bezpečnosti. Bezpečne fungujúci spoločenský systém závisí od zabezpečenia optimálnej miery stability, ktorá sa odvíja od jednotlivých činností každého jedinca. Narušenie bezpečnostného prostredia môže negatívne ovplyvniť kvalitu života ľudí. Preto je potrebné vytvárať a udržiavať stabilné bezpečnostné prostredie, ktoré vo svojich špecifických podmienkach dokáže dosiahnuť optimálnu úroveň trvalo udržateľného rozvoja. Bezpečnosť je nevyhnutným predpokladom sociálneho rozvoja [9, 11].

2 Bezpečnosť a dopad pandémie COVID-19 na kvalitu života

Neustále meniace sa prostredie však prináša nové výzvy, ktoré môžu mať významný vplyv na úroveň bezpečnosti. Jednou z hlavných bezpečnostných výziev bola pandémia COVID-19, ktorá spôsobila narušenie aktivít ľudí a mala negatívny vplyv na spoločenské až podnikateľské prostredie. Pandémia COVID-19 priniesla neočakávané problémy na celom svete, pričom potvrdila a vyzdvihla nutnosť realizácie špecifických opatrení. Prijaté opatrenia mali výrazný vplyv najmä na mobilitu ľudí. Dopady súviseli najmä so znížením mobility obyvateľstva (poklesom cestovného ruchu), znížením osobného kontaktu a vznikajúcich konfliktov v rámci vzájomného nažívania ľudí, ale aj obmedzením či rušením prevádzok (poklesom počtu podnikov vo svete). Vzhľadom na podnikateľské prostredie, prijaté opatrenia spôsobili prerušenie prevádzok hlavne malým a stredným podnikom (MSP), ktoré tvoria významnú časť národného hospodárstva krajín. Prijaté opatrenia ako aj dopad pandémie sa líšili aj na základe podnikateľského sektora, v ktorom podniky pôsobia. Do oblasti MSP patria okrem iného aj dopravné podniky špecializujúce sa na prepravu osôb aj tovaru. Prepravu ľudí v rámci dopravných podnikov ovplyvnilo aj zníženie komfortu cestovania v dôsledku preventívnych opatrení proti šíreniu choroby. Všetky tieto faktory spolu mali vplyv na spomalenie ekonomiky, pričom sa výrazne znížil počet prepravených osôb ako aj množstvo prepravovaného tovaru (problematika dodávateľského reťazca). Zaznamenaný útlm sa objavil aj v rámci nákladnej dopravy, obmedzenie prevádzok v sektore stravovania a ubytovania, poklese využívania obchodných služieb, útlm v priemysle, ostatných službách, čiastočne aj v stavebníctve a poľnohospodárstve [1, 2].

Mohsen (2022) tvrdí, že kvalita života spoločnosti bola do veľkej miery ovplyvnená pandemiou a tým vzniknutou panikou, úzkosťou a strachom medzi ľuďmi. Podľa Soitu (2022) pandémia predstavuje naliehavú sociálno-medicínsku situáciu s priamymi dôsledkami v oblasti kvality života mladých aj starších ľudí. Pandémia sa predovšetkým dotýkala života a zdravia obyvateľstva.

Pandémia COVID-19 zmenila vnímanie bezpečnosti ako takej a spôsobila narušenie celého bezpečnostného systému. Viacerí autori sa prikláňajú k názoru, že pandémia zasiahla práve časti bezpečnosti ako je potravinová, finančná a ekonomická a zdravotná bezpečnosť.

Obrázok 1 zobrazuje vzťah medzi pandémiou COVID-19, ktorá ovplyvnila bezpečnosť ľudí a jej jednotlivé oblasti a tým spôsobila dopady aj na úroveň kvality života obyvateľov.



Obrázok 1. Vzťah medzi pandémiou a bezpečnosťou

Bezpečnosť a bezpečnostné prostredie vytvára rad dôležitých oblastí ako aj aktivít ľudí, ktoré na sa navzájom prelínajú. Vzhľadom na dopady pandémie na bezpečnosť je možné hovoriť o dopadoch práve na zdravie, finančné a ekonomické zabezpečenie ľudí. Pandémia sa dotýkala hlavne zdravotného stavu ľudí, pričom pri zvýšených prípadoch nakazenia vírusom sa sťažili podmienky zabezpečenia zdravotnej starostlivosti. V nadväznosti na ťažkosti spôsobené na zdraví ľudí sa odvíjala schopnosť ľudí pracovať. Ľudia s ochorením vírusu sa ocitli v karanténe, čo vyústilo do zhoršenia ich finančnej situácie, pričom sa ovplyvnila ekonomická situácia krajín. Ľudia prišli o svoje zdroje, čo spôsobilo zníženie dopytu vo viacerých oblastiach na trhu. Potravínové zabezpečenie ako aj dodávateľské reťazce boli ovplyvnené poklesom pracovnej sily.

2.1 Zdravotná bezpečnosť

Ako tvrdí Soitu (2022), pandémia negatívne ovplyvnila systém zdravotnej starostlivosti, globálnu ekonomiku a kvalitu života. Ľudský rozvoj a sociálny pokrok chápe ako dôležité determinanty, ktoré sú zásadné pri stanovení a prijatí dynamiky opatrení v oblasti zdravotnej bezpečnosti. Epidemiologická situácia mala zásadný vplyv na zdravie ľudí. Následky pandémie na organizmus ľudí vyústil do obmedzení pohybu a obmedzení možnosti normálne fungovať a žiť. Prevyšujúci počet nakazených osôb spôsobil zníženie kumulácie ľudí v rámci miest, pričom sa uzavreli do svojich obydlií. Zhoršenie podmienok na život a obmedzenia prišli práve v rámci miest, v ktorom ľudia žijú. Obmedzenie v pohybe mimo svojho okresu spôsobilo zníženie využívania dopravných prostriedkov a hlavne pokles využívania hromadných prostriedkov, v ktorých by mohlo dôjsť k rýchlejšiemu šíreniu vírusu. Zaznamenal sa taktiež pokles záujmu o účasť na spoločenských aktivitách, ktoré boli zároveň aj obmedzené.

Zvýšením počtu nakazených osôb vzniklo riziko nedostatku pracovnej sily, ktoré vyústilo k zmenám podnikania. V rámci miest, práve MSP mali vplyvom opatrení prerušené prevádzky, čo v niektorých prípadoch vyústilo k trvalému uzatvoreniu podnikov. Došlo k zníženiu počtu podnikov v rámci menších miest. Prístup k tovarom a službám bol obmedzený, zároveň v vplyvom opatrení na prístup do prevádzky podnikov, sa presunulo podnikanie do online priestoru. Udržať podnikanie v chode sa stalo problematickou výzvou.

V sektore zdravotníctva sa zvyšoval počet prijatých pacientov, pričom sa znižoval počet zamestnancov, ktorí by sa starali o nakazených. V tomto prípade prevyšovala aj nechuť pracovať a nespokojnosť s podmienkami na prácu. Nákaza v niektorých prípadoch spôsobila stratu na ľudských životoch a tým došlo k poklesu obyvateľstva. Strata obyvateľstva, nevedomosť a šírenie nepravdivých informácií v rámci situácie vyústilo do narušenia psychickej stránky ľudí. V nadväznosti na to sa zhoršila finančná schopnosť ľudí a ekonomická situácia vo svete.

2.2 Finančná a ekonomická bezpečnosť

Vplyv pandémie presiahol zdravotnú bezpečnosť. Zmenil sa prístup k viacerým problémom, vrátane hodnotenia kvality života a významnosti cieľov sociálno-ekonomického rozvoja. Ekonomická aktivita a udržanie a vytváranie pracovných miest sú determinanty, ktoré súvisia s ekonomickou bezpečnosťou. Obmedzenie fyzického kontaktu spôsobilo obmedzenia počtu zamestnancov na pracoviskách [1].

Európska komisia (2022) spracovala Výročnú správu o európskych MSP za obdobie rokov 2019 až 2021, pričom sa sústredila na MSP a environmentálnu udržateľnosť. V Tabuľke 1 je zobrazené porovnanie miery zamestnanosti v rámci podnikov EU-27 v rokoch 2019 až 2021.

Tabuľka 1. Porovnanie miery zamestnanosti v rámci podnikov v EU-27 v rokoch 2019 až 2021

	Zamestnanosť v rámci podnikov v EU-27	
	Ročná zmena (%) v roku 2021 v pomere k 2020	Kumulatívna zmena (%) v roku 2021 relatívna do roku 2019
Mikropodniky	1,2 %	-0,1 %
Malé podniky	0,0 %	-1,5 %
Stredné podniky	-0,1 %	-2,2 %
Veľké podniky	0,7 %	-1,6 %
Všetky MSP	0,5 %	-1,5 %
Celkovo	0,6 %	-1,5 %

Práve v období pandémie, ktorá začala koncom roka 2019 v porovnaní s rokom 2021 poklesla zamestnanosť vo všetkých veľkostných kategóriách podnikov. Najväčší pokles zamestnancov postrehli stredné podniky, pričom vyjadrená zmena tvorila -2,2 %.

Zvýšenie nezamestnanosti ovplyvnilo finančnú schopnosť ľudí ako aj ekonomické aktivity jednotlivých krajín. Finančné zabezpečenie a nadobúdanie zdrojov k životu sa stalo problémom hlavne v rámci menších miest, nakoľko prevádzky museli byť zatvorené. Obmedzenie pohybu a kontaktu na pracoviskách spôsobilo zníženie počtu zamestnancov – prepúšťanie.

Podľa Pinocheta (2022) pandémia zmenila najmä technologický pokrok. Zmeny sa zaznamenali vo viacerých sektoroch služieb, pričom sa týkali prijatia online platieb a tým snahy o minimalizovanie fyzického kontaktu. Viditeľné zmeny nastali aj pri spotrebe v supermarketoch. Zhoršenie spotreby potravín a obmedzenie vstupu do obchodov malo vplyv na potravinovú oblasť.

2.3 Potravinová bezpečnosť

Potravinovú bezpečnosť ovplyvnila pandémia spojená s ekonomickými a finančnými ťažkosťami a politickou nestabilitou. Vplyvom opatrení ľudia nemohli vykonávať činnosti každodenného života alebo vykonávali ich v obmedzenom režime. Zmeny životného štýlu spôsobili narušenie ich psychického stavu, vytvorili sa stresujúce životné udalosti, čo ovplyvnilo celý systém a spoločnosť. Stres z nedostatočných zásob potravín alebo platobná neschopnosť narušili kvalitu života ľudí v mestách na celom svete. Vplyvom zvyšujúceho počtu nakazených, obmedzením mobility (a tým klesajúcemu dopytu) a vplyvom negatívnych opatrení na prevádzky podnikov, sa znížil aj počet existujúcich podnikov na trhu [2, 5].

Viditeľný pokles zaznamenala Európska komisia (2022) v početnosti podnikov v rámci EU-27, ktorý je zobrazený v Tabuľke 2. Tabuľka 2 zobrazuje porovnanie početnosti podnikov v EU-27 v rámci rokov 2019 až 2021.

Tabuľka 2. Porovnanie početnosti podnikov v EU-27 v rokoch 2019 až 2021

	Početnosť podnikov v EU-27	
	Ročná zmena (%) v roku 2021 v pomere k 2020	Kumulatívna zmena (%) v roku 2021 relatívna do roku 2019
Mikropodniky	1,3 %	-0,5 %
Malé podniky	-0,1 %	-1,4 %
Stredné podniky	-0,4 %	-2,6 %
Veľké podniky	0,0 %	-2,7 %
Všetky MSP	1,2 %	-0,6 %
Celkovo	1,2 %	-0,6 %

Z Tabuľky 2 vyplýva, že práve v období pandémie, ktorá začala koncom roka 2019 sa znížila početnosť MSP a celkovo podnikov EU-27 o -0,6 % (v porovnaní s rokmi 2020 a 2021). Výrazné zníženie počtu podnikov v EU-27 sme pocítili hlavne u veľkých podnikov, kde to tvorí až pokles o -2,7 % a stredných podnikov o -2,6 %.

S obmedzením mobility a obmedzením otvorenosti prevádzok potravinových ale aj ostatných obchodov sa vo veľkej miere začala využívať možnosť online nakupovania. V súvislosti s online nakupovaním sa zvýšil aj dopyt po službách zameraných na doručovanie objednaného tovaru na adresu zákazníka. Bola to príležitosť hlavne pre kuriérské a iné dopravné podniky zamerané na doručovanie tovaru na adresu.

3 Záver

Udržateľnosť a rast kvality života je dosiahnuteľná jedine vo funkčnom a bezpečnom systéme. Pandémia COVID-19 spolu s ďalšími faktormi ukázala, že narušenie systému je veľmi jednoduché, ak nie sú nastavené jasné pravidlá a nie sú jednotlivé časti systému alebo spoločnosti schopné reagovať na negatívne a hlavne neočakávané zmeny prostredia. Mieru kvality života v meste ovplyvňuje viacero faktorov, ktoré sa odvíjajú od pohody a možnosti na život obyvateľov v ňom. Mesto by malo byť preto flexibilné v reakcii na zmeny prostredia, usporiadať a pridelovať zdroje na udržanie funkčného a hlavne bezpečného systému tak, aby sa predišlo chaosu. Udržateľnosť kvality života v meste je podmienená neustálym chodom aktivít, ktoré vytvárajú priestor na rozvoj aj počas pôsobenia nežiadúcich udalostí. Vytvorenie odolného a udržateľného systému riadenia pozostáva z dostatku informácií a kvalifikovaných ľudí s prerozdelenými právomocami a tým priradenými zodpovednosťami. Kvalita života sa odvíja od kvality a stability politického systému krajiny. Chybné rozhodnutia, nedostatočná a máťúca informovanosť verejnosti, ktorá sa prejavila aj počas pandémie, môže mať negatívny vplyv na rozvoj

v každé oblasti života člověka a celkovo společnosti. Preto, prvoradé je zostaviť stabilný a kvalitný systém nie len na úrovni mesta ale aj celého štátu. Bezpečný štát podmieňuje pocit bezpečia obyvateľov a tým aj kvalitu života.

Podakovanie

Príspevok bol spracovaný na základe projektu VEGA 1/0628/22 Výskum bezpečnosti v obciach s ohľadom na kvalitu života obyvateľov.

Referencie

- [1] Adamczyk, J., Adamczyk-Kowalczyk, M. 2022. *What Do They Feel, Do, and Expect? The Young Generation's Perception of Environmental Problems and Sustainable Development Goals in the Context of Quality of Life*. Sustainability, 14(23). Doi: 10.3390/su142315551
- [2] Ahmad, A., Shahril, M. R., Wan-Arfah, N., Abu Bakar, W. A. M., Abu Bakar, Piernas, C., Lua, P. L. 2022. *Changes in health-related lifestyles and food insecurity and its association with quality of life during the COVID-19 lockdown in Malaysia*. BMC Public Health, 22(1). Doi: 10.1186/s12889-022-13568-0
- [3] Dale, R., Budimir, S., Probst, T., Humer, E., Pieh, Ch. 2022. *Quality of life during the COVID-19 pandemic in Austria*. Frontiers in Psychology, 13:934253. Doi: 10.3389/fpsyg.2022.934253
- [4] European Commission. 2022. *Annual Report on European SMEs2021/22. SMEs and environmental sustainability*. Online na: https://www.ggb.gr/sites/default/files/basic-page-files/SME%20AR%202021_22_Final%20Report%20%282%29.pdf
- [5] Karam, J., Haddad, C., Sacre, H., Serhan, M., Salameh, P., Jomaa, L. 2022. *Financial Wellbeing and Quality of Life Among a Sample of the Lebanese Population: The Mediating Effect of Food Insecurity*. Frontiers in Nutrition, 9. Doi: 10.3389/fnut.2022.906646
- [6] Mohsen, S., El-Masry, R., Ali, O. F., Abdel-Hady, D. 2022. *Quality of life during COVID-19 pandemic: a community-based study in Dakahlia governorate, Egypt*. Global Health Research and Policy, 7(15). Doi: <https://doi.org/10.1186/s41256-022-00246-2>
- [7] Pinchet, L. H. C., de Souza, C. A., Viana, A. B. N., Rodriguez-Abitia, G. 2022. *Smart technologies in supermarket retail and their influence on citizens' quality of life during the COVID-19 pandemic*. Rege-revista de Gestao. Doi: 10.1108/REGE-09-2021-0178
- [8] Soitu. C. T., Grecu, S. P., Asiminei, R. 2022. Health Security, Quality of Life and Democracy during the COVID-19 Pandemic: Comparative Approach in the EU-27 Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(21). Doi: 10.3390/ijerph192114436
- [9] Soltes, V., Kubas, J., Stofkova, Z. 2018. *EDUCATION AS ONE OF THE INDICATORS OF QUALITY OF LIFE*. 12th International Technology, Education and Development Conference (INTED), 6849-6855
- [10] Úrad vlády SR. 2023. *Kvalita života ako výsledok súdržnej spoločnosti*. Online na: <https://www.vlada.gov.sk/kvalita-zivota-ako-vysledok-sudrznej-spolocnosti/>
- [11] Węziak-Białowolska, D. 2016. *Quality of life in cities – Empirical evidence in comparative European perspective*. Cities, 58, 87-96. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.05.016>
- [12] WHO. 2023. *WHOQOL: Measuring Quality of Life*. Online na: <https://www.who.int/tools/whoqol>

Príprava a realizácia cvičení využívajúcich simulácie v rámci podmienok Slovenskej republiky

Bronislava Halúsková¹

¹ Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva,
Univerzitná 8215, 010 26 Žilina, bronislava.haluskova@uniza.sk

Abstrakt

Rozvoj simulačných nástrojov a ich využívanie, z hľadiska prípravy odborníkov krízového riadenia na riešenie krízového javu, je v súčasnosti veľkou výzvou. Článok sa zaoberá prípravou a realizáciou cvičení využívajúcich simulácie v rámci podmienok Slovenskej republiky. Simulácie sú často predmetom záujmov často len z hľadiska teórie, preto je dôležité rozvíjať ich konkrétne uplatnenie v praxi a zvyšovať povedomie o dostupných možnostiach riešenia konkrétnych situácií, pomocou prípravy aktérov krízového manažmentu prostredníctvom simulácií. Dôležité je taktiež sledovať aktuálny stav, vývoj a aktuálne trendy v oblasti modelovania a simulácií, ktorými sa článok zaoberá.

Kľúčové slová: krízový manažment, simulácie, modelovanie, model, príprava, prevencia, bezpečnosť.

1 Úvod

Simulácie sa v mnohých oblastiach stali obľúbeným nástrojom, určeným pre účely vzdelávania a prípravy odborníkov v rôznych situáciách. V oblasti krízového manažmentu tomu preto nie je inak. Vzdelávanie a príprava založená na integrácii simulácií je aj podľa svetových vzorov vhodným nástrojom pre prehĺbovanie vedomostí s prepájaním na prax manažérov. Najmä v prípade aktuálneho zvyšovania výskytu krízových javov, ktoré spôsobujú nepredvídateľnosť situácie a možné závažné ohrozenie organizácií a systémov, kedy je nevyhnutný zásah krízových manažérov. Tieto udalosti sú spájané s kritickou časovou tiesňou, počas ktorej krízový manažér vykonáva dôležité rozhodnutia o ďalšom priebehu činností na zvládanie situácie. Ak krízoví manažéri neriešia pravidelne krízy, ktoré značne ovplyvňujú chod ich organizácií, je možné že sa vytvorí priestor pre chybné alebo nevhodné rozhodnutia, ktorých príčina spočíva práve v nedostatočných skúsenostiach. Dôležitý je preto nepretržitý rozvoj ich schopností ako súčasť manažérskeho vzdelávania, kedy vedenie očakáva alebo priam vyžaduje, aby manažment vyvinul pripravenosť na nemysliteľné. Z toho dôvodu je nutné rozširovať povedomie o možnom vzniku a priebehu krízových javov, ako aj ich možnostiach riešenia a postupu následností krokov riadenia, prostredníctvom všetkých dostupných moderných prostriedkov, ktorými môžu byť nové technológie ako simulácie.

2 Metóda modelovania a simulácie krízových javov

S metódami modelovania a simulácie prichádzame do kontaktu už dlhšie obdobie. Postupne sa implementovali do viacerých oblastí priemyselného či spoločenského života. Čitateľ má preto možnosť stretnúť sa s viacerými definíciami týchto metód. Modelovaním a simuláciami sa zaoberalo už mnoho autorov. Nasledujúce uvádzané definície sú príkladmi, s ktorými je možné sa v rámci literatúry stretnúť.

Autor Bazulka rozlišuje modelovanie a simulácie ako odlišné a relatívne nezávislé metódy znázorňujúce reálny objekt. Metódy na seba nadväzujú. Výsledkom je abstrakcia systému a jeho problémových stránok, transformovaná do kvantitatívneho modelu (Bazulka 2013). Proces modelovania tvorí model, ktorý predstavuje zjednodušenú verziu skutočného objektu, procesu alebo javu (Malindžák 2010). Pri simuláciách hovoríme aj ako o vedeckom alebo inžinierskom napodobňovaní, kedy celý proces prípadne objekt tvoriaci simulačný model by mal byť schopný odpovedať na otázky fungovania reálneho systému (Ristvej 2015). Simuláciou je nahrádzaná dynamická forma skúmaného systému, pričom na modely umožňuje realizáciu experimentov (Martón 2011). „Simulácia je generovanie reálnej alebo syntetickej situácie na príslušných modeloch.“ (Bazulka 2013).

Metódy modelovania a simulácie môžu byť prostriedkom pre poskytovanie nových informácií o skúmanom objekte alebo jave. Taktiež sa domnievam, že nové poznatky je možné zužitkovať pri nových hypotézach, ktoré je možné prostredníctvom realizácie experimentov na modely potvrdiť alebo vyvrátiť. Najmä vďaka možnosti nekonečných skúšok realizovaných v bezpečnom prostredí sú nástroje modelovania a simulácií ideálnym prostriedkom v procesoch prevencie a prípravy, v rámci cyklu krízového riadenia.

2.1 Využívanie simulácií

Možnosti používania simulácií je možné realizovať prostredníctvom živého, virtuálneho, konštruktívneho alebo distribuovaného typu simulácie. Výber konkrétneho typu simulácie závisí ako od samotného javu, ktorý má byť simulovaný a spôsobu realizácie cvičenia, tak aj od samotných očakávaných výstupov a záverov, ktoré chcú realizátori simulácie v konečnom dôsledku dosiahnuť.

Autori ako Helmreich, Merritt, Wilhelm 1999 sa domnievajú, že v rámci organizácií môžu všeobecne tréningy založené na simuláciách rozšíriť schopností, zručností, pracovné kompetencie a tímovú spoluprácu manažérskeho tímu v prípade krízovej situácie. Dynamický výcvik založený na simuláciách, ktoré vytvárajú pohlcujúce interaktívne prostredie pre rozvoj a precvičovanie nadobudnutých schopností v simulovanej situácii (Waller 2014). Simulácie vytvárajú zaujímavé možnosti poskytovania vzdelávania v oblasti krízového manažmentu svojou zážitkovou formou, ktorá prepája viaceré zmysly.

Najznámejšie a najbežnejšie sa stretávame so živými simuláciami pri rôznych cvičeniach, napríklad cvičeniach integrovaného záchranného systému alebo vojenských jednotiek, realizovaním reálnej skúšky alebo tréningu. Virtuálne a konštruktívne simulácie, prípadne ich kombinácia v podobe distribuovanej simulácie, sú spájané s novými technológiami. Tieto typy sú populárne a čoraz častejšie využívané v mnohých oblastiach vzdelávania krízových manažérov. Svoje uplatnenie v súčasnosti nachádzajú aj v rámci našich podmienok integrovaním do vzdelávacích osnov na stredných či vysokých školách, vytvárajúc zážitkovú formu vzdelávania u študentov, pripravujúcich na prax.

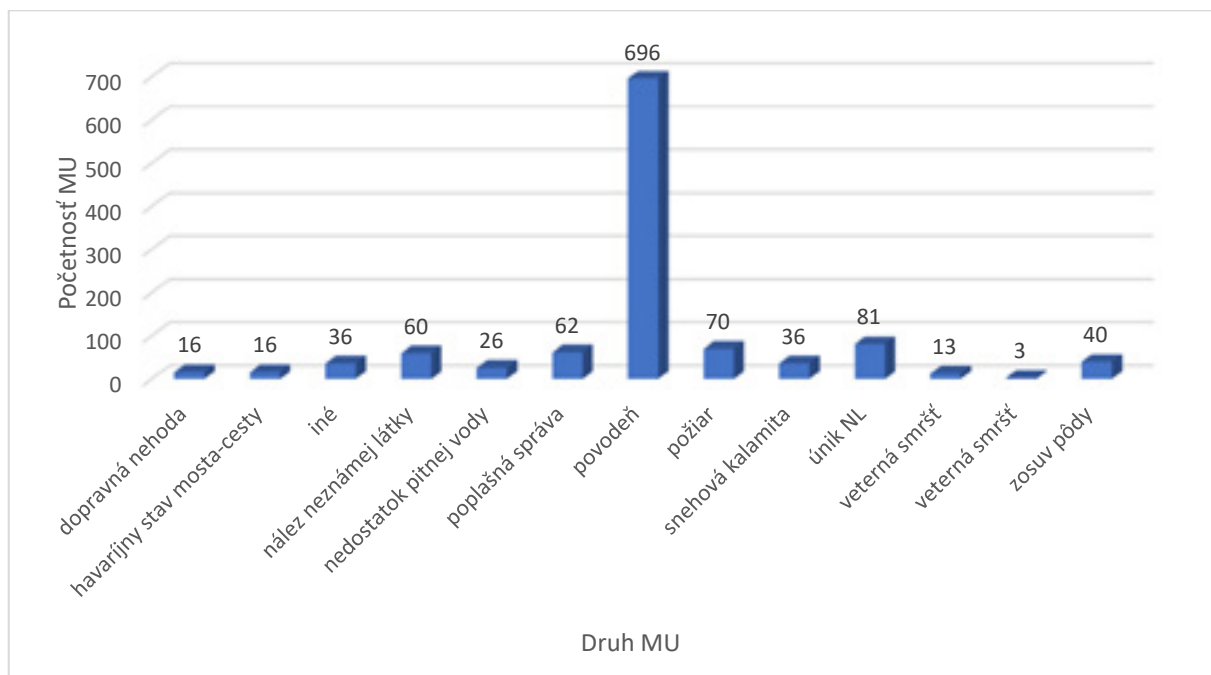
Konštruktívne modelovanie a simulácie poskytujú rozhranie vystupujúce medzi človekom a počítačovo generovaným virtuálnym prostredím. Charakteristická je schopnosť vizualizácie skúmaných javov, produkujúce virtuálne prostredie, na ktoré je viazaná ľudská interakcia sprostredkovaná prostredníctvom softvérových nástrojov, aplikácií a technológií. Dynamické animácie a grafika sa čoraz častejšie stávajú digitálnym ekvivalentom tradičného vzdelávania, formou edukačnej platformy, zapájajúcej vnemy a zmysly (Halúsková 2022, Formanek 2020). Výhodou je opakovateľnosť skúmanej situácie v prípade prípravy, ako i zapájanie viacerých účastníkov alebo len pozorovateľov do prebiehajúcej simulovanej udalosti.

2.2 Možnosti využívania konštruktívnych simulácií v rámci podmienok Slovenskej republiky

S využívaním simulácií, na účely prípravy krízových manažérov, sa v rámci podmienok Slovenskej republiky stretávame zväčša na akademických pôdach stredných a vysokých škôl, či špeciálnych školeniach orientovaných na túto oblasť. Študenti majú možnosť pracovať so zaujímavými softvérmi. Softvéry sa líšia z viacerých hľadísk, ale všeobecne najmä z hľadiska používateľskej dostupnosti. Softvéry sa orientujú na mnohé oblasti od modelovania a simulácie úniku nebezpečných látok, povodní, objektových evakuácií a pod. Mnoho komerčných celosvetovo využívaných softvérov je voľne poskytovaných pre edukačné a vedecké účely na akademických pôdach prípadne v upravených verziách na obmedzené obdobie.

Pri využívaní simulácií pri tréningoch a cvičení založených na ich využívaní je pri každom type simulácie dôležité zvážiť, na ktoré situácie je vhodné vytvoriť model a simuláciu. Obzvlášť ak sa jedná o konštruktívnu alebo virtuálnu simuláciu, z dôvodu zabezpečenia potrebných softvérov, aplikácií a technológií pre ich využívanie.

Graf (Obrázok 1) na základe informácií z Ministerstva vnútra Slovenskej republiky poskytuje prehľad o mimoriadnych udalostiach zaradených do jednotlivých kategórií s informáciou o počte ich výskytu na Slovensku za obdobie posledných troch rokov.



Obrázok 1. Výskyt mimoriadnych udalostí v 2020-2022 na území SR; Zdroj: (Štatistiky 2021, Štatistiky 2022, V roku 2023)

Graf (Obrázok 1) uvádza početnosť MU, ktoré radí do uvedených kategórií ako dopravná nehoda, havarijný stav mosta – cesty, iné, nález neznámej látky a podobne. Z analýzy frekvencie výskytu MU (Obrázok 1) na území Slovenska ako najpočetnejšia mimoriadna udalosť za posledné obdobie rokov 2020-2022 bola povodeň. Časté udalosti boli únik nebezpečnej látky, vznik požiaru, poplašná správa či nález neznámej látky alebo zosuv pôdy a podobne.

Menej časté udalosti zaradené do kategórie iné boli napríklad výbuch plynu, nález munície z 2. svetovej vojny, úhyn rýb, ohrozenie verejného zdravia II alebo kritická dopravná situácia, kritický výskyt komárov, ale aj rôzne ďalšie ojedinelé udalosti (Štatistiky 2021, Štatistiky 2022, V roku 2023). Taktiež do tejto kategórie zaradzujeme aj situáciu okolo pandémie COVID-19, ktorá pôsobila v danom období a vyskytuje sa dodnes.

Predvídateľnosť pri MU je zložitá a ich vznik sa nedá úplne eliminovať. Vzhľadom na výskyt a opakovateľnosť MU na vybranom území, ktorý poskytuje graf (Obrázok 1), je možné sa zamerať na konkrétne typy udalostí, ktoré sa opakujú najviac v podobe prevencie a prípravy študentov, krízových manažérov alebo dotknutých ľudí, v prípade realizácie zásahu. Taktiež je možné absolvovať rôzne tréningy, ako aj tréningy a cvičenia v podobe simulácií. Aj na základe analýzy výskytu MU na Slovensku by ako najvhodnejší typ aplikovanej simulácie bola konštruktívna prípadne virtuálna simulácia alebo ich kombinácia, vďaka flexibilitě jej používania a prispôsobovania konkrétnym podmienkam.

2.2.1 Softvérové nástroje konštruktívnej simulácie

Softvérové produkty podporujúce modelovanie a simuláciu krízových javov, vzhľadom na zvyšujúce sa nároky používateľov a rozvoj technológií. Simulácie majú síce obmedzené možnosti hodnotenia výkonu systému a zohľadňovanie jeho reálnych fyzických častí, ktoré sa vzhľadom na reálny časový vývoj neustále menia, oproti minulosti prinášajú čoraz reálnejší pohľad na situáciu a presnejšie výsledky použiteľné pri krízovom riadení v praxi. Na trhu je dostupných množstvo simulačných softvérov. Simulácie sa špecifikujú na konkrétne oblasti, od simulovania únikov nebezpečných látok, povodní, požiarov, riešenia logistických problémov zásobovania počas pôsobenia konkrétnych krízových javov, či simulovaniu šírenia pandémie alebo evakuácie osôb z ohrozených objektov.

Nasledujúci prehľad (Tabuľka 1) ponúka príklad softvérových nástrojov, ktoré je aj vzhľadom analýzy výskytu MU (Obrázok 1) na Slovensku možné implementovať v procese prevencie, príprava a vzdelávania aktérov krízového riadenia pred alebo počas vzniku krízového javu.

Tabuľka 1. Možné využitie simulačných softvérov podľa výskytu MU na Slovensku

Zameranie na druh MU	Simulačný softvérový nástroj		
Povodeň, záplava	MIKE FLOOD	MIKE+	OpenFlows FLOOD
	MIKE HYDRO River	MIKE21	Flood Modeller
	Flow 3D		
	TUFLOW	SOBEK	FLO-2D Pro
Únik nebezpečnej látky	Aloha	TerEX	Effects
	ROZEX	FLACS-CFD	
Požiar	Fire Fluid Simulation 3	Mantafire Fire Simulation	Fire Dynamics
	FireEx	SimsUshare	CAWFE™
	PyroSim	FLACS-CFD	
Zosuv pôdy, snehová lavína	Flow 3D	DebrisFlow Predictor	ADONIS
	DAW-N		
Vietor, veterná smršť	VORTEX	CFD	

Ďalšie možnosti softvérovej podpory pri príprave, vzhľadom na aktuálne udalosti vo svete a možnostiach aplikovateľnosti v domácich podmienkach by sa mohli týkať oblastí ako simulácie objektivej evakuácie a presunov obrovských nekontrolovateľných davov ľudí, simulácie šírenia pandémie alebo deľby životne dôležitých zdrojov.

3 Záver

V rámci príspevku je rozoberaná téma využívania simulácií zo všeobecného hľadiska, ako aj v rámci realizácie na konkrétne podmienky v rámci Slovenskej republiky.

Okrem analýzy výskytu MU na vybranom území ponúka aj prehľad konkrétnych možností simulačných softvérov, ktoré je možné použiť, či už na účely prevencie a pripravenosti alebo na edukačné účely a výchovu krízových manažérov, schopných čeliť akejkoľvek výzve. Či už ako pozorovateľ alebo priamy účastník simulačného cvičenia založeného na konštruktívnych simuláciách, môže v rámci pôsobenia v konkrétnej organizácii predísť negatívnym stratám budovaním jednak svojej psychickej odolnosti ako i osvojenie si postupov a povinností počas krízového riadenia.

Aj keď je trh so simulačnými softvérmi rozmanitý a ponúka zaujímavé produkty, konštruktívne simulácie sa v praxi používajú veľmi obmedzene. V rámci domácich podmienok je všeobecne známe, že Slovensko voči záväzkom EÚ týkajúcich sa budovania a využívania inteligentných technológií a systémov oproti svojim susedom, vzhľadom na aktuálne trendy, zaostáva. Avšak aj v jeho najlepšom zámere a vzhľadom na možnosti sa snaží o prispievanie k budovaniu vyspelej a bezpečnej strednej Európy na svojom území.

PodĎakovanie

Príspevok vznikol ako súčasť projektu KEGA č. 043ŽU-4/2022 „Implementácia poznatkov zo spoločenských, behaviorálnych a humanitných vedných disciplín do prípravy študentov študijného odboru bezpečnostnej vedy“.

Referencie

- [1] BAZULKA, J., 2013. Využitie modelovania a simulácie v manažmente bezpečnostných rizík. In: *Revue civilnej ochrany*, 2.vydanie. 15 ročník. s. 58. ISSN 1335-4094
- [2] FORMANEK, M., a V. FILIP. 2020. Komparácia moderného a tradičného spôsobu percepcie informácií o vybraných objektoch kultúrneho dedičstva [online]. In: *Slovenský národopis*. č.1, s. 47- 67. ISSN 1339-9357. Dostupné z: <https://www.sav.sk/journals/uploads/03251146etno1-2020-23-03-formanek-filip-hnat.pdf>
- [3] HALÚSKOVÁ, B. 2022. Simulačné nástroje v krízovom riadení na podporu rozhodovania. In: *Medzinárodný vedecký časopis Mladá veda*. ISSN 1339-3189
- [4] MALINDŽÁK, D., 2010. Modely a simulácia v logistike. In: *Acta Montanistica Slovaca*. Roč. 15, mimoriadne č.1, s.1-3. ISSN 1335-1788
- [5] MARTÓN, P., a N. ADAMKO. 2011. *Praktický úvod do modelovania a simulácie*. Žilina: EDIS- vydavateľské centrum ŽU. ISBN 978-80-554-0387-8
- [6] RISTVEJ, J., A. ZAGORECKI a T. RISKÁ. 2015. *Krízový manažment II. – časť 2., Aplikačné softvéry v krízovom manažmente*. 1. vydanie. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline/EDIS- vydavateľské centrum ŽU. s.272. ISBN 978-80-554-1073-9
- [7] *Štatistiky mimoriadnych udalostí za rok 2020*. 2021. [online]. Ministerstvo vnútra SR. Dostupné z: https://www.minv.sk/swift_data/source/images/skr-mimoriadne-udalosti-2020-prehľad.pdf
- [8] *Štatistiky mimoriadnych udalostí za rok 2021*. 2022. [online]. Ministerstvo vnútra SR. Dostupné z: <https://www.minv.sk/?tlacove-spravy&sprava=zachranne-zlozky-v-roku-2021-asistovali-pri-400-mimoriadnych-udalostiach>
- [9] *V roku 2022 Slovensko čelilo 222 mimoriadnym udalostiam, mimoriadna situácia bola vyhlásená v 102 prípadoch*, 2023. [online]. Ministerstvo vnútra SR. Dostupné z: <https://www.minv.sk/?tlacove-spravy-7&sprava=v-roku-2022-slovensko-celilo-222-mimoriadnym-udalostiam-mimoriadna-situacia-bola-vyhlasena-v-102-pripadoch>
- [10] WALLER, M., LEI, Z., AND PRATTEN, R., 2014. Focusing on Teams in Crisis Management Education: An Integration and Simulation - Based Approach. In: *Academy of Management Learning & Education*, Vol. 13, No. 2, 208-221. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.5465/amle.2012.0337>

Comparison of Confined Space Fire Simulation with the Standard Calculation

Dorota Hodúlová¹, Stanislava Gašpercová², Miroslava Vandlíčková³

¹ Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva,
1. mája 32, 010 26 Žilina, dorota.hodulova@uniza.sk

² Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva,
1. mája 32, 010 26 Žilina, stanislava.gaspercova@uniza.sk

³ Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva,
1. mája 32, 010 26 Žilina, miroslava.vandlickova@uniza.sk

Abstract:

Confined space fires are a long-standing research issue in the field of fire engineering, which we are increasingly able to manage thanks to scientific advances and the development of modelling tools. The CFAST modelling tool is a two-zone fire simulation model for tracking the movement of combustion products in a confined space. Each room of the simulation program is divided into two layers with a uniform ambient temperature and gas concentration for each layer separately. The evolution of these variables is described by a set of differential equations operating based on the conservation of mass and energy. The international standard ISO 16735, which focuses on the calculation of the characteristics of smoke layers produced by fire in a confined space, also works based on this principle. This paper focuses on modelling five simulations in three model scenarios with different venting conditions. The model scenarios are based on the international standard ISO 16735, to which calculations are developed to track the characteristics of the smoke plume in a confined space, namely the temperature values and the smoke plume interface height. The paper aims to compare the results of CFAST simulations with the calculations according to the ISO 16735 standard for fire simulations and to analyse them.

Keywords: Confined space fires, CFAST, ISO 16735, Smoke layer temperature, Smoke layer height.

1 Introduction

Every year, fires cause high levels of damage to property, human life and health, and directly affect the environment and the social environment. With the development of new fire protection practices, the number of fires in confined spaces has nevertheless remained approximately the same as in previous periods (Table 1). The occurrence of a fire in a confined space is conditioned by various parameters that can either limit or intensify. Therefore, the course of a fire, its consequences and its causes have been the subject of long-term research. For this reason, it is necessary to have ever more modern and effective elements of prevention, including computer models of fire, which, thanks to scientific progress and the development of computer technology, are coming to the fore and are a common part of the field of fire engineering.

Table 1. Fire analysis in Slovakia 2016-2020 [1]

	Total	In confined spaces			
	Number of fires per year	Number of fires per year	Direct damages (€)	Deceased persons	Injured persons
2016	8 407	2 828	25 582 075	50	170
2017	10 312	2 910	22 346 825	48	193
2018	8 973	2 811	31 538 685	44	173
2019	9 304	2 629	24 478 495	37	250
2020	8 356	2 640	36 506 085	46	188

2 Fire models

According to STN (Slovak Technical Standard), a fire model is a design fire, based on a limited area of application of specific physical parameters. It is used for designing fire safety of buildings, assessing the possibility of evacuation of the building, creating designs for smoke and heat extraction devices, designing the location of fire detectors, investigating the causes of fire and its course, and risk analysis of the building or operation. The distribution of fire models is shown in Figure 1 [2, 3].

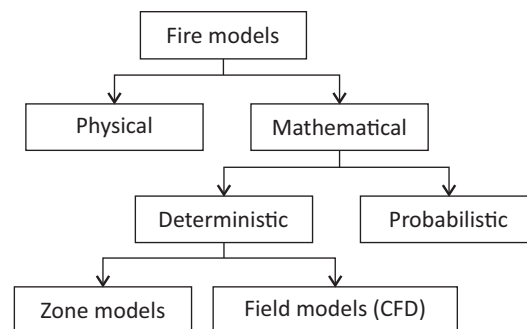


Figure 1. Distribution of fire models [4]

The building environment in which a fire is located is complex and all knowledge of fire behaviour is obtained by simple constructs using zonal models. Such models idealize the space based on the division of the room into single or multiple zones with unique conditions. In a two-zone model, the space is divided into two layers, where the upper layer is filled with hot combustion gases and the lower layer is filled with ambient air.

CFAST (Consolidated Model of Fire and Smoke Transport) is a two-zone model for modelling fires and tracking the movement of combustion products in a confined space. The model is one of the simpler models as each room affected by the fire is divided into layers, an upper and a lower layer. Each layer is idealized and has a uniform temperature. The evolution of these layers is described by a set of differential equations that are derived from the fundamental laws of conservation of mass and energy [5].

The outputs of CFAST are the variables that are needed to assess the environment of the building in which the fire is located. When the simulation is complete, CFAST produces an output file containing all the solution variables. Typical model outputs are [6]:

- Room environmental conditions produced by the simulation such as hot smoke layer temperature, hot smoke layer interface height, oxygen and smoke concentration in the room, ceiling, wall and floor temperature.

- Outputs related to heat transfer to walls and simulation targets, e.g.: conventional, radiative and total heat fluxes.
- Fire intensity and flame height.
- Flow velocities through the ventilation openings.
- Detector and sprinkler activation times.

3 ISO 16735

ISO 16735 is an international standard which contains a set of requirements governing the use of algebraic equations for the calculation of the specific characteristics of smoke plumes formed by fire below ceiling boundaries in confined space fires. These characteristics include the calculation of interface positions, average temperatures, and average concentrations of special chemical species contained in smoke plumes [7].

The smoke is assumed to form a layer of relatively uniform temperature and species concentration, and the average values of temperature, smoke concentration, and interface positions are calculated based on the principles of mass, species, and energy conservation applied to the smoke layer. These computational methods are based on the principles of conservation of mass species and energy applied to the smoke layer as a thermodynamic control volume [7].

Based on the standard, there are 3 types of calculations of the specific characteristics of smoke layers according to the ability to ventilate the room during a fire:

1. Confined space smoke filling process

In this process, the enclosed space is filled with smoke until the smoke layer interface drops to the top edge of the vertical opening used to supply air into the room, as shown in Figure 2. The smoke then begins to escape out of the room and fresh air enters the room. The height of the smoke layer z shall be calculated by the ISO 16735 procedure so that the flue gas stream accumulates in the upper layer and has a uniform density. The temperature of the smoke layer T_s shall be calculated by the ISO 16735 procedure so that the heat released by the fire is used to heat the smoke layer volume. Heat absorption by the structure is neglected [7].

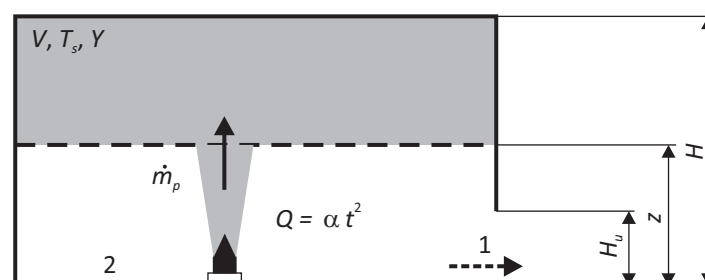


Figure 2. Confined space smoke filling process [7]

1 - excess air due to thermal expansion; 2 - floor area of the room; H - room height (m); H_u - height of the upper boundary of the opening (m); \dot{m}_p - mass flow rate of gases entering the smoke layer ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$); Q - rate of heat release from the fire source (kW); t - time (s); T_s - temperature of the smoke layer (K); V - volumetric flow rate of combustion products through the mechanical ventilation ($\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$); Y - concentration of specific chemical elements ($\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$); z - interface height above the fire source (m); α - fire growth rate ($\text{kW}\cdot\text{s}^{-2}$)

2. The process of smoke control in the room by mechanical ventilation

In this process, during the smoke filling phase, the amount of smoke produced is controlled by a mechanical ventilation system, as shown in Figure 3. The properties of the smoke layer are calculated by a steady-state balance between the rate of generation of new combustion products and the rate of venting of these products by ventilation. To calculate the smoke layer interface height z , the smoke layer density must be known, which may be entered into the calculation by estimation or calculated according to ISO 16735. The smoke layer temperature T_s is calculated according to ISO 16735 such that the flue gas heat flux flowing into the smoke layer is equal to the sum of the heat losses due to ventilation and heat absorption by the structure [7].

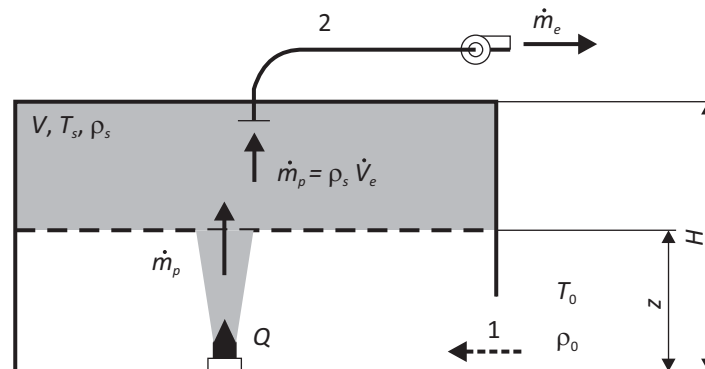


Figure 3. The process of smoke control in the room by mechanical ventilation

1 - incoming air; 2 - mechanical ventilation; \dot{m}_e - mass flow rate of smoke leaving the room ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$);
 T_0 - reference temperature, often measured by the outside environment (K); ρ_0 - air density in the reference state ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$);
 ρ_s - smoke density ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$); Other quantities - see Figure 2

3. Process of smoke control in the room by natural ventilation

In the process, the smoke is removed from the room during its formation by natural ventilation in the ceiling structure, as shown in Figure 4. The properties of the smoke layer are calculated by the equilibrium state of the heat and mass generated according to ISO 16735 [7].

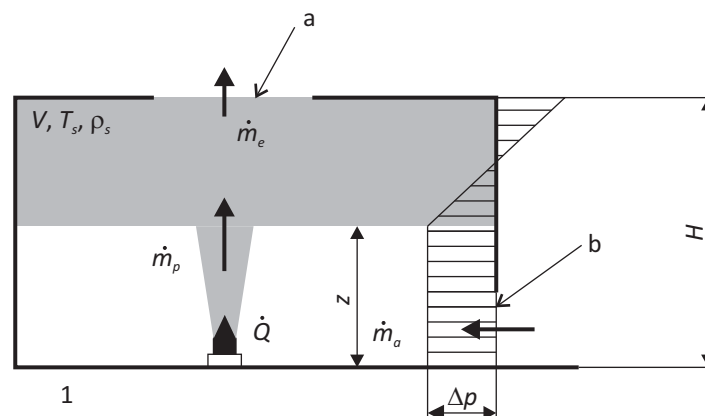


Figure 4. Process of smoke control in the room by natural ventilation [7]

1 - floor area of the room; a - area of the smoke outlet; b - area of the opening for fresh air intake; \dot{m}_a - mass flow rate of air entering the room ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$); Δp - pressure difference (Pa); Other quantities - see Figure 2. and Figure 3

The paper aims to create 5 scenarios of a computer model of fire for each of the three types of ventilation in the room in which the fire is located. Adequate to the models, the temperature and height of the smoke layer interface will be calculated by the procedure given in ISO 16735. Finally, the data obtained by the model and the standard calculation will be compared and conclusions will be drawn from the analysis of the results.

4 Modelling methodology

Three rooms of equal dimensions were chosen as the simulated space, and each room was given different ventilation openings of forced ventilation or natural ventilation in the vertical and horizontal directions. During the different types of simulations, the fire development rate coefficient α , the amount of volume of fumes vented through the forced ventilation V_e and the size of the opening in the ceiling for the natural ventilation A_{vent} were varied.

CFAST does not have predefined materials to use during the simulation, so the materials used in the models need to be defined by thermal properties such as thermal conductivity, specific heat, density, thickness and emissivity, i.e. the fraction of radiation. In the modelled scenarios, one material was used to create the walls, floors and ceilings, namely concrete, whose necessary thermo-technical properties for modelling are available in Table 2 [5, 8].

Table 2. Thermo-technical properties of concrete [8]

Thermal conductivity	0,00123 kW.(m.°C) ⁻¹
Specific heat	1,02 kJ.(kg.°C) ⁻¹
Density	2 000 kg.m ⁻³
Thickness	0,2 m
Emissivity	0,94 (-)

Each scenario modelled has the same initial simulation parameters, which are a simulation duration of 80 seconds, an outdoor temperature of 20 °C at an atmospheric pressure of 101 325 Pa and an indoor temperature of 20 °C with a humidity of 50 %. The model scenarios consist of a single room of 12x10 metres with a height of 10 metres. There is always one opening in the room connecting the room to the outside environment of 2x10 metres. The opening is located in the lower right part of the room wall and is used to supply air during a fire. The room does not contain any fire detection or sprinklers to extinguish the fire. The fire simulation is placed exactly in the centre of the room with the start of burning at 0 seconds with an initial area of 0,001 m² that increases with time. For each model scenario, 5 fire simulations were created. Figure 5 shows the rooms of each model scenario during the simulations.

1. Model scenario 1

In the first model scenario, the fire development rate coefficient α changes. The first value of the fire growth rate coefficient entered is 0,00293 kW.m⁻², which represents the slow fire growth rate. Gradually, the fire growth rate coefficient increases until the last value entered is 0,1876 kW.m⁻², which is a very fast fire growth rate.

2. Model scenario 2

Model scenario 2 represents 5 fire simulations in which the performance of the forced ventilation located in the ceiling part of the structure increases and thus the volume of the vented fumes V_e increases. By increasing the amount of vented combustion products, the amount of combustion products in the room is gradually reduced during the fire, until the amount of released combustion products and the amount of vented

combustion products equilibrate and the hot smoke layer settles. During the simulations, there is no change in the fire development rate coefficient and the heat release rate is constant with $Q = 400$ kW.

3. Model scenario 3

In this model, there is an opening in the ceiling part of the structure for the removal of combustion products by natural ventilation. During the simulations, the area of this A_{vent} vent changes. The size of the opening for the first fire is 2 m^2 , which is the smallest value entered, while the largest value entered is 4 m^2 . As the area of the opening increases, the amount of flue gases vented increases and at the same time, the amount of flue gases in the room decreases until the number of flue gases released and vented equilibrates and the hot smoke layer has settled. There is no change in the fire development rate coefficient during the simulation and therefore the heat release rate with $Q = 400$ kW is constant.

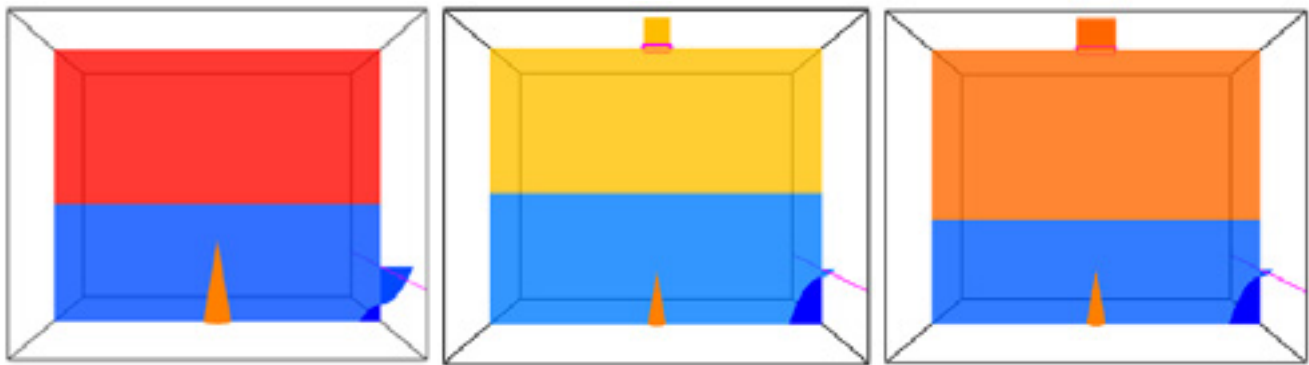


Figure 5. Model scenario rooms during simulations (Model scenario 1 on the left, Model scenario 2 in the middle, Model scenario on the right)

5 Results and discussion

In each of the above model scenarios, 5 fire simulations were created, the outputs of which we compared the height of the smoke layer and the temperature of this smoke layer with the results of the calculations according to ISO 16735.

1. Model scenario 1

In model scenario 1, the fire development rate coefficient α was changed. A gradual increase in this coefficient led to a decrease in the smoke layer interface height and an increase in the smoke layer temperature. There was no opening in the room except for the air inlet, which meant that the combustion products had nowhere to escape. As the combustion products were hot and rising upwards, they began to slowly accumulate under the ceiling of the room. As the rate of fire development increased, the number of combustion products released also increased, thus gradually reducing the smoke layer from the floor level. The accumulation of a large number of combustion products under the ceiling started to change its temperature with an increasing tendency. The difference between the values obtained according to ISO 16735 and CFAST gradually widens with increasing α . The results of the different approaches and their percentage comparison are shown in Table 3.

Table 3. Results of model scenario 1

Model scenario 1	Coefficient of fire development rate α (kW.m ⁻²)	Smoke layer interface height z (m)			Smoke layer temperature T_s (°C)		
		ISO 16735 calculation	CFAST	Difference in results (%)	ISO 16735 calculation	CFAST	Difference in results (%)
Simulation 1	0,00293	7,44	7,94	6,3	21,08	20,95	0,62
Simulation 2	0,01172	6,4	7,16	10,61	23,09	22,24	3,68
Simulation 3	0,0469	5,18	5,88	11,9	29,23	26,31	9,99
Simulation 4	0,06	4,95	5,63	12,08	31,28	27,66	11,57
Simulation 5	0,1876	3,9	4,35	10,34	49,17	39,36	19,95

2. Model scenario 2

In model scenario 2, the volume of vented combustion products was altered by mechanical ventilation located in the ceiling of the structure. The calculations were performed assuming that the mechanical ventilation was in operation from the first moment of combustion initiation. The fire generated a hot flue gas stream rising to the ceiling of the room where it was vented. The combustion products that were not ventilated began to accumulate under the ceiling and gradually descended, forming a smoke layer. In the five simulations, the amount of vented combustion products were gradually increased, increasing the height of the smoke layer and decreasing its temperature. The results of the model scenario are shown in Table 4.

Table 4. Results of model scenario 2

Model scenario 1	Vented fume volume V_e (m ³ .s ⁻¹)	Smoke layer interface height z (m)			Smoke layer temperature T_s (°C)		
		ISO 16735 calculation	CFAST	Difference in results (%)	ISO 16735 calculation	CFAST	Difference in results (%)
Simulation 1	5	4,34	4,75	8,63	38,89	41,46	6,2
Simulation 2	6	4,86	5,32	8,65	37,24	39,98	6,85
Simulation 3	7	5,34	5,85	8,72	36,14	38,61	6,4
Simulation 4	8	5,8	6,34	8,52	35,34	37,37	5,43
Simulation 5	9	6,23	6,81	8,52	34,75	36,25	4,14

3. Model scenario 3

During the simulations of the third scenario, the combustion products were vented using natural ventilation created by an opening in the ceiling of the room. This opening was open from the start of the fire with constant output. As the fire output was very high, the opening was not able to vent all the combustion products and a descending smoke layer started to form. As the opening was enlarged, more smoke was vented and the smoke layer rose. The smaller amount of smoke in the space caused the temperature of the smoke layer to decrease. The results of model scenario 3 are shown in Table 5.

Table 5. Results of model scenario 3

Model scenario 1	Avent ceiling opening area (m ²)	Smoke layer interface height z (m)			Smoke layer temperature T _s (°C)		
		ISO 16735 calculation	CFAST	Difference in results (%)	ISO 16735 calculation	CFAST	Difference in results (%)
Simulation 1	2	3,49	3,63	3,86	40,63	51,35	20,88
Simulation 2	2,5	3,98	4,04	1,49	40,77	49,81	18,15
Simulation 3	3	4,31	4,38	1,6	40,79	48,42	15,76
Simulation 4	3,5	4,59	4,65	1,29	40,78	47,24	13,67
Simulation 5	4	4,84	4,65	3,93	40,74	42,24	3,55

The paper focused on the comparison of results from the three model scenarios investigated between the CFAST program and the ISO 16735 calculation equations. For the tables with the resulting values, the differences in the results in percentages were calculated. Based on these values we can see the magnitude of the differences in the calculations in each case. For the model scenario where there was a change in the fire development rate coefficient, we can see that the magnitude of the differences is increasing in proportion to the increase in the fire development rate coefficient. For the smoke layer height, the difference in results at the lowest value $\alpha = 0,00293 \text{ kW.m}^{-2}$ is 6,3 % and at the highest value, $\alpha = 0,1876 \text{ kW.m}^{-2}$ is 10,34 %. Similarly, for the smoke layer temperature, the smallest difference is 0,62 % and the largest difference is 19,95 %. In the model scenario with a change in the amount of vented combustion products, the differences between the calculations in the smoke layer height and its temperature are more constant. The smoke layer height results have a difference of about 8,5 % in all measurements and in the smoke layer temperature results the difference is 4 %-6 % with a decreasing trend. In the last scenario, where there was a change in the area of the opening in the ceiling part of the structure, the differences in the smoke layer height were split into two parts. The first and last simulation has a difference of approximately 3,9 % and the remaining simulations approximately 1,5 %. There is a decreasing difference in the smoke layer temperature results as the opening area increases. The largest difference is observed for a 2 m² aperture area of 20,88 % and the smallest difference for a 4 m² aperture area of 3,55 %.

6 Conclusion

Based on the results obtained, it is not possible to determine which of the methods of obtaining the smoke layer temperatures and heights is more accurate. From a fire safety point of view, it is preferable to use the calculation formulae according to ISO 16735, since all the scenarios evaluated are overestimated according to the calculations of the international standard ISO 16735, which is on the side of safety during a fire. To obtain more accurate results, it is preferable to use CFAST, as it uses a so-called stepwise calculation system, which is more accurate compared to the simplified method of using the ISO 16735 derived formulae, the so-called approximation.

In the context of fire safety and evacuation of people, it is most effective to use mechanical ventilation to extract combustion products during a fire with our selected power $Q = 400 \text{ kW}$ ($\alpha = 0,0625 \text{ kW.m}^{-2}$), since even at the smallest ventilation volume, 5 m³.s⁻¹, the height of the smoke layer in the room is highest from the floor at 4,34 meters for the calculation according to ISO 16735 and at 4,75 meters for the CFAST program. At this smoke layer height, people could easily leave the fire scene without endangering their lives. Also, the smoke layer temperature for model scenario 2 reaches the lowest values for this fire performance with the least amount of vented combustion products, namely 38,89 °C for the ISO 16735 calculations and 41,46 °C for the CFAST program. The best results are achieved by this model scenario not only for the smallest amount of vented combustion products but for all five simulations.

References

- [1] *Rozbor požiarovosti 2016-2020 - Štatistika požiarovosti na Slovensku, 2021* [online]. Požiarnotechnický a expertízny ústav MV SR [cit. 2021-09-16]. Dostupné z: <https://www.minv.sk/?statistika-poziarovosti-na-slovensku-2>
- [2] STN EN 1991-1-2, 2007. STN EN 1991-1-2 (73 0035): 2007: Eurokód 1. Zaťaženia konštrukcií. Časť 1-2: Všeobecné zaťaženia. Zaťaženia konštrukcií namáhaných požiarom
- [3] KAČÍKOVÁ, D., 2013 [online]. *Dynamika požiaru* [cit. 2021-10-09]. Dostupné z: http://www.gitech.sk/fire/images/dokumenty/Dynamika_poziaru.pdf
- [4] COTE, A.E. (Ed.), 2003. *Fire protection handbook*, 19. ed. National Fire Protection Association, Quincy, Mass
- [5] PEACOCK, D., P. RENEKE and G. FORNEY, 2019. *CFAST – Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport (Version 7)* [online]. NIST – National Institute of Standards and Technology [cit. 2019-10-25]. Dostupné z: file:///C:/Users/User/Downloads/Users_Guide.pdf
- [6] PEACOCK, D., K. MCGRATTAN, G. FORNEY and P. RENEKE, 2015. *CFAST – Consolidated Fire and Smoke Transport (Version 7)* [online]. NIST – National Institute of Standards and Technology [cit. 2019-10-25]. Dostupné z: <https://nvlpubs.nist.gov/NISTPUBS/TECHNICALNOTES/NIST.TN.1889V1.PDF>
- [7] ISO 16735, 2006. ISO 16735:2006. Fire safety engineering – Requirements governing algebraic equations – Smoke layers
- [8] *Hodnoty fyzikálnych veličín vybraných stavebných materiálov - TZB-info* [online], n.d. URL <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/58-hodnoty-fyzikalnich-velicin-vybranych-stavebnich-materialu>

Přístupy k posilování resilience kritických subjektů

Heidi Janečková¹

¹ VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství,
Lumírova 13, 700 30 Ostrava - Výškovice, heidi.janeckova@vsb.cz

Abstrakt:

V důsledku rostoucí komplexity antropogenních či naturogenních hrozeb a jejich stupňujícím se dopadům na základní služby státu je kladen stále větší důraz na ochranu kritické infrastruktury. Za účelem ochrany prvků kritické infrastruktury a ochrany jejich subjektů, jež tyto prvky vlastní či provozují, tak značně vzrůstá pozornost o problematiku resilience. V kontextu této problematiky se tak do popředí dostává zejména zájem o koncept, jež směřuje k jejímu posilování. Z tohoto důvodu je cílem článku poskytnout přehled možných přístupů, jež lze využít k posilování resilience kritických subjektů.

Klíčová slova: kritický subjekt, posilování resilience, přístupy.

1 Úvod

Lidská populace je již od nepaměti vystavována možným antropogenním či naturogenním hrozbám, jejichž dopady se v důsledku vývinu nových technologií a narůstající urbanizaci stále stupňují. Dopady těchto hrozeb však mohou dosáhnout markantních rozměrů. Zejména v kontextu kritické infrastruktury mohou tyto hrozby vyvolat závažné hospodářské a společenské dopady, které dokážou negativně ovlivnit poskytování základních služeb státu [1].

Kritická infrastruktura představuje různá aktiva, zařízení, vybavení, síť nebo systémy, které jsou vzájemně provázány napříč různými odvětvími a pododvětvími [1]. Z tohoto důvodu tak dané hrozby dokážou vlivem kaskádních či synergických dopadů způsobit narušení či selhání více odvětví v systémech kritické infrastruktury [2].

Aby bylo možné předcházet možným poruchám nebo selháním funkčnosti systému, je nezbytné docílit snížení zranitelnosti. Za tímto účelem lze tak využít konceptu resilience, který představuje jeden z možných přístupů využitelných nejen k ochraně prvků kritické infrastruktury, ale také k ochraně jejich vlastníků či provozovatelů, tzn. ochraně kritických subjektů. Na tuto skutečnost upozorňuje také nová směrnice o odolnosti kritických subjektů a o zrušení směrnice Rady 2008/114/ES [1], jež byla přijata koncem roku 2022.

Za účelem snížení zranitelnosti, resp. zvýšení resilience je však nutné věnovat pozornost jejím jednotlivým determinujícím komponentům, jimiž jsou: rezistence, robustnost, obnovitelnost a adaptabilita. Posilování resilience kritických subjektů by tak mělo být založeno nejen na posilování resilience samotného kritického subjektu, tzn. organizační resilience, ale také na posilování technické resilience, jež je převážně zaměřena na posílení jeho prvků. Jelikož obě tyto oblasti představují základní stavební kameny k posílení resilience kritických subjektů, je cílem článku definovat vhodné přístupy k posílení technické a organizační resilience.

2 Resilience v systému kritické infrastruktury

Termín resilience je využíván napříč různými vědními obory. Z tohoto důvodu tak doposud neexistuje jeho jednotná definice. V rámci psychologie resilience vyjadřuje psychickou odolnost či houževnatost člověka, navzdory biologickým, psychologickým a psychosociálním rizikům [3]. V oboru strojírenství je však termín resilience vykládán jako vlastnost daného materiálu, případně jako množství deformační energie, jež může být uložena ve struktuře bez důsledku trvalého poškození [4].

V kontextu kritické infrastruktury je termín resilience možné determinovat, jak schopnost snížit velikost a/nebo dobu trvání rušivé události [5]. Dle autorů Řehák et al. [6] se tak jedná o schopnost prvku spojenou s absorpcí, adaptací a obnovením činnosti. Dále lze termín resilience determinovat jako schopnost kritického subjektu, tzn. schopnost předcházet incidentům, chránit se před těmito incidenty, reagovat na ně, odolávat jim, zmírňovat a absorbovat je, přizpůsobovat se jim a zotavit se z nich [1].

2.1 Komponenty technické resilience

Technické resilience představuje oblast technologické a fyzické ochrany prvků, která je determinována třemi komponenty, tj. rezistencí, robustností a obnovitelností.

V kontextu kritické infrastruktury rezistence představuje schopnost prvku zabránit výskytu rušivé události za pomoci preventivních opatření, která určují strukturální odolnost a odolnost při ochraně prvku [7]. První proměnnou rezistence představuje krizová připravenost, jež je definována jako soubor opatření sloužící ke zvýšení připravenosti prvku nebo subjektu [8]. Pro zajištění krizové připravenosti jsou v praxi používány bezpečnostní plány, kterými může být např. plán krizové připravenosti subjektu kritické infrastruktury [9]. Druhou proměnnou představuje schopnost předvídat. Jedná se o schopnost subjektu kritické infrastruktury predikovat možný vznik nežádoucí události, kdy vzniklý časový interval lze využít k implementaci dalších preventivních opatření. Předposlední determinující proměnnou je fyzická rezistence, resp. strukturální robustnost staveb a použitých technologií, které svou materiálovou a konstrukční odolností odolávají negativním účinkům působení naturogenních, antropogenních a technogenních hrozeb, a tím zabraňují vzniku nežádoucích událostí. Poslední proměnnou rezistence jsou tzv. bezpečnostní opatření, která lze definovat jako soubor technických a organizačních opatření pro monitoring a fyzickou ochranu prvků. [10]

Robustnost je možné definovat podle dokumentu NIAC [5] jako schopnost prvku absorbovat působení dopadů nežádoucí události a obnovitelnost jako rychlé zotavení systému za předpokladu nízkých nákladů. První proměnnou robustnosti je redundance. V obecném slova smyslu termín vyjadřuje nadbytečnost či rezervu [11]. Ve smyslu kritické infrastruktury lze termín chápat jako schopnost okamžité substituce výkonu narušené části prvku nebo posilování jeho kapacity. Robustnost je dále determinována schopností detekce, tj. pravděpodobnost nebo čas rozpoznání nežádoucí události. Poslední proměnnou je reakceschopnost, která vyjadřuje pravděpodobnost či čas zásahu směřujícího k eliminaci příčin nežádoucí události anebo minimalizaci následků. [10]

Poslední komponentou, jež determinuje oblast technické resilience, představuje obnovitelnost. V kontextu kritické infrastruktury lze tento termín vykládat jako opravitelnost, tzn. opravu nebo náhradu poškozených/zničených komponent prvku. Tak jako výše zmíněné komponenty, tak i obnovitelnost je utvářena určitými proměnnými. Jedná se o materiální zdroje, které jsou utvářeny dostupnými, potřebnými komponenty, jež jsou využitelné k realizaci opravy či náhrady poškozených anebo zničených částí prvků. Další proměnnou představují finanční zdroje, jež představují rezervy umožňující financovat rychlou obnovu prvku. Kromě výše uvedených proměnných je obnovitelnost dále determinována proměnnými v podobě lidských zdrojů a procesu obnovy, jež vyjadřuje rychlou obnovu požadovaného výkonu prvku. [10]

2.2 Komponenty organizační resilience

Oproti technické resilience je organizační resilience determinována pouze jednou komponentou, a to adaptabilitou. Tu lze definovat jako schopnost kritického subjektu připravit prvek na možné opětované působení nežádoucí události, které v minulosti již proběhla. [10]

Adaptabilita je dle autorů Řehák et al. [10] determinována celkem třemi proměnnými. První proměnnou představuje management rizik, jenž vychází z ISO 31000 [12]. Předposlední proměnnou, kterou je adaptabilita utvářena představují inovační procesy organizace. Jedná se zejména o inovace, jež jsou zaměřeny na spolehlivost a vnější zabezpečení používaných technologií, tzn. inovace procesní a organizační. Poslední proměnnou jsou tzv. vzdělávací a rozvojové procesy, mezi které lze zařadit dlouhodobé vzdělávání, zahraniční studijní pobyty, rozvoj dovedností (soft skills), odborné školení či výcvik personálu. [10]

3 Přístupy posilování resilience kritických subjektů

Aby bylo možné předcházet možným dopadům na základní služby státu, je nezbytné docílit snížení zranitelnosti kritických subjektů, resp. posilovat jejich resilienci. Za tímto účelem je možné využít různé přístupy, jež je možné členit na ty, které jsou založeny na potřebě spolupráce subjektů s externími činiteli či ty, které vycházejí z oblasti organizační anebo technické resilience.

O potřebě spolupráce s externími činiteli za účelem posilování resilience kritických subjektů hovoří několik odborných publikací. Jako příklad lze uvést publikaci *Boosting Resilience through Innovative Risk Governance* [13], která vybízí ke spolupráci soukromého a veřejného sektoru či dokument *After Hurricane Sandy: Time to Learn and Implement the Lessons in Preparedness, Response, and Resilience* [14].

V kontextu posilování organizační resilience lze zaujmout mnoho přístupů, které vychází jak z odborných publikací, tak technických norem. Za účelem vybudování agilní, koordinované organizace lze tak zaujmout např. přístup autorů Walker et al. [15], jež je založen na souladu organizační a personální roviny, tzn. samotná oblast personální resilience, jež je závislá nejen na osobních vlastnostech jedince, ale také na vlivu pracovního prostředí (styl vedení či kultura organizace), je nedostačující pro budování adaptivní resilience.

Obdobný přístup, jež je založen na principu víceúrovňového rámce přináší autoři Tasica et al. [16], kteří poukazují na možnost posilování organizační resilience na třech úrovních. První úroveň, tj. individuální úroveň resilience je zakotvena v souboru znalostí, dovedností a schopností, na jejichž základě si jednotlivci mohou vyvinout kognitivní, behaviorální, emocionální a vztahové schopnosti, aby mohli lépe předvídat nepříznivé události a reagovat na ně [17]. Druhou úroveň, jež taktéž spadá do vnitřního kontextu organizace představuje organizační úroveň. Tato úroveň je spjata zejména s organizační kulturou, strukturou a technologií organizace. Poslední úroveň, na níž lze posilovat organizační resilienci je tzv. úroveň prostředí. V rámci této úrovně je kladen důraz na spolupráci a kladné vztahy se zainteresovanými stranami (např. vláda, průmyslové orgány, média), jelikož naslouchání jejich obavám umožňuje včasnou detekci signálů a prevenci potencionálních krizí [18].

Z oblasti technických norem lze zmínit zejména normu ASIS SPC.1 [19], jež klade důraz na proaktivní řízení rizik a podnikání na podporu procesu prevence, ochrany, připravenosti, zmírňování reakce, continuity a zotavení z nežádoucích a rušivých událostí. Jako další příklad lze uvést normu ISO 22316 [20], v rámci které jsou stanoveny zásady a identifikovány možné atributy, kterým jsou např. pochopení a ovlivnění kontextu, efektivní vedení či neustálé zlepšování.

Kromě výše uvedených přístupů, existují také přístupy, které se zabývají posilováním technické resilience. Jedním z dokumentů, jenž je využitelným pro posilování technické resilience je Bílá kniha, jež je výsledkem pěti projektů DRS-7 [21]. Kniha se ve svém obsahu zaměřuje na tvoření politik a poskytuje přehled základních konceptů, metod a technik ke zvýšení resilience.

Oblastí posilování technické resilience v kontextu dopravy, resp. železničního provozu se zabývají např. autoři Silla et al. [22]. Ti se zabývali zlepšením resilience železničního provozu vůči třem naturogenním hrozbám, kterými jsou silný déšť, vichřice a hrozby spojeny s nízkými teplotami. Na základě poučení se z předchozích událostí tak autory byla navržena opatření pro posilování resilience, resp. oblasti fyzické infrastruktury, jež mají zmírnit dopady vzniklé výše uvedenými meteorologickými vlivy. O posilování resilience dopravy hovoří také studie vydána v roce 2017 [23]. Jednou z jejich osmi strategií sloužící k dosažení (posilování) resilience je například přidání redundance do systému. Další strategie jsou dále pak zaměřeny kupříkladu na substituci komponent či prioritní přístup ke kritickým zdrojům.

Jako další možný přístup k posílení resilience kritických subjektů lze uvést přístup, který je založen na modelování současných i budoucích následků. Tento přístup spočívá v modelování možných kaskádních dopadů, resp. k zachycení funkčních závislostí jež se vyskytují napříč různými odvětvími kritické infrastruktury. Na základě principu tohoto modelu je tak možné mimo porozumění kaskádním dopadům porovnávat také různé způsoby zvyšování resilience. [24]

V souvislosti s posilováním resilience kritických subjektů lze dále využít přístup, jenž je založen na řízení rizik. K řízení rizik je dle ICOR [25] možné využít celkem dvanáct disciplín, které korespondují jak s organizační, tak i technickou resiliencí. Jedná se tak např. o kontinuitu podnikání, která identifikuje potencionální hrozby pro organizaci, krizové řízení a komunikace, jež se zaměřuje na strategie a komunikaci se zainteresovanými stranami či kontinuita informačních a komunikačních technologií, které řeší potřebu organizací chránit své technologie a telekomunikační systémy a minimalizovat dopad narušení.

6 Závěr

Narůstající komplexita hrozeb představuje závažné dopady na základní služby státu, resp. na kritické subjekty a jejich infrastrukturu. Za účelem jejich ochrany je tak nezbytné přijmout přístup, který spočívá v posilování jejich resilience. Posilování resilience kritických subjektů představuje složitý proces, jenž se odvíjí na základě přístupu zvoleného kritickým subjektem. Výzkumnou otázkou však zůstává, jaký přístup by měli kritické subjekty přijmout.

Jelikož se kvalita základních služeb státu odvíjí od jednotlivých kritických subjektů a jejich infrastruktur, je zapotřebí aby kritické subjekty přijaly komplexní přístup, jenž bude zohledňovat jak problematiku organizační, tak i technické resilience. Z tohoto důvodu článek definuje možné přístupy z obou oblastí resilience, které je možné využít k posilování resilience kritických subjektů.

Poděkování

Tento výzkum byl podpořen VŠB – Technická univerzita Ostrava v rámci projektu SP2023/086 „Výzkum metod a nástrojů posilování resilience subjektů kritické infrastruktury“.

Reference

- [1] Directive (EU) 2022/2557 of the European Parliament and of the Council of 14 December 2022 on the resilience of critical entities and repealing Council Directive 2008/114/EC
- [2] Řehák, D., Šenovský, P., Hromada, M., Loveček, T., Novotný, P. Cascading impact assessment in a critical infrastructure system. *International Journal of Critical Infrastructure Protection* [online]. 2018, vol. 22, s. 125-138. [cit. 2023-02-10]. ISSN 1874-5482. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1874548215300251>
- [3] Helus, Z. 2018. *Úvod do psychologie*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-4675-3
- [4] Gordon, J.E. 1991. *Structures - Or Why Things Don't Fall Down*. ISBN 9780140136289
- [5] NIAC. 2009. Critical Infrastructure Resilience Final Report and Recommendations. Washington, DC: National Infrastructure Advisory Council. p. 54
- [6] Řehák, D., Šenovský, P., Hromada, M., Loveček, T. 2019. Complex approach to assessing resilience of critical infrastructure elements. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 25:125–138, DOI: 10.1016/j.ijcip.2019.03.003
- [7] Řehák, D., Slivková, S., Janečková, H., Štuberová, D., Hromada, M. 2022. Strengthening Resilience in the Energy Critical Infrastructure: Methodological Overview. *Energies*, 15(14): 5276. ISSN 19961073. DOI:10.3390/en15145276
- [8] Rehak, D., Flynnova, L., Slivkova, S. 2022b. Concept of Resistance in the Railway Infrastructure Elements Protection. In *TRANSBALTICA XII: Transportation Science and Technology*; Prentkovskis, O., Yatskiv (Jackiva), I., Skačkauskas, P., Junevičius, R., Maruschak, P., Eds. Springer, Cham, Germany, 2021. pp. 419-428. DOI: 10.1007/978-3-030-94774-3_41
- [9] GŘ HZS ČR. 2021. *Krizové plánování* [online]. Praha: MV - Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR. [cit. 2023-02-02]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/krizove-rizeni-a-cnp-krizove-planovani-krizove-planovani.aspx>
- [10] Řehák, D., Hromada, M., Šenovský, P. 2019. *Resilience kritické infrastruktury: Teorie, principy, metody*. 1. vyd. Ostrava: SPBI. 107 s. ISBN 978-80-7385-224-5
- [11] Management Mania. 2016. *Redundance* [online]. Plzeň: Managementmani. [cit. 2022-11-12]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/redundance>
- [12] ISO 31000. Risk management – Guidelines. International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland, 2018
- [13] Good Governance for Critical Infrastructure Resilience; OECD Publishing: Paris, France, 2019
- [14] Bucci, S.; Inserra, D.; Lesser, J.; Mayer, M.; Spencer, J.; Slattery, B.; Tubb, K. After Hurricane Sandy: Time to Learn and Implement the Lessons in Preparedness, Response, and Resilience; The Heritage Foundation Emergency Preparedness Working Group: Washington, DC, USA, 2013
- [15] Walker, B., Nilakant, V., Heugten, K., Kuntz, J., Malinen, S., Naswall, K. 2019. *Becoming agile: a guide to building adaptive resilience*. New Zealand: The University of Canterbury. ISBN 978-0-473-36036-8
- [16] Tasic, J., Sulfikar, A., Jethro, T., Majeed, K. 2019. A Multilevel Framework to Enhance Organizational Resilience. *Journal of Risk Research*. DOI:10.1080/13669877.2019.1617340
- [17] Williams, T. A., D. A. Gruber, K. M. Sutcliffe, D. A. Shepherd, and E. Y. Zhao. 2017. "Organizational Response to Adversity: Fusing Crisis Management and Resilience Research Streams." *Academy of Management Annals* 11(2): 733–769. DOI:10.5465/annals.2015.0134

- [18] Clair, J., a S. Waddock. 2007. "A "Total" Responsibility Management Approach to Crisis Management and Signal Detection in Organizations." *International Handbook of Organizational Crisis Management* 299–313. DOI: 10.4135/9781412982757
- [19] American National Standards Institute. 2009. *Organizational Resilience: Security, Preparedness, And Continuity Management Systems - Requirements With Guidance For Use*. Virginia: ASIS INTERNATIONAL. ISBN 978-1-887056-92-2
- [20] ISO 22316. 2017. *Security and resilience – Organizational resilience – Principles and attributes*. Geneva: International Organization for Standardization
- [21] Herrera, I., et al. 2018. *White Paper on Resilience Management Guidelines for Critical Infrastructures*. Brusel: European Commission. 32 p. Available at: <https://www.humanist-vce.eu/fileadmin/contributeurs/humanist/white-paper.pdf>
- [22] Silla, A., Jaroszweski, D., Quinn, A., Baker, Ch., Hooper, E., Kochsiek, J., Schultz, S. 2014. *Guidebook for Enhancing Resilience of European Railway Transport in Extreme Weather Events*. Brussels: European Commission EC. 17 p
- [23] AASHOT. 2017. *Understanding Transportation Resilience: a 2016–2018 Roadmap* [online]. Washington DC: American Association of State Highway and Transportation Officials. Available at: <https://ctssr.transportation.org/wp-content/uploads/sites/54/2017/10/UTR-1-book-vers-5.pdf>
- [24] National Infrastructure Commission. 2020. *Anticipate, React, Recover - Resilient infrastructure systems*. London: NIC. Dostupné z <https://nic.org.uk/app/uploads/Anticipate-React-Recover-28-May-2020.pdf>
- [25] ICOR. 2023. *Organizational Resilience Framework* [online]. Illinois: The International Consortium For Organizational Resilience. [cit. 2023-02-02]. Dostupné z: <https://www.build-resilience.org/organizational-resilience-framework.php>

Funkcionalita softvérových nástrojov pri modelovaní následkov priemyselných havárií s prítomnosťou nebezpečných látok

Samuel Kočár¹

¹ Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva,
1. mája 32, 010 26 Žilina, kockar@uniza.sk

Abstrakt:

Odborný článok sa zaoberá funkcionalitou dvoch softvérových nástrojov (ALOHA a ADAM) rovnakého účelu teda tvorby modelov následkov nežiadúcich udalostí únikov nebezpečných látok. Softvérové nástroje predstavujú efektívneho spoločníka pri zložitých výpočtoch probitových funkcií a koeficientov pri tom ako sa dané nebezpečné látky správajú po ich úniku do atmosféry prípadne ich ďalších špecifických nežiadúcich javov.

Kľúčová slova: prevencia, nebezpečné látky, aloha, adam, modelovanie.

1 Úvod

Podľa zákona 128/2015 Z. z. o prevencii závažných priemyselných havárií a o zmene a doplnení niektorých zákonov je definícia pojmu závažnej priemyselnej havárie (ďalej len „ZPH“) *„udalosť akou je závažný únik nebezpečnej látky, požiar alebo výbuch v dôsledku nekontrolovateľného vývoja počas prevádzky podniku vedúci k vážnemu bezprostrednému alebo následnému ohrozeniu zdravia ľudí, životného prostredia alebo majetku s prítomnosťou jednej alebo viacerých nebezpečných látok“* [1]. Pojem nebezpečná látka (ďalej len „NL“) je podľa Vyhlášky Ministerstva vnútra SR č. 533/2006 Z. z. o podrobnostiach o ochrane obyvateľstva pred účinkami nebezpečných látok vymedzená ako chemická nebezpečná látka, rádioaktívna nebezpečná látka a biologická nebezpečná látka [2]. Bližšie NL definuje zákon Národnej rady SR č. 42/1994 Z. z. o civilnej ochrane obyvateľstva ako *„prírodnú alebo syntetickú látku, ktorá svojimi chemickými, fyzikálnymi, toxikologickými alebo biologickými vlastnosťami samostatne alebo v kombinácii môžu spôsobiť ohrozenie života, zdravia alebo majetku“*. Ohrozenie predstavuje obdobie, počas ktorého sa predpokladá nebezpečenstvo vzniku alebo rozšírenia následkov mimoriadnej udalosti napr. ZPH v podniku typu Seveso s únikom NL do okolitého prostredia [3]. Oblasť ohrozenia je ohrozené územie, v ktorom pri mimoriadnej udalosti spojenej s únikom NL môže byť ohrozený život, zdravie alebo majetok [2]. Pre potreby prevencie závažných priemyselných havárií (ďalej len „PZPH“) z pohľadu plánov ochrany obyvateľstva ako aj posúdenia rizika podniku pre okolie z dôvodu možného úniku NL je možné využiť softvérové programy, geografické informačné systémy a databázy.

2 Hodnotiace softvérové programy následkov mimoriadnej udalosti s prítomnosťou NL

V rámci problematiky PZPH sú využívané technológie modernej elektronickej digitálnej doby. V procesoch prevencie a krízového plánovania sú využívané softvérové nástroje na identifikovanie a určenie možnosti rozsahu následkov a dopadov vzniku ZPH. Vďaka vytváraniu scenárov ZPH ako napríklad únik nebezpečnej látky (toxický rozptyl), chemický požiar (tepelná radiácia) a výbuch (atmosférický pretlak) je možné identifikovať zóny ohrozenia pre osoby podľa (akútnych expozičných hladín - AEGL) alebo LC50, PAC, ELPG. To predstavuje výborný nástroj na vytváranie podkladov pre plány ochrany obyvateľstva a vyčleňovať potrebné počty síl a prostriedkov potrebných

na zdolanie tejto mimoriadnej udalosti ako aj na evakuáciu ohrozených osôb do miest mimo negatívnych vplyvov následkov vzniknutej mimoriadnej udalosti. V rámci prevencie majú svoje miesto tieto softvérové nástroje práve v procese vykonávania územnoplánovacej činnosti kde na základe známych alebo projektovaných množstiev nebezpečných látok v zariadeniach je možné určiť bezpečnostné vzdialenosti, ktoré majú upravovať konanie fyzických a právnických osôb v týchto oblastiach.

V Tabuľke 1 nižšie sú uvedené softvérové nástroje na modelovanie následkov mimoriadnej udalosti s prítomnosťou NL. Prvé dva nástroje v tejto tabuľke sú v ďalšej časti tohto príspevku detailnejšie popísané.

Tabuľka 1. Prehľad softvérových nástrojov na analýzu následkov mimoriadnej udalosti s prítomnosťou NL [8]

Názov softvéru	Popis	Použitie
ADAM	Výpočet fyzikálnych účinkov priemyselných nehôd s následkom toxického rozptylu, chemického požiaru, pretlakové účinky, VCE	Analýza následkov horľavých a toxických NL
ALOHA	Modelovanie úniku chmických NL pre núdzové situácie a plánovanie. Odhad toxického rozptylu NL v atmosfére a niekoľko scenárov pre požiar a výbuch	Analýza následkov horľavých a toxických NL
BREEZE	Viacmodulová platforma modelovania rozptylu NL ako aj požiar a výbuch s odhadom vplyvu na ľudské zdravie a ŽP	Modelovanie rôznych scenárov pre následky
CANARY	Modelovanie nebezpečenstva a dôsledkov s poskytnutím termodynamických výpočtov pre uniknutú kvapalnú NL	Analýza následkov horľavých kvapalných NL so scenármi stratou celistvosti nádoby (zásobníka)
DEGADIS	Modelovanie unikajúcej toxickéj NL do atmosféry	Modelovanie rozptylu toxických NL s priebežným, okamžitým, časovo obmedzeným alebo časovo premenlivým trvaním

V tomto príspevku je stručne popísaná funkcionálna dvoch hodnotiacich softvérových nástrojov na tieto vyššie popísané účely PZPH. Prvý nástroj, ktorý je v podmienkach nielen Slovenskej republiky ale aj v celosvetovom rozsahu už využívaný dlhšiu dobu je:

- Area Location of Hazardous Atmospheres – ALOHA.

Druhý softvérový nástroj je mladší a zatiaľ v praxi menej zaužívaný:

- Accident Damage analysis Module – ADAM.

2.1 ALOHA – Area Location of Hazardous Atmospheres

Je softvérový nástroj na modelovanie rozptylu v atmosfére, ktorý je používaný na hodnotenie únikov nebezpečných chemických výparov a je široko používaný na plánovanie a reakciu pri vzniku chemických havárií. Nástroj ALOHA umožňuje používateľovi odhadnúť rozptyl chemického oblaku po vetre na základe toxikologických/fyzikálnych vlastností uvoľnenej chemickej látky, atmosférických podmienok a konkrétnych okolností úniku. Tieto informácie sa dajú získať zadaním podrobností o skutočnom alebo potenciálnom úniku nebezpečných látok z čoho sa generujú zóny ohrozenia pre rôzne typy nebezpečenstiev. Odhadovanie zón ohrozenia je spojené s viacerými typmi únikov nebezpečných látok ako sú oblaky toxických plynov, požiare a výbuchy. Následne je možné tieto

zóny ohrozenia preniesť na mapové podklady MARPLOT, Google Maps, Google Earth aby sa používateľom jednoduchšie a prehľadne dalo posúdiť geopriestorové informácie. Napríklad či by únik mohol zasiahnuť a ovplyvniť zraniteľné miesta ako sú nemocnice, školy obytné štvrte a pod [4]. Softvér ALOHA je navrhnutý tak, aby dostatočne rýchlo poskytol primerané výsledky, ktoré by mohli byť užitočné pre záchranné zložky počas mimoriadnej udalosti, kedy sú používatelia vystavení vysokému psychickému tlak. Práve potreba rýchlosti a flexibility vytvára priestor na kompromis medzi presnosťou a rýchlosťou tohto softvérového nástroja [5].

Tento fakt však neuberá na kvalite možností využitia tohto nástroja práve naopak výhodou je:

- Schopnosť minimalizovania chýb pri zadávaní údajov vstupných hodnôt a upozornenie používateľa ak je hodnota nepravdepodobná alebo fyzicky nemožná.
- Vlastná databáza nebezpečných látok s ich fyzikálnymi vlastnosťami pre približne 1 000 najbežnejších nebezpečných látok [5].

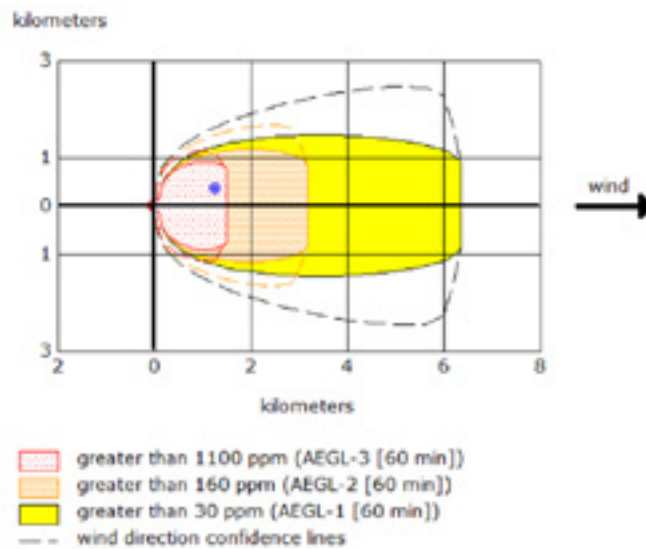
Softvérový nástroj ALOHA je schopný:

- Generovať rôzne výstupy špecifické pre daný scenár vrátane obrázkov zón ohrozenia, hrozieb na konkrétnych miestach a grafov intenzity sily zdroja.
- Vypočítavať, ako rýchlo unikajú nebezpečné látky z nádrží, kaluží a plynovodov a predpovedá ako sa tieto úniky môžu v čase meniť.
- Modelovať mnohé scenáre únikov ako oblaky toxických plynov, BLEVE, Jet fire, vapor cloud explosions, pool fire.
- Hodnotiť rôzne typy nebezpečenstva v závislosti od scenára uvoľnenia: toxické koncentrácie, horľavosť, tepelná radiácia a pretlak.
- Modelovať atmosférický rozptyl nebezpečných látok uniknutých do vodného toku [5].



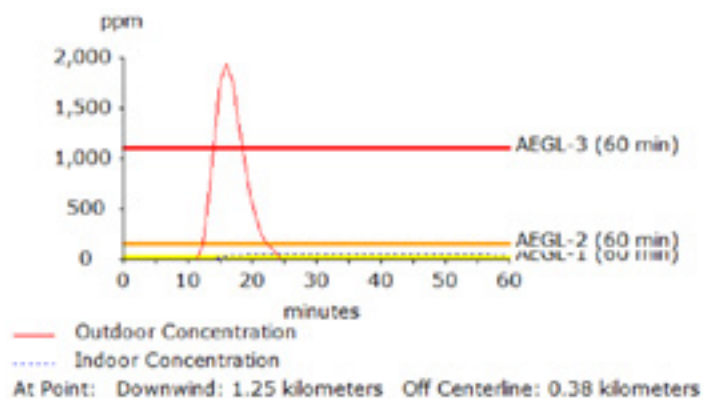
Obrázok 1. Hlavná lišta možností používateľského prostredia softvéru ALOHA

- **File** je základná možnosť spravovania existujúcich alebo nových modelov, ich ukladanie alebo exportovanie na vytlačenie.
- **Edit** je využívaný v procese modelovania ako editor na kopírovanie, strihanie alebo obnovenia relácie za účelom nového modelovania.
- **SiteData** slúži na definovanie parametrov nového modelu ako jeho poloha cez GPS súradnice, typ budovy alebo zariadenia, z ktorého bude modelovanie prebiehať ako aj jeho blízke okolie z pohľadu hustoty budov prípadne prírodných objektov (stromy, kríky...).
- **SetUp** obsahuje bližšie detaily s možnosťou voľby NL, ktorá má byť predmetom modelovania úniku, atmosférické údaje v mieste úniku a definovanie zdroja úniku (zásobník, plynovod, kaluž). Po zvolení zdroja úniku je používateľ krok po kroku vedený ku bližšej špecifikácii daných okolností ako rozmery zdroja úniku alebo rozmery poškodenia zásobníku.
- **Display** poskytuje možnosť na základe stanovených parametrov v predošliých krokoch modelovať zóny ohrozenia s možnosťou voľby konkrétnych expozičných alebo koncentračných úrovní ako je zobrazené na nasledujúcom Obrázku 2 nižšie.



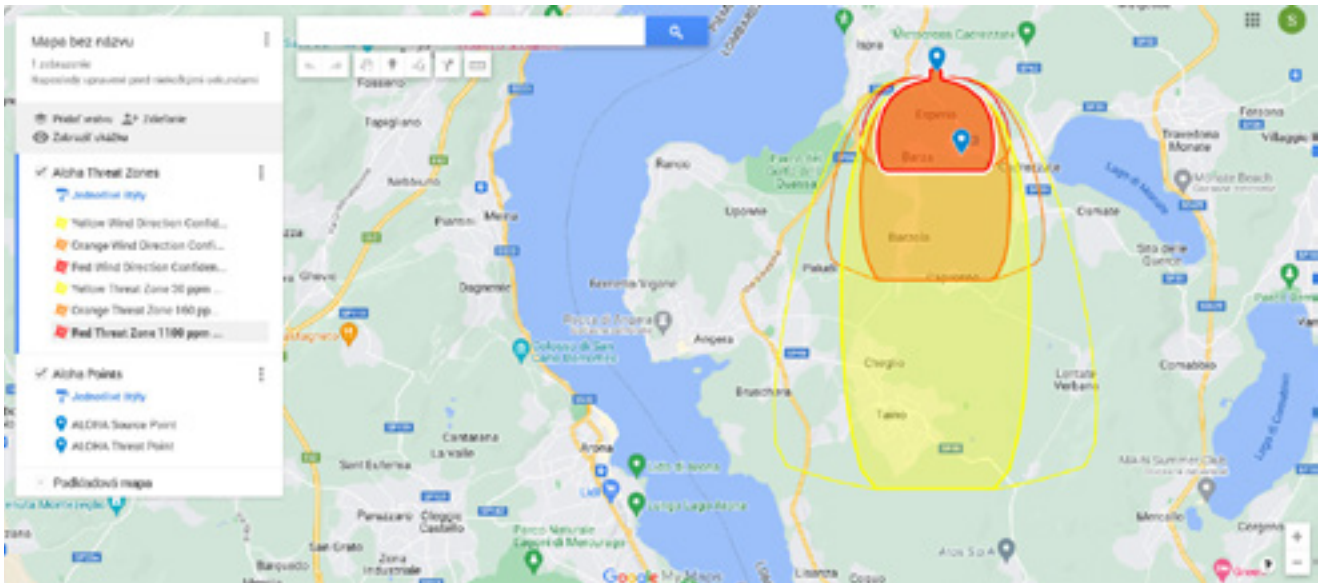
Obrázok 2. Zóny ohrozenia vykreslené softvérom ALOHA

Obrázok 2 zachytáva „Okno zóny ohrozenia“, v ktorom sú zobrazené 3 zóny ohrozenia. Tieto zóny predstavujú plochu, v ktorých softvér predpovedá úroveň nebezpečenstva (toxicity, tepelnej radiácie alebo pretlaku) prevyšujúcu určitú úroveň po úniku NL. Plochy sú vykreslené izočiarami v troch farbách (červená značí plochu najväčšieho nebezpečenstva, nižšia a najnižšia je potom označená oranžovou a žltou). V rámci scenáru rozptylu sú po stranách znázornené prerušované línie, ktoré predstavujú neurčitosť po smere vetra. Softvér ALOHA štatisticky predpovedá 95 % pravdepodobnosť výskytu oblaku NL v strede grafu. Plochy prislúchajúce okrajovým prerušovaným líniám majú predpovedanú 5 % pravdepodobnosť výskytu rozptýlenej NL. Používateľ môže kurzorom myši kliknúť na ľubovoľné miesto v tomto 2D grafe (modrý bod na Obrázku 2) po čom sa následne zobrazí „Okno ohrozenia v určitom bode“.



Obrázok 3. Ohrozenie v určitom bode zóny pre toxický rozptyl amoniaku vo vzdialenosti 1 250 m od zdroja úniku

Obrázok 3 zobrazuje špecifické informácie o nebezpečenstve v konkrétnom zvolenom bode (modrý bod v Obrázku 2), ktorý leží vo vnútri alebo v blízkosti zón ohrozenia. ALOHA to zobrazuje ako možnosť vo forme grafu alebo textu. Na Obrázku 3 je graf toxického rozptylu plynu v závislosti koncentrácie látky v čase.



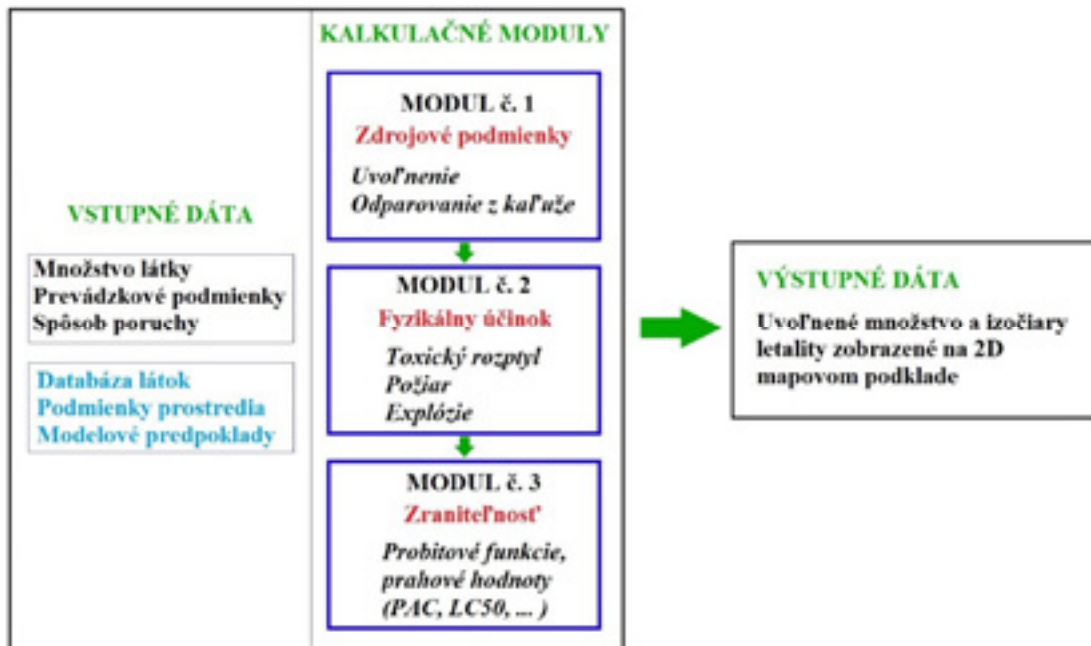
Obrazok 4. Vykreslenie zón ohrozenia spracovaných v ADAM prostredníctvom online mapovej služby Google My Maps

Softvér ALOHA ponúka možnosť exportovania výsledkov do súboru vo formáte .kml, ktoré je možné následne prostredníctvom voľne online dostupnej mapovej služby Google My Maps zobraziť na určených súradniciach GPS.

2.2 ADAM – Accident Damage Analysis Module

Predstavuje softvérový nástroj, ktorý bol vyvinutý Spoločným výskumným centrom – Joint Research Centre, JRC Európskej komisie. Jeho náplňou je hodnotenie fyzikálnych účinkov a s tým súvisiacich škôd priemyselnej havárie. Projekt ADAM bol financovaný z inštitucionálneho programu JRC EK pre humanitárnu pomoc a civilnú ochranu EÚ (GR ECHO) prostredníctvom administratívnych dohôd o budovaní SEVESO kapacít v krajinách EÚ [6]. Softvérový nástroj je osobitne určený na podporu činnosti príslušných orgánov EÚ, ktoré sú zodpovedné a majú kompetencie za vykonávanie smernice SEVESO vo svojich krajinách, ako aj vládnych a výskumných organizáciám členských štátov EÚ, prístupujúcich a kandidátskych krajín EÚ a krajín európskej susednej politiky, ktoré sa zaoberajú prevenciou a pripravenosťou na chemické havárie. Samotný softvérový nástroj ADAM je schopný realizovať výpočty fyzikálnych účinkov priemyselnej havárie z hľadiska tepelného žiarenia, pretlaku alebo koncentrácie toxických látok. Tieto havárie môžu vzniknúť ako následok straty izolácie pláštia horľavej alebo toxikkej látky [7].

Primárne je ADAM navrhnutý tak, že výpočet fyzikálnych účinkov je zameraný na vplyv tepelného žiarenia z chemických požiarov, účinkov výbuchu oblaku pár a vdýchnutím toxických chemických pár na ľudské zdravie. Možnosť výpočtu dopadov na životné prostredie nie je v rozsahu pôsobnosti súčasnej verzie tohto softvérového nástroja. Softvérový nástroj ADAM sa zaoberá celkovým cyklom posudzovania následkov priemyselných havárií, od neúmyselného úniku NL (strata izolácie) až po konečný fyzikálny účinok (mimoriadna udalosť) a vplyv na ľudí (zraniteľnosť) [6].



Obrázok 5. Štruktúra obsahu softvérového nástroja ADAM [6]

Modul zdrojových podmienok je zameraný na implementáciu modelov na výpočet zo zdrojových informácií na odhad množstva NL uvoľnenej v dôsledku predpokladaného poškodenia celistvosti ochranného obalu. Tento odhad si však vyžaduje informácie o type a množstve NL; fyzikálnych a skladovacích podmienkach; spôsobe roztrhnutia, poškodenia celistvosti ochranného obalu a doba nekontrolovaného úniku NL [6].

Každá NL sa vyznačuje svojimi špecifickými termodynamickými, mechanickými a transportnými vlastnosťami kvapaliny, ktoré môžu významne ovplyvniť jej správanie sa pri úniku. Tieto informácie o vlastnostiach sú zhromaždené a uložené v databáze ADAM pre ich využitie na realizáciu výpočtov. Samotný výsledok uvoľňovania výrazne ovplyvňujú termodynamické podmienky skladovania (tlak a teplota) NL býva zvyčajne skladovaná ako stlačený plyn, nevriaca kvapalina alebo kvapalina pod tlakom.

Ako hlavný výstup z tohto prvého modulu sú tieto informácie:

- Rýchlosť uvoľňovania na výstupe trhliny alebo celkové množstvo uvoľnenej látky v prípade katastrofického roztrhnutia obalu;
- Tlak látky, teplota a rýchlosť úniku na výstupe trhliny;
- Reakcia nádoby, zásobníka počas úniku – zmena vnútorných parametrov v čase;
- Termodynamický stav v blízkej oblasti po úniku z trhliny spôsobený znížením tlaku;
- Tvorba kvapôčok a výpočet ich spadů na odhadované množstvo úniku;
- Rýchlosť odparovania a ďalšie parametre ak ide o únik nevriacej kvapaliny alebo únik s tvorbou bazény [6].

Modul fyzikálnych účinkov využíva výsledky z prvého modulu na odhad fyzikálnych účinkov priemyselnej havárie po neúmyselnom úniku látky alebo zlyhaní technologického systému. Výpočet fyzikálnych účinkov závisí od typu havárie, kedy pre SEVESO podniky to môžu byť:

- Tepelné žiarenie spôsobené požiarom v dôsledku vznietenia horľavej kvapaliny alebo pary;
- Pretlak spôsobený výbuchom oblaku páry;
- Šírenie toxického oblaku vzduchom do atmosféry [6].

Tieto výpočty sú ovplyvňované atmosférickými podmienkami ako je teplota vzduchu, vlhkosť alebo rýchlosť vetra ale aj inými parametrami ako je priemerný čas pri rozptyle pár alebo miesto vznietenia pri Jet fire alebo výbuchoch pár – Vapor cloud explosion (ďalej len „VCE“).

Tieto všetky následné účinky, ktoré je schopný nástroj ADAM vypočítať sa vzťahujú len na ľudí. Iné následky ako sú chronické zdravotné účinky spojené so znečistením uvoľnenými látkami, kontaminácia životného prostredia, pôdy a vody ako dôsledok uvoľnenia kvapalných NL. Rovnako nie je schopný simulovať vznik pevných úlomkov (fragmentov) a ich trajektórie ako dôsledok pri výbuchu nádob alebo zásobníkov.

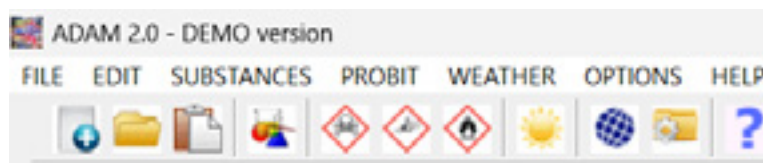
Ako hlavný výstup z tohto prvého modulu sú tieto informácie:

- Vykreslenie 2D mapového podkladu s farebne rozlíšenými zónami pre rôzne hodnoty fyzikálneho účinku v smere zostupného / bočného vetra;
- Izočiary, ktoré zobrazujú každú rovnakú hodnotu fyzikálneho účinku v smere zostupného/bočného vetra [7].

Vytvorený 2D mapový podklad je možné následne transformovať do georeferencovaných súborov (.gpx, .kml). Tieto súbory konkrétne formát .kml je možné zobraziť napríklad v programe Google Earth [6].

Modul zraniteľnosti predstavuje posledný modul, ktorý je zameraný na riešenie úrovne poškodenia spôsobeného fyzickými účinkami chemickej havárie, ktoré sú výsledkom predošlého druhého modulu. Úroveň poškodenia závisí od intenzity a doby trvania expozície konkrétnemu fyzikálnemu účinku to je možné vyjadriť v podobe prijatej dávky. Dávka sa odhaduje ako súčin intenzity [I] expozície (s určitým exponentom n) a doby trvania tejto expozície [t] [6].

Softvérový nástroj ADAM zraniteľnosť odhaduje na základe pravdepodobnosti úmrtia jednotlivca alebo skupiny jednotlivcov v dôsledku prijatej dávky. Na tento účel bola zvolená metóda log-probit čo predstavuje najjednoduchší a najpriamočiarejší prístup na opis rozdelenia zraniteľnosti ľudí. Pre vyjadrovanie smrteľnosti pre každý typ havárie sa používajú špecifické probity zraniteľnosti jedná sa o expozície týmito spôsobmi: požiar, výbuch a vdýchnutie toxických látok. Okrem probitového prístupu softvér ADAM vyjadruje úroveň poškodenia aj pomocou referenčných prahových hodnôt poškodenia (koncových bodov), ktoré obsahujú trojicu LC50 (Lethal Concentration 50) v rozsahu expozície 30 min, IDLC a LOC, ako aj koncové body ochranných akčných kritérií (PAC) – AEGL, ERPG a TEEL [7].



Obrázok 6. Hlavná lišta používateľského prostredia softvéru ADAM

Obrázok 6 znázorňuje hlavnú lištu používateľského prostredia softvérového nástroja ADAM. Pozostáva z dvoch častí hornej a dolnej. Rozdiel medzi týmito vrstvami je v rýchlosti prístupu ku danej funkcii:

- **File** obsahuje základné možnosti spravovania modelov, či už vytvorených a uložených v používateľovom zariadení alebo pokračovať v ich modifikovaní prípadne možnosť vytvoriť nový model.
 - Prvé dve grafické ikony v dolnej časti sa viažu ku možnosti rýchlej voľby z „File“, konkrétne prvá možnosť od ľava slúži na rýchle vytvorenie nového „čistého“ modelu a druhá grafická ikona na otvorenie databázy už vytvorených a uložených modelov.

- **Edit** ponúka možnosti spravovania aktuálne vytvoreného modelu ako jeho premenovanie, kopírovanie alebo zmazanie – resetovanie.
 - Tretia grafická ikona v dolnej časti sa viaže ku možnosti rýchlej voľby z „Edit“ konkrétne sa jedná o kopírovanie aktuálneho modelu.
- **Substances** pozostáva z databázy, ktorá obsahuje cez niekoľko stoviek NL, ktoré sa vyskytujú v rámci priemyselných procesov. Každá z NL v tejto databáze tu má predvolené fyzikálne vlastnosti ako aj možnosť zobrazovania vlastností látok v grafoch v závislosti na teplote danej látky (hustota kvapaliny, povrchové napätie, tlak pár...).
- Štvrtá grafická ikona v dolnej časti je možnosť rýchlej voľby zobrazenia možností „Substances“.
- **Probit** táto možnosť ponúka výber probitových koeficientov pre toxický rozptyl, pretlak a tepelnú radiáciu z predvolených koeficientov (CPR RE 1999, TNO 1992, LC 50, RIVM... pre toxický rozptyl). Používateľ v tejto možnosti tiež volí „koncové body poškodenia“ – expozičné hladiny.
 - Piata šiesta a siedma grafická ikona v dolnej časti reprezentuje rýchlu voľbu pre probitové koeficienty v rámci troch možných následkov ZPH.
- **Weather** obsahuje možnosť konfigurácie poveternostných podmienok, počas ktorých dôjde ku danej modelovej situácii a taktiež jej presné miesto určené GPS súradnicami.
 - Osmá grafická ikona reprezentuje rýchlu voľbu.
- **Options a Help** sú všeobecné možnosti nastavovania a customizovania softvéru.



Obrázok 7. Sekundárna lišta výstupných dát definovaných parametrov modelu

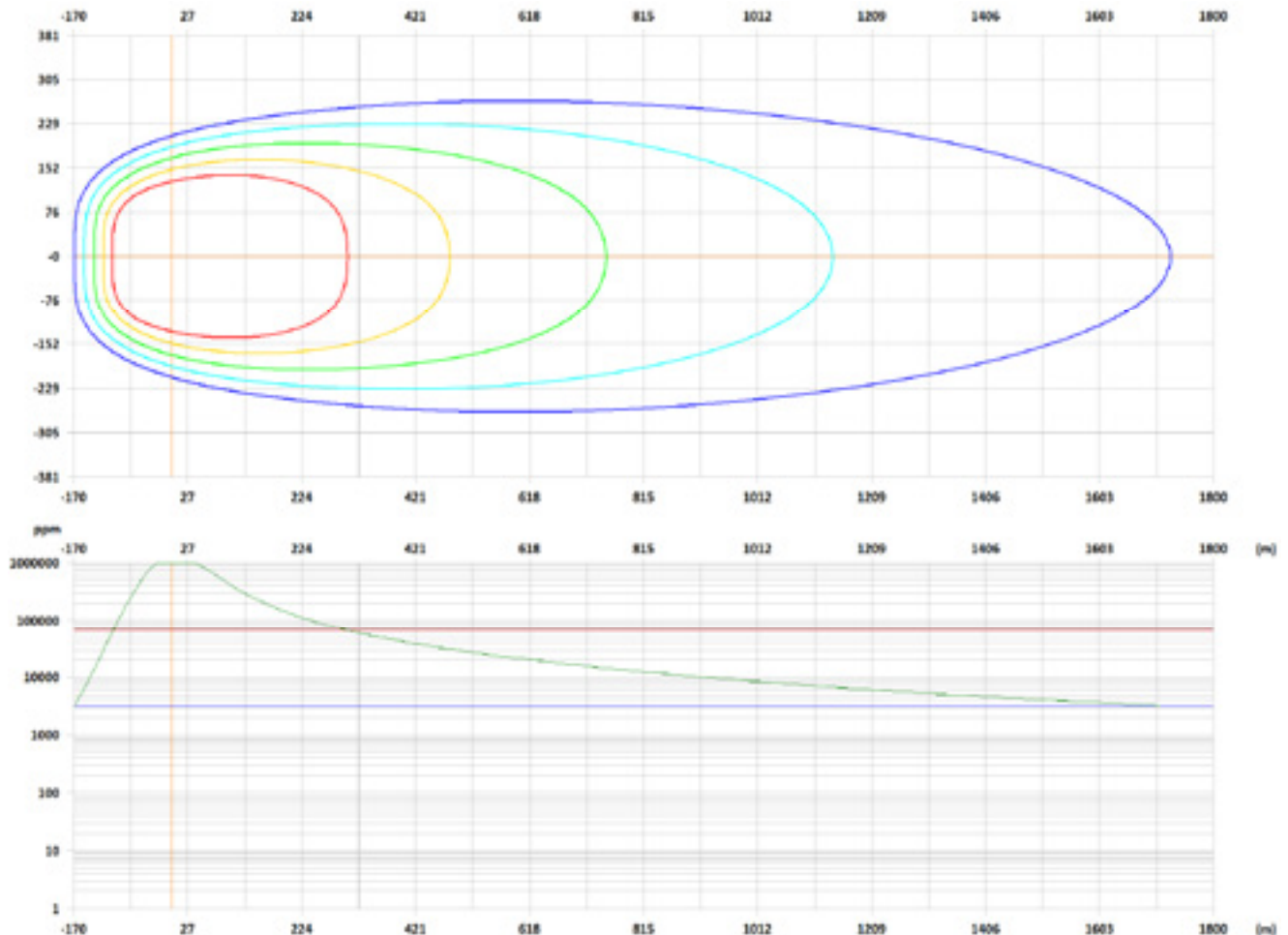
V nasledovnom popise sú popísané jednotlivé grafické ikony z ľava do prava:

- **Source term calculation** (výpočet zdrojového termínu) obsahuje v tabuľkovej forme vstupné dáta zvolené používateľom v prvej časti modelovania ako aj výstupné dáta pre jednotlivé scenáre modelu havárie.
- **Pool vaporisation calculation** (výpočet odparovania z kaluže) pozostáva z grafov, ktoré popisujú správanie sa NL v závislosti od počiatočného času úniku v sekundách. (priemer kaluže, výška hladiny kaluže, tok odparovania NL z kaluže, celkové odparené množstvo, teplota NL).
- **Dispersion calculation** (výpočet rozptylu) táto funkcia na základe stanovených parametrov prepočíta zóny ohrozenia v závislosti od sily a smeru vetra s vyznačením izočiarami (Obrázok 8).

Pre nasledovné funkcie scenárov softvér ADAM poskytuje údaje na obdobnej báze ako pri „Dispersion calculation“ len pri účinkoch tepelnej radiácie a pretlaku sú namiesto expozičných hladín udané kritériá tepelnej sálavosti na človeka, majetok, zariadenia a rovnako tak pre účinky pretlaku:

- **Flash Fire calculation;**
- **Jetfire calculation;**
- **Poolfire/rooffire calculation;**
- **Fireball calculation;**
- **Explosion calculation.**

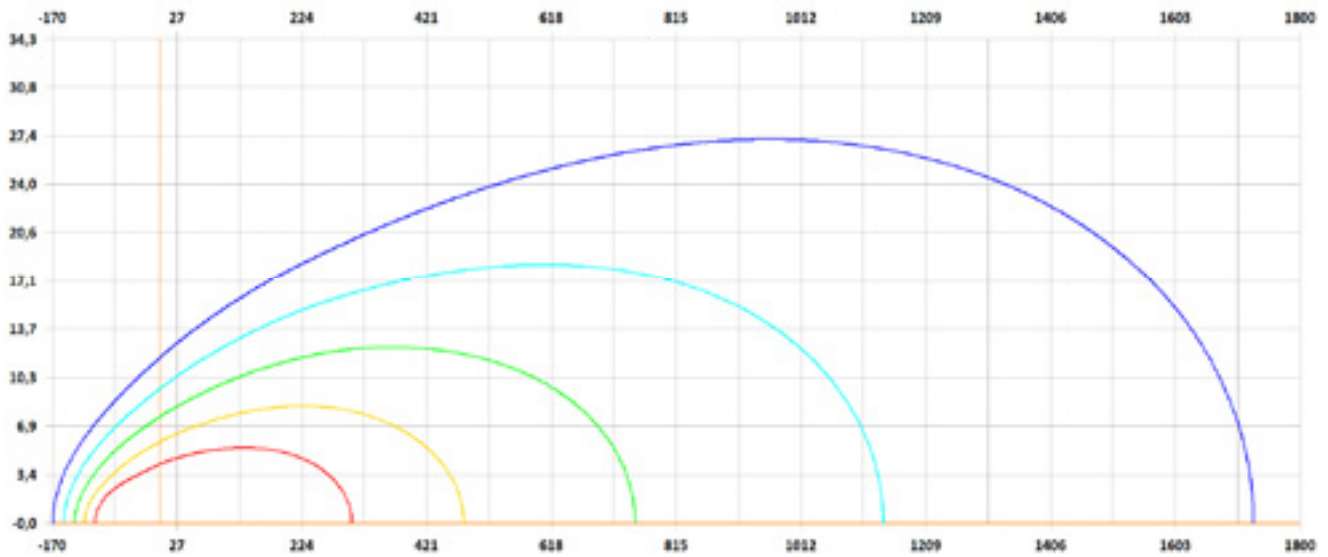
Softvér ADAM na základe stanovených vstupných údajov a údajov z databázy pre konkrétne NL je schopný modelovať jednotlivé scenáre chovania sa danej látky. V prípade amoniaku môže dôjsť len ku špecifickému následku rozptylu z tohto dôvodu je používateľovi ponúknutá len možnosť „Dispersion calculation“ a ostatné špecifické následky spojené s požiarom alebo výbuchom softvér neponúka možnosť prepočítavania.



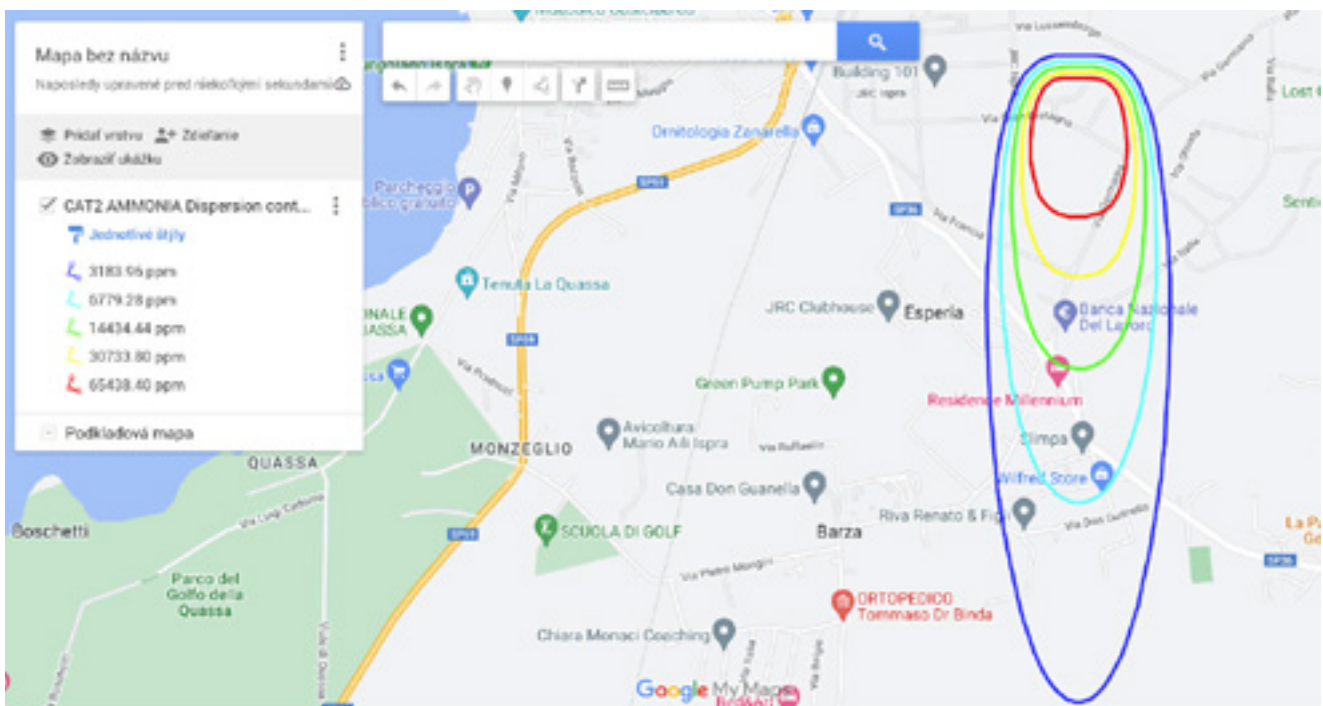
Obrázok 8. Zóny ohrozenia vykreslené softvérom ADAM

Obrázok 8 pozostáva z dvoch častí, horná časť zobrazuje izočiaru zón ohrozenia podľa úrovne toxickej koncentrácie, tepelnej radiácie alebo pretlaku od miesta úniku smerujúc po smere vetra do maximálnych rozptylových vzdialeností v závislosti od množstva uvoľnenej NL v sledovanom časovom období. Dolná časť vykresľuje na grafe úroveň toxickej koncentrácie, teplotné pomery tepelnej radiácie alebo úroveň atmosférického tlaku v mieste pretlaku v závislosti od vzdialenosti od zdroja následku.

Softvér ADAM je schopný vykresliť okrem vzdialenosti dosahov negatívnych účinkov následkov aj ich výšku v závislosti od stanovených poveternostných podmienok Obrázok 9.



Obrázok 9. Izočiary následku toxického rozptylu so špecifikovaním vertikálnych dosahov



Obrázok 10. Vykreslenie zón ohrozenia spracovaných v ADAM prostredníctvom online mapovej služby Google My Maps

3 Závěr

Popísané boli dva softvérové nástroje prvým bol softvérový nástroj ALOHA určený na modelovanie toxického rozptylu v atmosfére. Tento nástroj je v rámci tejto problematiky už dlhšiu dobu implementovaný a je využívaný prevažnou väčšinou špecialistov na chemické havárie ale aj kompetentnými štátnymi orgánmi. Takýto stav je ako v Slovenskej republike tak aj v Českej republike. Za výhodu sa dá v tomto softvéry označiť práve intuitívnosť používateľského prostredia, kedy vývojári mysleli na jeho využitie aj v situáciách pod psychickým ale aj fyzickým tlakom napr. jednotkami záchranných zborov v teréne. Intuitívnosť je podporená práve korekciou možných chýb pri zadávaní údajov užívateľom. Nevýhodou však je, že softvér je schopný vypočítavať zóny ohrozenia len pre toxický rozptyl.

Druhý softvérový nástroj je Modul analýzy poškodenia pri havárii – ADAM. Tento softvér je novší od predchádzajúceho ALOHA a bol vytvorený vývojármi presne na účely PZPH v rámci členských štátov EÚ a susedských štátov so záujmom o PZPH a štátov OECD. Výhodou všeobecne ale aj oproti ALOHE je jeho schopnosť vypočítavať následky z pohľadu toxického rozptylu, tepelnej radiácie ale aj pretlaku teda všetkých možných scenárov ZPH. Za nevýhodu autor považuje, že jeho distribúcia cieľovým kompetentným organizáciám a štátnym orgánom je v podstate poddimenzovaná. O prístup je potrebné zažiadať priamo Spoločné výskumné centrum JRC v Ispre, na rozdiel od predchádzajúceho softvéru ALOHA resp. softvérového balíka CAMEO je to freeware. S tým však vznikol tiež problém niekedy v polovici desiatych rokov 21. storočia, kedy si EPA a NOAA na základe údajov o používateľoch uvedomili, že väčšina z nich je na Európskom kontinente preto už nie sú k dispozícii aktualizované verzie. Práve tento dôvod viedol kompetentné európske orgány ku vývoju vlastného softvérového nástroja, a tým je ADAM. Ďalšia komplikácia pri získavaní softvérového nástroja ADAM je v dlhej čakacej dobe, kým je požiadavka akceptovaná a je Vám následne udelený prístup cez MINERVA portál Európskej komisie, kde si používateľ vytvára konto. Toto portálu MINERVA vie robiť komplikácie pri zadávaní hesla pre prihlásenie sa do používateľského účtu.

Reference

- [1] Zákon č. 128/2015 Z. z. o prevencii závažných priemyselných havárií a o zmene a doplnení niektorých zákonov [online]. [cit. 2023-02-02]. Dostupné z: <https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/2015/128/>
- [2] Vyhláška č. 533/2006 Z. z. o podrobnostiach o ochrane obyvateľstva pred účinkami nebezpečných látok [online]. [cit. 2023-02-02]. Dostupné z: <https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/2006/533/>
- [3] Zákon č. 42/1994 Z. z. o civilnej ochrane obyvateľstva [online]. [cit. 2023-02-02]. Dostupné z: <https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/1994/42/20220226>
- [4] *ALOHA Software 2021*. [online]. www.epa.gov, [cit. 2023-02-10]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/cameo/aloha-software>
- [5] *ALOHA fact sheet*, 2020. [online]. NOAA's National Ocean Service – Office of Response and Restoration, [cit. 2023-02-10]. Dostupné z: <https://response.restoration.noaa.gov/sites/default/files/aloha.pdf>
- [6] *Accident Damage Analysis module (ADAM)*, 2020. [online]. European Commission [cit. 2023-02-10]. Dostupné z: <https://adam.jrc.ec.europa.eu/en/adam/content>
- [7] FABBRI, L., M. BINDA and Y. BRUINEN DE DRUIN, 2017. *Accident Damage Analysis Module (ADAM) – Technical Guidance*. Ispra: EC JRC. ISBN 978-92-79-71879-3. [cit. 2023-02-11]
- [8] *Risk assessment for industrial accident prevention: Selected case studies and available software tools*, 2022. Economic Commission for Europe – Conference of the Parties to the Convention on the Transboundary Effects of Industrial Accidents, Geneva 29 November – 1 December 2022 [online]. Dostupné z: https://unece.org/sites/default/files/2022-11/ECE_CP.TEIA_2022_9-2214901E%5B1%5D.pdf

Protipožiarne vlastnosti tepelno-izolačných materiálov s polyuretánovým jadrom

Katarína Košútová¹, Linda Makovická Osvaldová²

¹ Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, katarina.kosutova@uniza.sk

² Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, linda.makovicka@uniza.sk

Abstrakt:

S požiadavkami na energetickú efektívnosť budov prichádza trend výmeny tradičných stavebných materiálov za ľahké izolačné materiály. Avšak je potrebné sa dostatočne venovať aj problematike protipožiarnej vlastnosti tepelno-izolačných materiálov, ktoré môžu prispievať k požiarnej záťaži budov. V príspevku sa zaoberáme popisom vlastností rôznych typov tepelno-izolačných materiálov s jadrom z expandovaného polyuretánu. A zároveň sa venujeme teoretickému základu skúšobnej metódy, ktorá bude použitá vo výskume. Tepelno-izolačné materiály skúmané v príspevku disponujú rozdielnou povrchovou úpravou. A to hliníkovou fóliou alebo minerálnou plstou. Zároveň použijeme aj polyuretánové jadro, ktoré sa nachádza v oboch typoch tepelnej izolácie a bude rovnako otestované. Na skúmanie protipožiarnej vlastnosti sa použije skúšobná metóda kónického kalorimetra, podľa normy ISO 5660-1. Testovaný materiál sa vystaví dvom odlišným režimom vonkajšieho ožarovania a to 35 a 50 kW.m⁻². Medzi sledované vlastnosti tepelno-izolačných materiálov patrí rýchlosť uvoľňovania tepla, jej vrchol alebo aj jej priemerná hodnota a aj celkové uvoľnené teplo. V experimentálnom výskume sa budeme zaoberať rozborom vplyvu fyzikálnych vlastností, ako sú hustota a hrúbka vzorky a zároveň aj ich povrchová úprava na protipožiarne vlastnosti testovaných materiálov. Vzťah medzi protipožiarnej vlastnosťami vzoriek, ako je rýchlosť uvoľňovania tepla, úbytok na hmotnosti, čas a teplota vznietenia budú stanovené a následne komparované.

Kľúčová slova: izolačné materiály, polyuretánové jadro, kónický kalorimeter, protipožiarne vlastnosti.

1 Úvod

Na stavebný trh neustále prichádzajú nové stavebné materiály. Svojimi vlastnosťami neraz výrazne prevyšujú už zaužívané stavebné materiály. Avšak, je potrebné prihliadnúť na fakt, že síce každý stavebný materiál má určitú požiaru odolnosť, častokrát nemáme znalosti o tom ako sa kombinácia daných materiálov bude správať v prípade vystavenia účinkom požiaru. Práve z tohto hľadiska je dôležité venovať pozornosť aj tejto problematike. Navolením vhodnej kombinácie stavebných materiálov od úplného základu, cez izolačný materiál a opláštenie sme schopný dosiahnuť výborné hodnoty požiarnej odolnosti. Čo má priaznivý vplyv na faktory ako je odolávanie účinkom požiaru, zachránené životy, uchránené hodnoty a čo najmenšie škody. Najskôr sa však musíme detailne zamerať na protipožiarne vlastnosti jednotlivých vrstiev, ktoré tvoria steny. A následne sa môžeme zamerať na tvorenie vhodných kombinácií materiálov v sendvičových konštrukciách stien. Práve z tohto dôvodu sa v príspevku venujeme problematike tepelno-izolačných materiálov s polyuretánovým jadrom s rôznou povrchovou úpravou. Príspevok slúži ako teoretický základ pred vykonaním experimentálnej štúdie.

2 Materiály a testovacia metóda

V nasledujúcej kapitole sa zameriame na popisanie tepelno-izolačných materiálov a ich vlastností. A zároveň na charakteristiku skúšobnej metódy, ktorá bude využitá vo výskume.

2.1 Materiály

Tepelná izolácia sa využíva pri rôznych výstavbách. Svojimi vlastnosťami je izolácia schopná odolávať chladu a vysokým teplotám. Zároveň oplýva vysokou pevnosťou v tlaku, tvarovou a rozmerovou stálosťou a je odolná voči vlhkosti. Jadro izolačného materiálu je tvorené polyuretánovou penou, ktorá má triedu reakcie na oheň E. Materiál je odolný voči benzínu, minerálnym olejom, mikroorganizmom a plesniam. Nerozkladá sa. Polyuretánové jadro je obalené z oboch strán minerálnou plstou. Ďalším druhom tepelnej izolácie s rozdielnymi vlastnosťami je tenká tepelná izolácia určená pre sendvičové obkladové konštrukcie a odvetrané fasádne konštrukcie. Radí sa medzi neľahko horľavé materiály. Vlastnosti materiálu sú nízka hmotnosť, tvarová stálosť, dostatočná pevnosť v tlaku a zabudovaná parotesná zábrana. Oplýva zvýšenou triedou reakcie na oheň typu C-s2, d0. Jadro izolačného materiálu je tvorené tvrdenou polyuretánovou penou, ktorá je obalená z oboch strán hliníkovou fóliou. Jadro je chemicky odolné voči benzínu, minerálnym olejom, mikroorganizmom a plesniam. Zároveň sa nerozkladá. Na nasledujúcom obrázku môžeme vidieť zobrazené testované materiály. Z ľavej strany sa nachádza tepelná izolácia s hliníkovou fóliou, v strede je jadro tepelnej izolácie tvorené z polyuretánovej peny bez povrchovej úpravy a z prava tepelná izolácia s minerálnou textíliou [1].



Obrázok 1. Tepelno-izolačné materiály

Príprava materiálu spočívala najskôr v jeho narezaní na správny rozmer. A to na 100x100x10 mm. Následne sa testovacie vzorky po dobu 24 h kondiciovali v laboratórnej klimatickej komore Memmert ICH za konštantných podmienok (pri 20 °C, 60 %) na konštantnú hmotnosť. V nasledujúcej tabuľke môžeme vidieť popísané vybrané vlastnosti testovacích vzoriek.

Tabuľka 1. Vlastnosti tepelno-izolačných materiálov [1]

Typ materiálu	Hustota (kg.m ⁻³)	Nasiakavosť (%)	Trieda reakcie na oheň	Súčiniteľ tepelnej vodivosti λ (W.m*K ⁻¹)	Hrúbka (mm)
Tepelná izolácia obalená hliníkovou vrstvou	≥ 33	1-2,5	C- s2, d0	0,023	10
Tepelná izolácia obalená minerálnou plstou	≥ 33	1-2,5	E	0,025	10

2.2 Testovacia metóda

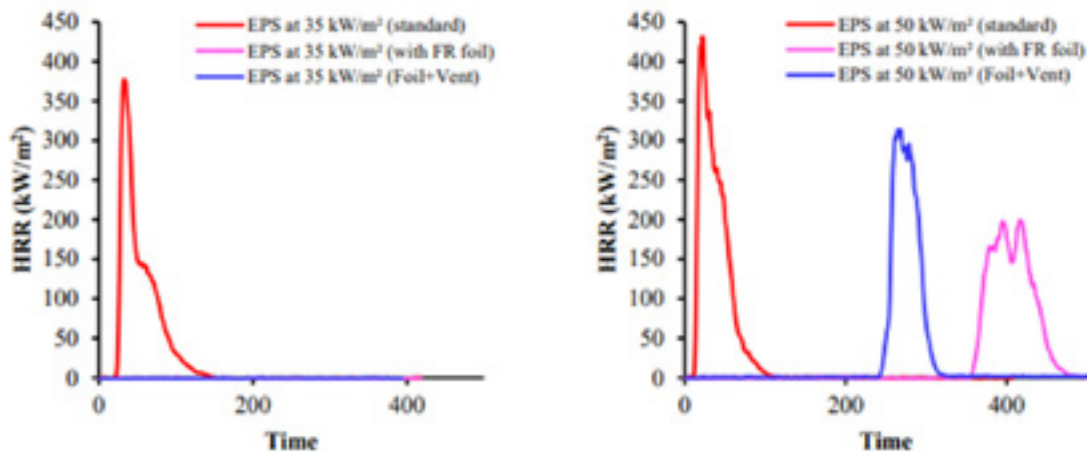
Analýza pomocou kónického kalorimetra umožňuje v laboratórnom meradle určiť správanie sa materiálu, dobu horenia a predpovedať rozvoj požiaru vo veľkom meradle [3, 4]. Test sa vykonáva s použitím normy ISO 5660-1 pre kónický kalorimeter. Medzi podrobne získavané údaje po analýze tuhých tepelno-izolačných materiálov pomocou kónického kalorimetra patria čas vznietenia (TTI), celkové uvoľnené teplo (THR), vrchol rýchlosti uvoľňovania tepla (pHRR), priemerná rýchlosť uvoľňovania tepla (Av-HRR), maximálna priemerná rýchlosť emisie tepla (MARHE), priemerné efektívne spalné teplo (Av-EHC), celkové množstvo dymu uvoľneného na jednotku plochy materiálu (TSR), celkové množstvo produkcie dymu (TSP), priemer Emisie CO (Av-CO), priemerné emisie CO₂ (Av-CO₂) a zvyšok po spaľovaní. Vzorky použité v experimentálnom výskume sa vystavia typickým expozičným tepelným tokom 35 a 50 kW.m⁻², ktoré sa zvyčajne používajú v rôznych aplikáciách hodnotenia požiarneho rizika a modelovania [5, 6, 7]. Vzorky sa počas testovania ukladajú do vodorovnej polohy, pričom sa najskôr obalia hliníkovou fóliou so založenými rohmi. Pripravené vzorky sa potom umiestnia na podložku z keramických vlákien a sú pripravené na analýzu. Vzdialenosť medzi kužeľovým ohrievačom a vzorkou je 25 mm. Iskrový zapaľovač je umiestnený 13 mm nad stredom vzorky [4]. Pre opakovateľnosť sa využijú na testovanie aspoň 3 kusy vzoriek. Na nasledujúcom obrázku môžeme vidieť tepelno-izolačný materiál s povrchovou úpravou z hliníkovej fólie po vykonaní pred testu.



Obrázok 2. Materiál po vykonaní pred testu

2.3 Vyhodnotenie výsledkov

Ako sme už poukázali, pri vykonaní experimentálneho testovania tepelno-izolačných materiálov s polyuretánovým jadrom v kónickom kalorimetri môžeme sledovať niekoľko údajov. Medzi najčastejšie sledovanú veličinu patrí rýchlosť uvoľňovania tepla. Autori Hossain a kol. [4] poukazujú vo svojej štúdií na možnosť konfigurácie testovania v troch možnostiach. A to na štandardné testovanie tepelnej izolácie z expandovaného polystyrénu alebo s pridaním 0,3 mm vrstvy hliníkovej fólie na expandovaný polystyrén, prípadne s vytvoreným otvorom. V štúdií zistili, že pri výške tepelného toku 35 kW.m⁻² je možné zaznamenať priebeh rýchlosti uvoľňovania tepla. Avšak pri vzorkách s hliníkovou fóliou či už s otvorom alebo bez, nie je možné zaznamenať tento jav. Čo je zobrazené aj na obrázku 3 ľavá časť. Pri zvýšení tepelného toku na 50 kW.m⁻² priebeh rýchlosti uvoľňovania tepla je možné sledovať pri všetkých typoch vzoriek. Čo môžeme vidieť na obrázku 3 vpravo. Zvýšenie hodnoty vrcholu rýchlosti uvoľňovania tepla vzoriek zo štandardného expandovaného polystyrénu pri 50 kW.m⁻² z 35 kW.m⁻² je z 377 kW.m⁻² na 442 kW.m⁻². A pri vzorkách s hliníkovou fóliou je to o 313 kW.m⁻² a s otvorom o 198 kW.m⁻².



Obrázok 3. Príklad vyhodnotenia výsledkov z kónického kalorimetra [4]

3 Záver

V príspevku sme sa zamerali na teoretické poznatky z oblasti stavebných materiálov a ich protipožiarnych vlastností. Konkrétne na tepelno-izolačné materiály. Trendom v dnešnej dobe je používať stavebné materiály tak, aby sme dosahovali v stavbách energetickú efektívnosť. To je možné dosiahnuť aj použitím ľahkých tepelno-izolačných materiálov, ktoré však svojimi vlastnosťami môžu prispievať k účinkom požiaru. Práve z tohto dôvodu sme sa v našom príspevku venovali skúmaniu vybraných materiálov s polyuretánovým jadrom. Vybrané materiály oplývajú rozdielnou povrchovou úpravou. A to polyuretánové jadro obalené hliníkovou fóliou a polyuretánové jadro obalené minerálnou plstou. Najväčší rozdiel v ich vlastnostiach sme sledovali pri triede reakcie na oheň. Tepelno-izolačný materiál s hliníkovou fóliou sa radí do skupiny C-s2,d0 a materiál s povrchovou úpravou z minerálnej plsti sa radí do triedy E. Experimentálny výskum bude vedený podľa normy ISO 5660-1 kónický kalorimeter. Pričom budeme sledovať celkové uvoľnené teplo z materiálu, rýchlosť uvoľňovania tepla, jej vrchol a priemernú hodnotu a mnohé iné. Testovanie bude prebiehať pri dvoch rôznych režimoch a to 35 kW.m⁻² a 50 kW.m⁻². Ako príklad vyhodnotenia výsledkov sme uviedli štúdiu od iných autorov. Príspevok môžeme pokladať ako teoretický základ pred vykonaním experimentálnej štúdie.

Reference

- [1] LINZMEIER Insulate with system [online]. Elektronický portál Linzmeier [cit 2022-12-19] Dostupné na: <https://www.linzmeier.de/cz/izolacni-system-linitherm>
- [2] Wang, J.; Xu, B.; Wang, X.; Liu, Y. A phosphorous-based bi-functional flame retardant for rigid polyurethane foam. *Polym. Degrad. Stab.* 2021, 186, 109516
- [3] Wang, S.; Qian, L.; Xin, F. The synergistic flame-retardant behaviors of pentaerythritol phosphate and expandable graphite in rigid polyurethane foams. *Polym. Compos.* 2018, 39, 329-336
- [4] Hossain, M.D.; Hassan, M.K.; Akl, M.; Pathirana, S.; Rahnamayiezekavat, P.; Douglas, G.; Bhat, T.; Saha, S. *Fire Behaviour of Insulation Panels Commonly Used in High-Rise Buildings*. *Fire* 2022, 5, 81. <https://doi.org/10.3390/fire5030081>
- [5] Vahabi, H.; Rastin, H.; Movahedifar, E.; Antoun, K.; Brosse, N.; Saeb, M.R. Flame retardancy of bio-based polyurethanes: Opportunities and challenges. *Polymers* 2020, 12, 1234

- [6] Ali, M.H.M.; Rahman, H.A.; Amirnordin, S.H.; Khan, N.A. Eco-friendly flame-retardant additives for polyurethane foams: A short review. *Key Eng. Mater.* 2018, 791, 19-28
- [7] Yang, Y.; Chen, W.; Liu, M.; Zhu, Q.; Liu, X.; Zhang, B.; Chen, D.; Liu, X.; Zhang, K.; Tang, G. Flame retarded rigid polyurethane foam composites based on gel-silica microencapsulated ammonium polyphosphate. *J. Sol-Gel Sci. Technol.* 2021, 98, 212-223

Posouzení a hodnocení nevyhnutelných rizik spojených s ohrožením bezpečnosti a zdraví zaměstnanců při práci

Gabriela Králíčková¹, Petra Dostálová², Jan Albrecht³

¹ Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky, Nad Stráněmi 4511, Zlín, g_kralickova@utb.cz

² Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky, Nad Stráněmi 4511, Zlín, pdostalova@utb.cz

³ Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky, Nad Stráněmi 4511, Zlín, j_albrecht@utb.cz

Abstrakt:

Tato práce se zabývá posuzováním rizik u dané organizace, která jsou potřebná pro přezkoumání a stanovení bezpečnostních opatření související s jejich oblastmi činností. Pro vyhodnocení míry rizika je v práci zvolena metoda analýzy rizik PNH, jež představuje základní nástroj pro posouzení a vyhodnocení rizik. Bezpečnostní opatření jsou nejprve obecně charakterizována u jednotlivých oblastí v souladu se zákonem č. 309/2006 Sb. a nařízením vlády č. 592/2006 Sb., v platném znění, na základě kterých jsou následně reflektovány požadavky pro příslušné oblasti, k minimalizaci rizik spolu se zvýšením bezpečnosti a zdraví zaměstnanců při práci. U jednotlivých posuzovaných objektů byly vždy vybrány nejrizikovější subsystemy, které představovaly hlavní faktor rizika u daných oblastí. S výslednými hodnotami rizik byla sepsána taková bezpečnostní opatření, která by měla efektivně zvýšit bezpečnosti v daných oblastech. Spolu se stanovením zásad, kterých je potřeba v daných prostorách organizace dodržovat pro správný a hlavně bezpečný chod, je v práci zmíněna i problematika týkající se knowledge managementu. Tato správa představuje nejen práci s informacemi v organizaci, ale také obecné zásady informovanosti zaměstnanců, jež dokáže velmi ovlivnit celý pohled na dodržování bezpečnostních opatření. Práce se tedy ve svém závěru zaměřuje i na využití spojitosti mezi správou těchto informací pro zaměstnance a přirozené dodržování bezpečnostních zásad.

Klíčová slova: hodnocení rizik, analýza rizik, PNH, Knowledge management, Risk management.

1 Úvod

Ke správnému a efektivnímu fungování firem je nezbytné, aby byla podchycena veškerá rizika, která mohou nastat v rámci daného objektu. Posouzení a vyhodnocení rizik různými metodami je základním prvkem řízení rizik, jež napomáhá ke správnému posouzení hrozeb. Na základě posouzení a vyhodnocení rizik je dále důležité, aby byla získaná data využita nejprve na stanovení jejich důležitostí, podle kterých by se s nimi následně mělo pracovat [1-3].

Po určení, která rizika jsou nejvíce důležitá a měla by se řešit prioritně, se musí stanovit odpovídající bezpečnostní opatření, jež budou cílit na minimalizaci vzniku nebo popřípadě následků daných rizik. S opatřeními a jejich správným zavedením úzce souvisí také knowledge management firem, jehož správné nastavení by mělo zajistit efektivní informovanost všech zainteresovaných osob [4]. Pokud by se daný krok přeskočil, mohlo by nastat, že by navržená opatření nebyla řádně dodržována, což by mělo za následek nutnost opětovného řešení rizik s nimi spojenými.

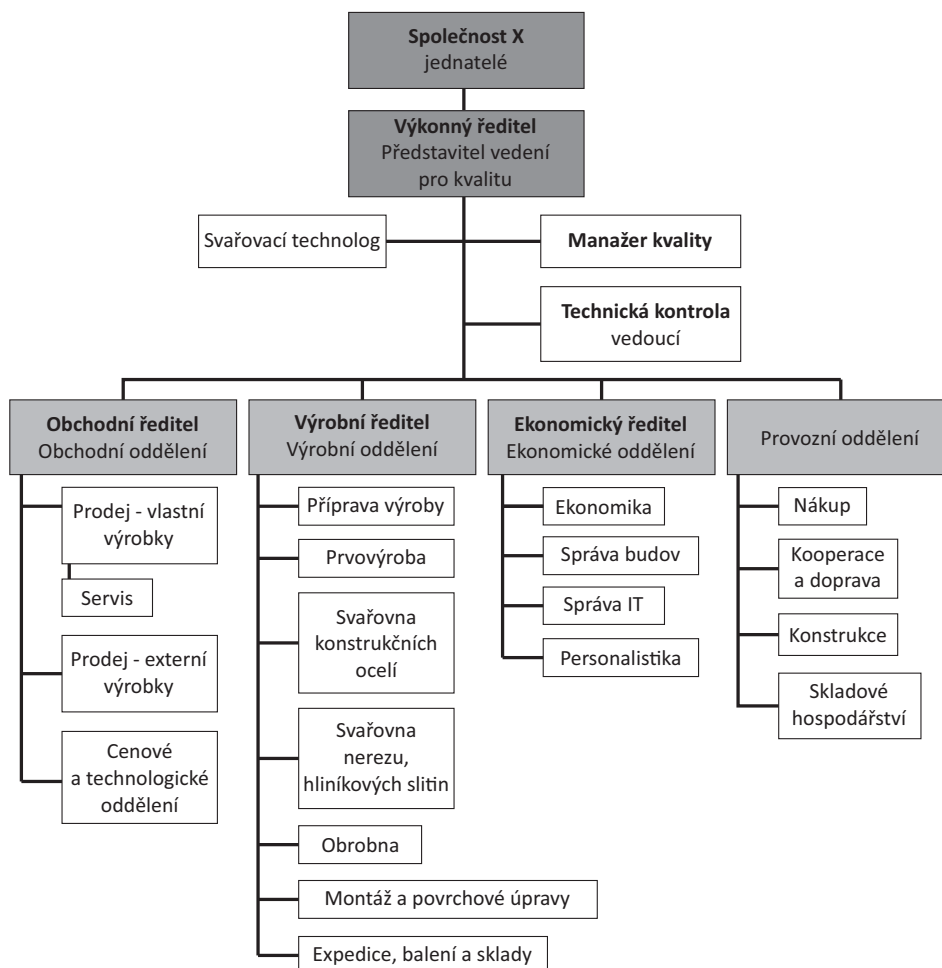
V dnešní době je mnoho metod pro analyzování rizik v organizacích, pro tuto práci byla zvolena metoda analýzy rizik PNH, která představuje základní nástroj pro posuzování rizik. Jako cílový objekt pro posuzování je v práci popsána fiktivní firma X s.r.o., jež je charakterizována na základě reálných dat podle nejmenované firmy. Veškerá bodová ohodnocení a následná opatření jsou v práci v souladu se zákonem č. 309/2006 Sb. A nařízením vlády č. 592/2006 Sb., v platném znění.

2 Popis použitých metod a podkladů

Tato část práce bude zaměřena na identifikaci veškerých potřebných podkladů a dat ke správnému posouzení rizik s následným vyhodnocením. Konkrétně se zde bude soustředit na popis vybrané společnosti, následně na stanovení jejich rizikových oblastí a vyhodnocení jednotlivých posuzovaných objektů ve společnosti. Nebude zde chybět ani stručný popis vybrané metody PNH, kterou se následně samotné posuzování a ohodnocení rizik provede.

2.1 Charakteristika společnosti

Společnost X s.r.o. sídlí v obci nedaleko města Hranice v okrese Přerov, v Olomouckém kraji. Činnost této společnosti započala v r. 1993, kdy ji založili dva společníci a soustředila se na zámečnictví a zakázkovou výrobu. Firma se v r. 1997 transformovala na právní subjekt společnost s ručením omezeným. Struktura vyobrazena na obrázku 1 představuje aktuální hierarchii v celé organizaci.



Obrázek 1. Struktura společnosti (vlastní zpracování)

V současné době společnost nabízí výrobky a služby z oblasti zpracování ušlechtilých materiálů, konkrétně hliníkové slitiny a nerezové oceli. Společnost se postupně rozrůstala až do stavu, kdy čítá stovky zaměstnanců, a proto je tedy její bezpečnost při práci důležitým faktorem pro správný a efektivní chod.

V minulosti bylo provedeno již více posouzení rizik, ale s postupem času se firma rozrůstala a neustále rozvíjela, například právě o nové prostory dílen, které slouží k vykonávání činností jako například svařování a lakování, jež jsou jedny se zájmových činností. Následný popis a provedené analýzy jsou tedy vyhotoveny prioritně pro ty oblasti organizace, které byly inovovány nebo je vedení vyhodnotilo jako důležité pro přezkoumání rizik.

2.2 Posuzované objekty vybrané společnosti

Na základě potřeb odrážející aktuální rizikovou situaci v daných oblastech společnosti, byly vybrány následující posuzované objekty, jež jsou potřebné k přezkoumání a nové stanovení požadavků pro bezpečnostní opatření. Těmito objekty jsou:

- kanceláře,
- sklady,
- dílny,
- provozní prostory.

2.3 Popis vybrané metody PNH

K posouzení a vyhodnocení rizik dané organizace byla zvolena metoda PNH, jenž pracuje s předem vymezenými tabulkami kritérií pravděpodobnosti (P), závažnosti (N) a vyjádření názoru hodnotitelů (H) pro následné stanovení výsledné hodnoty rizika (R). Dokument pracuje s přidělováním hodnot v rozmezí od 1 do 5, kdy vyšší hodnoty představují vždy větší nutnost řešení. Toto rozmezí není pevně stanoveno, ale je možné si jej modifikovat na základě potřeb, ovšem je pak nutné přehodnotit i celkové stanovení kategorií, aby to podílově vždy odpovídalo stejným výsledkům [5, 6].

Hodnoty jednotlivých aspektů se následně vynásobí podle vzorce „ $R = P \cdot N \cdot H$ “ a na základě výsledné míry rizika se určí, jakou závažnost dané riziko má, podle předem vypsanych kategorií, jako je znázorněno na stručném popisu v Tabulce 1.

Tabulka 1. Vymezení celkové míry rizika a jejich kategorizace

Kategorie rizika	Obdržená míra rizika (R)	Slovní popis kategorie
I.	Nad 100	velmi vysoké riziko, zastavit činnost
II.	100-50	vysoké riziko, bezprostřední bezpečnostní opatření
III.	50-10	riziko, potřeba nápravné činnosti
IV.	10-3	možné riziko, zvýšit pozornost
V.	Pod 3	riziko možno přijmout

3 Posouzení a hodnocení rizik vybraných objektů

V dané kategorii jsou jednotlivě provedeny posouzení rizik vybraných oblastí pomocí metody analýzy rizik PNH. Na základě bezpečnostních opatření stanovených k subsystémům zvolených objektů jsou následně sepsány požadavky, jež by měl posuzovaný objekt mít. Tabulky vyobrazené v práci jsou zpracovány na základě softwaru Rizika na PC od společnosti ROVS [7].

3.1 Kanceláře

Z důvodu velkého množství zaměstnanců, a tudíž i významného počtu kanceláří ve společnosti je tento objekt vybrán pro posouzení rizik a jeho následné stanovení požadavků. Jedná se o drobnější rizika, ale z důvodu velkého množství zaměstnanců, kterých se to týká je nutné tento objekt efektivně vyhodnotit a zabezpečit. Tabulka 2 znázorňuje analýzu kancelářských prací důležité pro nové identifikování jejich hodnot rizik.

Tabulka 2. PNH analýza objektu kanceláře (upraveno [7])

#	Subsystém	Identifikace nebezpečí	Vyhodnocení závažnosti rizika			
			P	N	H	R
#1	Kancelářské práce	- zranění ruky, prstů, propíchnutí, pořezání při práci s kancelářskými pomůckami (sešivačkou, nožem)	1	2	1	2
#2	Kancelářské práce	- pád předmětů a věcí na nohu pracovníka	1	2	1	2
#3	Kancelářské práce	- zvýšená únava, bolesti zad, zraková zátěž	1	1	1	1

Aby se požadavky na bezpečnostní opatření spojené s kancelářskými pracemi v oblasti kanceláří adekvátně vymezily, jsou v Tabulce 3 popsány obecné stanovení o bezpečnostních opatřeních daných subsystémů, na základě kterých se následně postupovalo.

Tabulka 3. Bezpečnostní opatření pro subsystémy u posuzovaného objektu kanceláře (upraveno [7])

Subsystém	Bezpečnostní opatření
Kancelářské práce #1	- správné zacházení s kancelářskými pomůckami
	- při sešívání tiskopisů nevsunovat prsty do čelisti sešivačky
	- při použití žiletek pro retušování používat žiletky v krytém držáku
Kancelářské práce #2	- udržovat pořádek na stolech a ve skříních
	- předměty ukládat do skříní a regálů rovnoměrně
	- nepřetěžovat police kancelářského nábytku a regálů
Kancelářské práce #3	- nastavitelná výška pracovní plochy; (při práci v sedě je optimální výška pracovní roviny u mužů 22-31 cm a u žen 21-30 cm nad sedákem, výška sedáku nad podlahou se předpokládá v rozsahu 40 plus minus 5 cm); pokud jsou při práci používány přípravky (např. svěráky) a jiná technická zařízení, pak výškou pracovní roviny se rozumí místo, na němž jsou nejčastěji vykonávány pohyby
	- nastavitelná výška sedáku židle, použití židlí otočných, popř. pojízdných
	- stavitelná zádová opěrka s přizpůsobitelnou výškou a sklonem, přičemž má podepírat dolní část páteře v místě jejího zakřivení
	- vhodný tvar a povrch sedadla
	- chodidla položena na podlaze nebo na podložce pro nohy

Požadavky na posuzovaný objekt: Kanceláře

Se zaměstnanci kanceláří by měla být konzultována vhodnost rozestavení kancelářského nábytku, jeho poloha v souvislosti s dopadem denního světla. Případně by mělo být zhodnoceno osvětlení prostor umělým světlem, kontrolovány by měly být i odrazy z monitorů.

V současné době je probírán vliv modrého světla, kterým na osoby působí monitory počítačů a chytrých telefonů. V této souvislosti lze zaměstnancům zakoupit speciální nedioptrické oční brýle s filtry, které modré světlo eliminují. Dále je třeba zaměstnancům pořizovat ergonomicky vhodné židle, které je možné navíc upravovat podle výšky jednotlivých uživatelů. I u drobných pracovních pomůcek je nutné pořizovat takové, aby jejich užívání bylo bezpečné. Zakládání listin a dokumentů do archivačních skříní by mělo být podpořeno vhodnými obaly a kartotékami.

3.2 Sklady

Vzhledem k velmi důležitým materiálům a dokumentům, které jsou v daném objektu skladovány je nutné přezkoumání posouzení rizik, aby bylo zaručeno, že jsou minimalizovány potenciální hrozby. Nejrizikovější identifikace možných nebezpečí a jejich analýza je ukázána v Tabulce 4.

Tabulka 4. PNH analýza objektu skladovacích prostor (upraveno [7])

#	Subsystém	Identifikace nebezpečí	Vyhodnocení závažnosti rizika			
			<i>P</i>	<i>N</i>	<i>H</i>	<i>R</i>
#1	Skladovací regály	- pád materiálu z regálové buňky a zasažení pracovníka	1	2	1	2
#2	Skladovací regály	- pád břemene na pracovníka, zasažení pracovníka pádem břemene, pohybujícím se břemenem, při ukládání a vyjímání materiálu do regálů a při regálové manipulaci	2	2	1	4

V rámci korektního stanovení bezpečnostních zásad jsou v Tabulce 5 vypsána obecná bezpečnostní opatření, která jsou k daným subsystémům přiřazena a podle kterých se následně také vymezili požadavky na skladovací prostory pro zlepšení bezpečnosti v dané oblasti.

Tabulka 5. Bezpečnostní opatření pro subsystémy u posuzovaného objektu skladovacích prostor (upraveno [7])

Subsystém	Bezpečnostní opatření
Skladovací regály #1	- zajištění správného uložení břemene na podlahu regálu (na širší plochu, bez přesahu přes přední okraj podlahy regálu apod.)
	- podle potřeby a druhu materiálu fixace a zajištění materiálu proti pádu
	- zajištění stability každého druhu materiálu ukládaného do regálu
Skladovací regály #3	- dodržování zákazu zdržovat se v pásmu možného nežádoucího pohybu břemene a pod břemenem při ukládání materiálu vozíkem
	- dodržování zákazu narušovat stabilitu materiálu v regálech, např. vytahování předmětů a prvků zespod nebo ze strany
	- dodržovat zákaz šplhání po regálu, vstupování do regálu a na něj

Požadavky na posuzovaný objekt: Skladovací prostory

Z navržených opatření vyplývá nutnost správného a vhodného umístění skladovaných materiálů a zboží tak, aby manipulace s nimi byla vždy bezpečná a zároveň nedocházelo k přetěžování regálových polic a celých systémů. V rámci činností a kontrol v oblasti BOZP musí majitel areálu pravidelně skladovací prostory a jednotlivé regály kontrolovat a vést o těchto kontrolách písemné záznamy.

3.3 Dílny

V rámci objektu dílen jsou posuzovány dvě hlavní činnosti, jež jsou zde provozovány, a to sice svařování a lakování. Jelikož se jedná o stejné prostory, tak je tato kapitola posuzována jako celek v Tabulce 6.

Tabulka 6. PNH analýza u činností svařování a lakování v prostorách dílny (upraveno [7])

#	Subsystém	Identifikace nebezpečí	Vyhodnocení závažnosti rizika			
			P	N	H	R
#1	Svařování el. obloukem a plamenem	- popálení různých částí těla tzv. žhavým rozstříkem jisker, kapiček roztaveného kovu a strusky, úlomků již ztuhlé strusky při jejím odstraňování, (nebezpečné může být např. zapadnutí žhavé částice do pracovní obuvi), nebezpečí je závažnější při svařování el. obloukem a při drážkování propalování děr kyslíkem	2	3	1	6
#2	Svařování el. obloukem a plamenem	- popálení nechráněné části těla (ruky) přímým dotykem svářeče s ohřátým řezem, řezaným kovovým materiálem a horkými kovovými povrchy při přenosu tepla	2	2	1	4
#3	Ruční manipulace lakování	- přiskřípnutí prstů, přiražení ruky pracovníka	2	2	1	4
#4	Ruční manipulace lakování	- zakopnutí, podvrtnutí nohy, zranění rukou při uklouznutí, klopýtnutí - naražení a pád pracovníka na dopravní prostředek, na manipulační zařízení, na uložené předměty	2	2	1	4

Pro jednotlivé činnosti posuzované v dané oblasti jsou dána obecná bezpečnostní opatření, která jsou představena v Tabulce 7. Právě na základě těchto stanovených opatření jsou specifikovány potřeby na posuzovaný objekt pro zvýšení bezpečnosti při práci. Závěrečné požadavky na objekt tak představují společné nastavení vyplývající ze zásad obou posuzovaných činností v prostorách dílen. Důležité je zmínit, že i když se jedná o společná ustanovení, je tomu tak pouze vzhledem ke společným prostorám, ale u konkrétního posuzování činností je nutné je rozlišit.

Tabulka 7. Bezpečnostní opatření pro subsystémy u posuzovaných činností svařování a lakování (upraveno [7])

Subsystém	Bezpečnostní opatření
Svařování el. obloukem a plamenem #1	<ul style="list-style-type: none"> - správné provádění svařování, důsledné používání OOPP k ochraně zraku, obličeje i ostatních částí těla - při řezání kyslíkem jsou ohrožení a opatření obdobná jako při svařování, resp. pálení plamenem, zvýšené nebezpečí vyplývá z většího víření prachu a většího rozstříku řezaného kovu; nutná ochrana prostoru pod místy svařování ve výšce proti žhavému rozstříku
Svařování el. obloukem a plamenem #2	<ul style="list-style-type: none"> - používání OOPP (rukavic) - dodržování správných pracovních postupů
Ruční manipulace – lakování #3	<ul style="list-style-type: none"> - předměty, které na sebe při skladování těsně doléhají a nemají části umožňující bezpečné uchopení (oka, držadla apod.) ukládat na podkladech (jako podkladů nepoužívat kulatiny) - při ruční manipulaci s těžkými předměty používat vhodných pomůcek, ručního nářadí (např. kolečkových zvedáků)
Ruční manipulace – lakování #4	<ul style="list-style-type: none"> - rovný, nevytlučený a nekluzký povrch podlah, komunikací, ložných ploch vozidel, manipulačních prostor - pořádek na pracovištích, odstranění vyčnívajících překážek (např. vyčnívající poklopy, víka, rohože, stupně, prahy, hadice, kabely a pohyblivé el. přívody, kotevní šrouby atd.)

Požadavky na posuzovaný objekt: Dílny

V uvedených dvou oblastech je třeba zaměstnávat osoby s vhodným vzděláním či po absolvování certifikovaných rekvalifikačních kurzů. Tyto osoby musí být zároveň školeny na jednotlivé činnosti. Důležitým předpokladem je i dozor nad novými zaměstnanci. Osoby, které v rámci svých pracovních činností svařují musí mít platný svářečský průkaz. U obou činností je důležitým předpokladem pro bezpečnou práci dodržování pořádku, stanovených postupů a využívání vhodného vybavení. Zaměstnanci musí být tedy vybaveni vhodným pracovním oblečením, rukavicemi a obuví. Na celý proces práce a využívání pomůcek by měla být dělána školení a průběžné kontroly o dodržování.

3.4 Provozní prostory

Do objektů provozních prostorů bylo zkoumáno posouzení úklidových prací, které jsou nedílnou součástí celého chodu organizace. Zejména v provozních prostorách, kde jsou významným faktorem pro správný a bezkolizní chod všech příslušných procesů. V přezkoumání se jednalo zejména o oblasti posuzované v Tabulce 8.

Tabulka 8. PNH analýza u posuzovaných činností: úklid provozních prostor (upraveno [7])

#	Subsystém	Identifikace nebezpečí	Vyhodnocení závažnosti rizika			
			P	N	H	R
#1	Úklid provozních prostor	- poleptání pokožky žíravými čistícími a desinfekčními prostředky	1	1	1	1
#2	Úklid provozních prostor	- nevhodné prostory pro uskladnění úklidových prostředků	1	2	1	2

Obecná opatření pro jednotlivé subsystémy, které jsou znázorněny v Tabulce 9 jsou základním zdrojem následného stanovení požadavků na pracovní prostory, konkretizováno na činnost úklidu provozních prostorů.

Tabulka 9. Bezpečnostní opatření pro subsystémy u činnosti: úklid provozních prostor (upraveno [7])

Subsystém	Bezpečnostní opatření
Úklid provozních prostor #1	<ul style="list-style-type: none">- při používání žíravých čistících a desinfekčních prostředků používat příslušné OOPP, zejména k ochraně rukou, popř. očí- respektovat varovná upozornění na obalech a informace uvedené v bezpečnostních listech, jde-li o chemickou látku nebo přípravek
Úklid provozních prostor #2	<ul style="list-style-type: none">- pro uskladnění úklidových prostředků zřídit v každém podlaží přiměřeně velké prostory, vybavené přívodem pro teplou a studenou vodu, výlevkou, dostatečně větratelné, opatřené omyvatelným povrchem stěn do výše 1,80 m a protiskluzovou podlahou- tyto prostory nesmí sloužit jako šatny, převlékárny

Požadavky na provozní prostory, specifikované pro činnost: Úklid provozních prostor

Jak již bylo zmíněno v předchozích bodech, pořádek na pracovištích je důležitým předpokladem bezpečného výkonu všech pracovních činností. Úklid prostor je nutné opět provádět ve vhodných pracovních oděvech s dostatkem bezpečných úklidových prostředků.

3.5 Využití knowledge managementu v rámci bezpečnostního opatření

Zásady, které byly díky posuzování možných rizik stanoveny představují jasná pravidla nutná pro dodržování. Jsou v nich zahrnuty například postupy, metody, nutné vybavení, oprávnění personálu apod. Důležité je zde ale i faktor informovanosti celého personálu v organizaci, ať už jde o vrcholový management nebo o běžné pracovníky v prostorách dílen. Vždy se musí informovanost upravit na základě potřeb jednotlivých oblastí, ale je nutné, aby zde bylo zahrnuto vše potřebné pro danou skupinu [4].

Právě tento knowledge management představuje jakousi správu povědomí zaměstnanců nejenom o tom, co dělat v případě, že se něco stane, ale také o znalosti spojené s tím, co různé rizik a kolize mohou způsobit, pokud by měli nastat. Mnohdy totiž ten fakt, že ví, jak velké následky nebo hrozby může nedodržení určitých zásad přinést, má za příčinu daleko větší obezřetnosti při práci a používání správného vybavení. Správné informování může následně vést i k obecné změně bezpečnostní politiky organizace, kdy zaměstnanci budou sami chtít pracovat bezpečně, jelikož si jsou dobře vědomi možných následků [4].

4 Závěr

V práci byly zmíněny činnosti, kterými se hodnocená organizace zabývá a představují objekty potřebné pro nové posouzení rizik. Hlavním cílem hodnocení rizik je ochrana zdraví, životů zaměstnanců a všech osob na pracovištích. V rámci hodnocení rizik pomocí metody PNH byly vyčísleny celkové hodnoty posuzovaných rizik. Zdrojem hodnot byl software Rožnovského vzdělávacího systému, který společnost vyvinula právě pro hodnocení rizik uvedenou metodou. Zároveň byla navržena opatření, kterými lze rizikové činnosti provádět tak, aby byly pro zaměstnance bezpečnější. Nedílnou součástí následně bylo i stanovení spojitosti mezi knowledge managementem a samotným zaváděním bezpečnostních opatření v organizaci.

Součástí právních předpisů, zabývajících se touto oblastí, je i povinnost provádět hodnocení rizik při zavádění nových postupů a činností a zároveň hodnocení provádět pravidelně. Společnost, která dbá zásad BOZP vytváří vhodné pracovní prostředí a její činnosti se mohou dále rozvíjet.

Je třeba také dodat, že posuzování rizik by nemělo být prováděno pouze na základě přidání činností nebo provedení různých změn v organizaci, ale mělo by se jednat o jednoznačně stanovené průběžné přezkoumávání. Tento krok je důležitý zejména k tomu, aby bezpečnostní opatření, a tedy bezpečnost při práci reflektovala nejen nové zásady v organizaci, ale také veškeré okolní faktory.

Poděkování

Tato studie byla zpracována za pomoci prostředků, poskytnutých Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně – Fakultou aplikované informatiky v rámci projektu IGA/FAI/2023/003.

Reference

- [1] PROCHÁZKOVÁ, D., (2011). Analýza a řízení rizik. Praha: ČVUT. ISBN 978-80-01-04841-2
- [2] Risk Analysis and Risk Management: Assessing and Managing Risks. *Management Training and Leadership Training – Online* [online]. Scotland (Edinburgh): Emerald Works Limited, © 2022 [cit. 2022-04-27]. Dostupné z: https://www.mindto-ols.com/pages/article/newTMC_07.htm
- [3] PŮČEK, Milan Jan. ANALÝZA RIZIK. In: *Terminál – interní prostředí* [online]. Praha: Národní síť Zdravých měst, 2020, 2020 [cit. 2022-04-16]. Dostupné z: https://www.dataplan.info/img_upload/f96fc5d7def29509aeffc6784e61f65b/ana-lyza-rizik-text-metodika.pdf
- [4] ABUBAKAR, Abubakar Mohammed et al. Knowledge management, decision-making style and organizational performance. *Journal of Innovation & Knowledge* [online]. 2019, vol. 4, no. 2, s. 104-114. ISSN 2444-569X. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2444569X17300562>
- [5] ŠILHÁNKOVÁ, Vladimíra a Květa NETÍKOVÁ. *Komparace metod analýzy rizik pro hodnocení bezpečnostních hrozeb lokalit brownfields* [online]. Masaryk University Press, 2020
- [6] ELIÁŠOVÁ, Zuzana. *Analýza rizik ve společnosti HART PRESS, spol. s r. o.* [online]. Zlín, 2015 [cit. 2022-04-27]. Dostupné z: https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/34380/eli%C3%A1%C5%A1ov%C3%A1_2015_dp.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky. Vedoucí práce Eva Hoke
- [7] *Rožnovský vzdělávací servis* [online]. Rožnov pod Radhoštěm: ROVS, 2020 [cit. 2023-02-28]. Dostupné z: http://www.rovs.cz/software/rizika-na-pc-novy-software_s34

Ochrana mäkkých cieľov železničnej infraštruktúry

Klaudia Kubalová¹, Tomáš Loveček²

¹ Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva,
1. mája 32, 010 26, klaudiakralova1@gmail.com

² Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva,
1. mája 32, 010 26, tomas.lovecek@uniza.sk

Abstrakt:

Priestory, v ktorých sa koncentruje veľké množstvo osôb, pútajú pozornosť páchatel'ov teroristických útokov, násilnej trestnej činnosti a iných prejavov kriminality. Udalosti posledných dní indikujú, aká exponovaná je diskusia a povedomie o zraniteľnosti tzv. mäkkých cieľov (z angl. soft targets) a aké postupy je možné aplikovať k zvýšeniu ich ochrany. Bezpečnosť verejných priestorov je možné docieľiť kombináciou rôznych opatrení. V článku sa zameriame na zaistenie bezpečnosti prostredníctvom environmentálneho dizajnu. Konceptia CPTED (crime prevention through environmental design) je venovaná identifikácii podmienok fyzického a sociálneho prostredia, ktoré dávajú možnosť páchať trestnú činnosť a ich následnej modifikácii, ktorej zámerom je obmedziť ju. Udržateľnosť v zastavanom prostredí je výsledkom rozhodnutí tých, ktorí plánujú, stavajú, vlastnia a využívajú mestské priestory. Nedostatočná úroveň informovanosti širokej verejnosti o existencii mäkkých cieľov, potrebe ich ochrany a možnosti zvýšenia úrovne ich bezpečnosti prostredníctvom novodobej stratégie, negatívne ovplyvňuje vývoj krivky zaznamenaných incidentov.

Kľúčové slova: prevencia kriminality, environmentálny dizajn, verejný priestor, koncepcia CPTED, železničná infraštruktúra, bezpečnosť, kriminalita.

1 Úvod

V súčasnej dobe môžeme pozorovať vzrastajúci počet teroristických útokov a násilnej trestnej činnosti, čo má za následok viditeľný nárast nervozity a napätia v spoločnosti. Nielen na území Európy, ale aj po celom svete sa teroristické útoky a násilná trestná činnosť sústreďujú najmä v blízkosti objektov, ktoré sú prístupné verejnosti, vyznačujú sa relatívne nízkou úrovňou zabezpečenia a vysokou koncentráciou osôb, tzv. mäkké ciele (angl. soft targets) [1]. Tendencia kontrolovať a ovplyvňovať správanie ľudí pomocou pretvárania prostredia siaha až do dávnych čias, pričom stratégia environmentálneho dizajnu je až neskorším produktom, ktorý vznikol v dôsledku vplyvu urbanizácie a industrializácie na nárast kriminality v Chicagu [2]. Cieľom článku je poukázať na efektívnosť koncepcie CPTED (Crime prevention through environmental design), ktorá sa preukázala ako efektívna stratégia pri redukcii kriminality. Jej účinnosť spočíva v schopnosti ovplyvňovať rozhodnutia kriminálnikov k páchaniu trestnej činnosti, a tým predchádzať vzniku trestných činov. Zámerom je podrobne opísať ako ľudské rozhodnutia formujú zastavané prostredie, ako aj nástroje, ktoré možno použiť na vytvorenie udržateľnejšej budúcnosti miest [3].

2 Základné východiská ochrany mäkkých cieľov

Mäkké ciele predstavujúce preplnené miesta, úzko súvisia s vysokým rizikom trestnej resp. inej protispoločenskej činnosti. Napriek absentujúcej medzinárodne platnej definícii mäkkých cieľov, sú expertmi známe ako objekty alebo udalosti, v ktorých sa koncentruje skupina ľudí sústredená na rovnakom mieste, pričom takéto miesta nemajú alebo neumožňujú implementovať štandardné bezpečnostné opatrenia [3].

Podľa „Stratégie ČR pre boj proti terorizmu“ (2013) mäkké ciele sú ľahko dostupné objekty alebo miesta s vysokou koncentráciou osôb, pre ktoré je typická prevažne nižšia miera zabezpečenia proti teroristickým útokom prípadne inému narušeniu [4].

Forest (2006) vo svojom diele definuje mäkký cieľ nasledovne: „Mäkké ciele sú siete civilistov, v ktorých sa zhromažďuje veľké množstvo osôb, ako napríklad školy, národné pamiatky, športoviská, hotely, nemocnice, kultúrne centrá, divadlá a kiná, kaviarne a reštaurácie, miesta pre prácu, nočné kluby, nákupné centrá a dopravné siete akými sú metro, vlaky, autobusy a iné. Za mäkké ciele sú taktiež označované **miesta pred samotným vstupom do tvrdého cieľa**, ktorý je chránený. Napríklad príletové haly letiska“ [5].

Na medzinárodnom fóre Global Counterterrorism Forum (GCTF 2017) v Turecku boli mäkké ciele charakterizované ako miesta, ktoré **podporujú spoločenskú a ekonomickú prosperitu**, kde sa ľudia zhromažďujú za účelom vzdelávania, nakupovania, stravovania, podnikania, zábavy, bohoslužieb alebo cestovania. Spravidla sú otvorené pre uľahčenie prístupu, a preto nemajú integrované dostatočné bezpečnostné opatrenia [6].

V dôsledku nejasnej charakteristiky mäkkých cieľov sú niektorými autormi nesprávne spájané s pojmami „crowded places,“ či „places of mass gathering“, tu je potrebné si uvedomiť, že k týmto výrazom nie je pridružený bezpečnostný význam.

Ministerstvo vnútra Českej republiky vo svojej metodike kategorizuje mäkké ciele **na základe funkcie priestoru**:

- **Nákupné centrá, trhy, obchodné komplexy:** v minulosti sa v obchodných centrách stalo množstvo tragických incidentov, pričom najčastejšie išlo o teroristické útoky s použitím výbušnín a branie rukojemníkov. Podľa štúdie RAND Corporation: Reducing Terrorism Risk at Shopping Centers sa od roku 1998 až po rok 2005 uskutočnilo vyše 60 teroristických útokov v nákupných centrách.
- **Školy a školské zariadenia (internáty, menzy, knižnice):** vyžadujú si špecifický bezpečnostný prístup. Za posledné obdobie sa stretávame nie len s teroristickými útokmi, ale aj útokmi organizovanými samotnými žiakmi (napr. útok žiaka sekerou na Slovensku, študent s mečom vo Fínsku, útok študenta v Číne a pod.).
- **Náboženské objekty:** sú cieľom prevažne islamského štátu a extrémne pravicových skupín. (Dánsko: strelba pri synagóge, 2015; Francúzsko: strelba v židovskej škole, 2012 a pod.).
- **Dopravná infraštruktúra:** útoky na dopravné prostriedky zasahujú nie len značné množstvo ľudí, ale aj paralyzujú dopravnú infraštruktúru, čím sa znásobuje ich dopad.
- **Divadlá, kiná, koncertné sály, zábavné centrá:** premiéra filmu: strelba, 12 mŕtvych, Aurora, 2012; kino: strelba, Louisiane, 2015; Masaker v koncertnej sále Bataclan, 2015.
- **Demonštrácie, zhromaždenia, pochody.**
- **Reštaurácie, kaviarne, hotely, bary, diskotéky, kluby:** pre útočníka býva významná národnostná skladba, prípadne sexuálne orientované podniky; útok pred LGBT kaviarňou, Bratislava 2022.
- **Športové centrá, haly, štadióny:** útoky pri štadióne Stade de France 2015.
- **Námestia, parky, turistické pamiatky, galérie, múzea:** nájazd vozidlom do davu ľudí na námestí v Pekingu, 2013.
- **Zdravotné zariadenia, nemocnice, polikliniky:** odborný časopis „Prehospital and disaster medicine journal“ vypracoval štúdiu v zložení belgicko- holandského kolektívu zameranú na teroristické útoky (1970-2019) na zdravotnícke zariadenia. Zistili, že útoky na tieto objekty sa v poslednom desaťročí strojnásobili.
- **Kultúrne/športové/náboženské akcie:** športová akcia: Boston, USA, 2013, bombový útok; kultúrna akcia: Dánsko, 2015, útok zbraňou.
- **Komunitné centrá [7].**

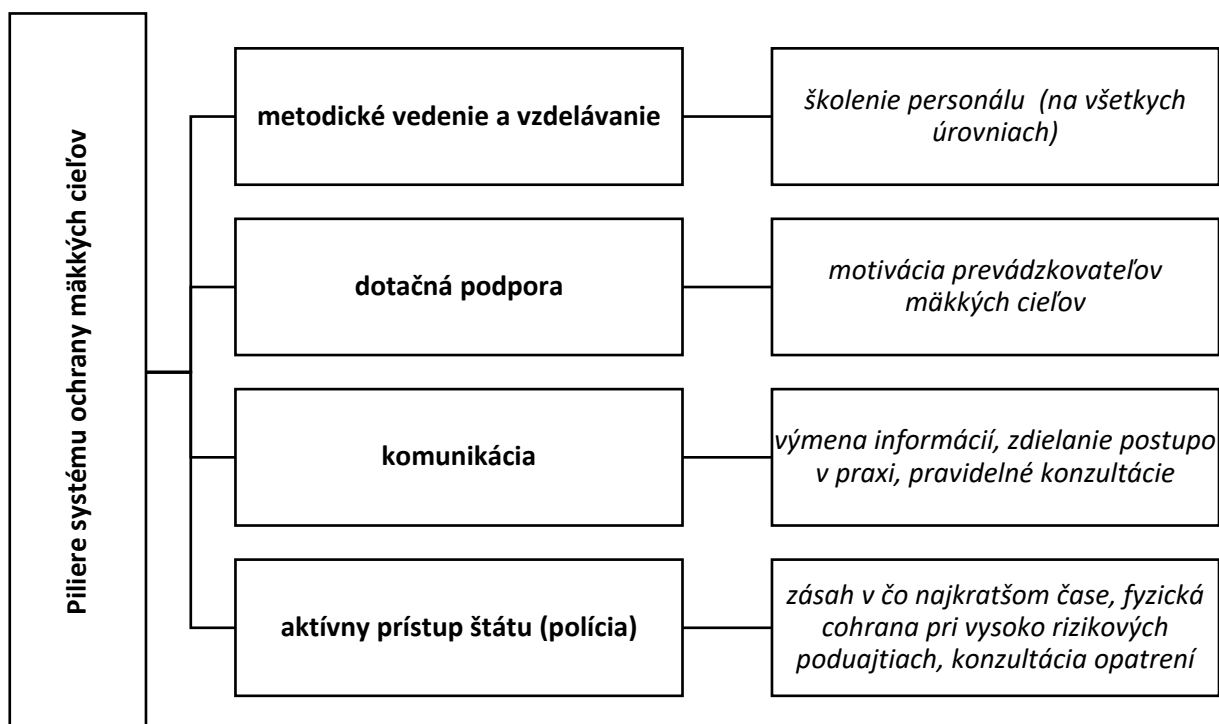
Kubíková (2017b) rozdeľuje mäkké ciele na **základe časového hľadiska** do 3 kategórii:

- **Príležitostné:** kostoly, námestia, trhoviská.
- **Dočasné:** objekty, ktoré majú zavedenú otváraciu dobu, počas ktorej sú sprístupnené verejnosti (divadlá, reštaurácie, školy, nákupné strediská).
- **Stále:** bez obmedzenia vstupu pre verejnosť (vlakové/autobusové stanice, letiská, nemocnice [8]).

Pri ochrane mäkkých cieľov je dôležité rešpektovať štyri základné východiská:

- **Proaktívny prístup:** je nevyhnutné predvídať a predchádzať incidentom/mimoriadnym udalostiam, ako aj pripraviť systém na okamžitú reakciu v prípade útoku. Bez prípravy nie je možné efektívne zareagovať na rýchle a intenzívne incidenty. Proaktívnou prípravou sa násobne zvyšuje šanca na zníženie následkov v porovnaní s reakciou bez predchádzajúcej prípravy.
- **Kooperácia, spolupráca:** spolupracovať musia všetky zainteresované strany (majitelia, polícia, obce, kraje, ministerstvá, jednotlivci). V súčasnosti sa začína rozvíjať spolupráca mäkkých cieľov navzájom (komunikačné platformy slúžiace na zdieľanie informácií).
- **Bezpečnosť ako zodpovednosť jednotlivca:** cieľom princípu je uvedomelosť, že o svoju bezpečnosť sa musí subjekt starať primárne sám a nespoliehať sa len na štát (polícia a pod). Daný princíp vychádza z reflexie elementárneho faktu: násilné útoky sa odohrávajú radovo v sekundách, resp. minútach, a tak vo väčšine prípadov nie je možné, aby štát efektívne zasiahol u každého mäkkého cieľa.
- **Nastavenie komunikačných procesov, organizácia a koordinácia činnosti osôb:** problémom väčšiny mäkkých cieľov sú financie, a preto v týchto prípadoch je potrebné, zamerať sa na opatrenia netechnického charakteru (školenia, rozdelenie právomocí, tvorba bezpečnostných analýz, auditu a pod.). Pri nastavovaní jednotlivých procesov sa odporúča zapojiť všetkých zamestnancov (odborný i neodborný personál) [9].

V publikácii „*Ochrana mäkkých cieľov*“ (2019) sú za základné piliere systému ochrany mäkkých cieľov považované:



Obrázok 1. Piliere systému ochrany mäkkých cieľov

V současnosti sa problematika ochrany mäkkých cieľov stáva hlavnou témou bezpečnostnej komunity. Hrozba teroristických a iných závažných násilných útokov na mäkké ciele je vysoko pravdepodobná, a tak je nevyhnutné sa ňou intenzívne zaoberať a reagovať na nové trendy.

2.1 Analýza teroristických útokov na mäkké ciele

K analýze teroristických útokov uskutočnených na objekty patriace do skupiny mäkkých cieľov bola využitá globálna databáza teroristických útokov (Global Terrorism Database -GTD), ktorá predstavuje najkomplexnejšiu databázu teroristických útokov na svete. Obsahuje informácie o viac ako 200 000 teroristických útokov uskutočnených po celom svete od roku 1970 až po súčasnosť [10].

Databáza je financovaná vládou Spojených Štátov Amerických a spolkovej republiky Nemecka. Národné konzorcium pre štúdium terorizmu a reakcií na terorizmus (START) poskytuje tieto informácie za účelom pochopenia teroristického násillia a jeho poznania. Databázu prevádzkuje špecializovaný tím technického personálu a vedeckých výskumníkov [11].

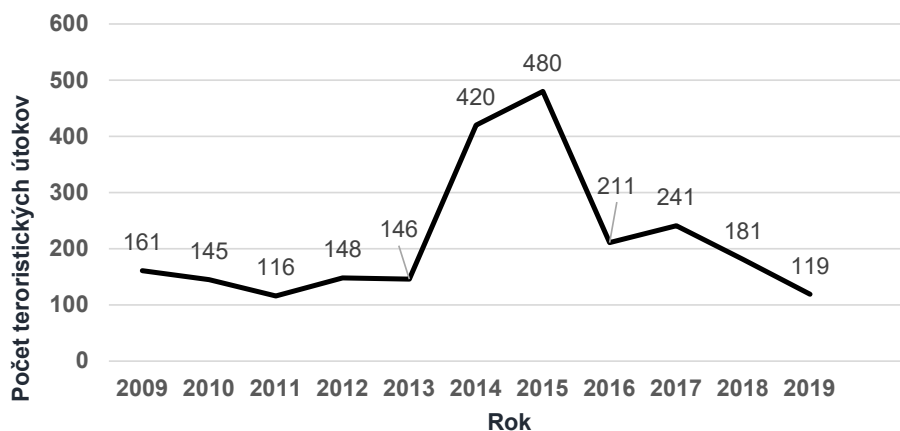
GTD definuje teroristický útok ako: „Skutočné alebo hroziace použitie násillia a nezákonnej sily neštátnym aktérom na dosiahnutie ekonomického, náboženského, politického alebo sociálneho cieľa prostredníctvom šírenia strachu, nátlaku alebo zastrášovania.“ [10].

Skutočnosť, že mäkké ciele sa stávajú najčastejším terčom teroristov potvrdil výskum českého bezpečnostného experta Kalvacha (2016), v ktorom uvádza, že v rokoch 1998 až 2014 bolo vykonaných 5 297 teroristických útokov, pričom viac ako polovica z celkového počtu bola uskutočnená práve na mäkké ciele [12].

Pri analyzovaní teroristických útokov uskutočnených na mäkké ciele boli sledované útoky, ktoré sa stali na území Európy za obdobie 2009-2019. Novšie dáta neboli pre bežných používateľov v čase výskumu dostupné. Pri zadávaní požiadaviek pre vyhľadávanie teroristických útokov sa spomedzi jednotlivých skupín cieľov útoku zvolili tie, ktoré svojimi vlastnosťami spadajú do kategórie mäkkých cieľov:

- vzdelávacie inštitúcie,
- verejné služby,
- doprava (autobusy, vlaky, diaľnice, metrá),
- náboženský predstavitelia a inštitúcie (kostoly, mešity),
- turisti, súkromní občania a majetok,
- mimovládne organizácie,
- novinári a médiá,
- letiská a lietadlá,
- obchodné inštitúcie (bary, obchodné strediská, reštaurácie) [22].

Medziročný vývoj teroristických útokov uskutočnených na objekty/subjekty spadajúce do kategórie mäkkých cieľov na území Európy za obdobie 2009-2019 je zobrazený na Obrázku 2.



Obrázok 2. Vývoj teroristických útokov za obdobie 2009-2019

Z analýzy teroristických útokov vyplynuli nasledovné prioritné modusy operandy, ktoré je potrebné pri tvorbe bezpečnostného systému mäkkých cieľov zameraného na teroristické útoky zohľadniť:

- bombový útok, výbušniny (53 %),
- ozbrojený útok, zápalné a strelné zbrane (18 %),
- útok na infraštruktúru (14 %),
- atentát (5 %),
- únos s rukojemníkmi (3 %),
- neozbrojený útok (2 %),
- iné (5 %) [12].

Podľa „Basics of soft targets protection guidelines“ v prípade dopravnej infraštruktúry ide o útoky na dopravné siete a dopravné prostriedky, ktoré môžu mať vplyv nielen na veľké množstvo ľudí, ale dokážu paralyzovať dopravnú infraštruktúru, čo znásobuje ich dopad na spoločnosť [13].

Vo svete sa v rokoch **1971-2019** uskutočnilo celkovo viac ako **7 000** zaznamenaných útokov na **dopravnú infraštruktúru** (letecká doprava, cestná doprava). Z toho v Európe bolo zaznamenaných približne 2 500 útokov, čo predstavuje cca 35 % podiel. V prípade Slovenskej republiky bol v databáze zaznamenaný len jeden prípad teroristického útoku, ktorý sa stal v Košiciach pri železničnej stanici v roku 1998. Muž, ktorý bol zodpovedný za bombový útok, sa stal prvým Slovákom odsúdeným za terorizmus [14].

Sektor dopravy je podľa zákona č. 45/2011 Z. z. o kritickej infraštruktúre tvorený podsektorom cestnej, leteckej, vodnej a železničnej dopravy. Najlepšie zabezpečeným podsektorom dopravnej infraštruktúry je letecká doprava, na ktorú sa uplatňuje nariadenie Európskeho parlamentu o spoločných pravidlách v oblasti bezpečnostnej ochrany civilného letectva ES 300/2008. Určujú sa v ňom základné normy a spoločné pravidlá o bezpečnostnej ochrane civilného letectva a o postupochoch na monitorovanie ich vykonávania [15].

Potreba chrániť dopravnú infraštruktúru je determinovaná nielen uskutočnenými teroristickými útokmi z minulosti (Tabuľka 1), ale aj nedostatočnou analýzou riešenia ich ochrany (Tabuľka 2).

Tabuľka 1. Útoky na dopravnú infraštruktúru

Útoky na stanice	Typ mäkkého cieľa	Počet obetí	Útočník	Spôsob útoku	Dátum
Atentát v Bologni	železničná stanica	85 mŕtvych, 200 zranených	neofašistická teroristická skupina	bombový útok	2. 8. 1980
Atentát v Londýne	metro a autobus	52 mŕtvych, 700 zranených	britskí moslimovia	bombový útok	7. 7. 2005
Útoky v Madride	železničné stanice	191 mŕtvych, 2057 zranených	militantní príslušníci ETA.	bombové útoky	11. 3. 2004
Útok v Düsseldorfe	železničná stanica	7 zranených	psychicky narušený	útok sekerou	9. 3. 2017
Útok v Bruseli	metro	34 obetí, 200 zranených	organizácia Islamský štát	bombový útok	22. 3. 2016
Útok v Marseille	železničná stanica	2 mŕtvi	pri útoku kričal „Alláhu akbar“	útok nožom	1. 10. 2017
Útok v Amsterdame	železničná stanica	3 zranení	neznámy dôvod	útok nožom	31. 8. 2018
Útok v Petrohrade	železničná stanica	14 mŕtvych 50 a viac zranených	kirgizský rodák	bombový útok	3. 4. 2017
Útok v Berlíne	železničná stanica	-	neznámi páchatelia	strelba na vlak	12. 4. 2019
Útok na vlak v Nemecku	železničná stanica	-	neznámy páchatel'	oceľové lano	7. 10. 2018
Útok v Nigérii	autobusová stanica	71 mŕtvych, 124 zranených	Islamský štát	bombový útok	14. 4. 2014
Útok v Jakarte	autobusová stanica	3 mŕtvi, 12 zranených	bojovník Islamského štátu	bombový útok	26. 5. 2017
India	autobusová stanica	1 mŕtvy, 30 zranených	neznámy páchatel'	útok granátom	7. 3. 2019

Tabuľka 2. Úroveň riešenia mäkkých cieľov v doprave

Dostupné dokumenty týkajúce sa mäkkých cieľov v doprave			
Krajina	Grafické odporúčania a kontrolné zoznamy	Usmernenia a príručky	Analýza útokov a postupov ich riešenia
Francúzsko			
Veľká Británia			
Väčšina štátov v EU			
Kanada, USA, Austrália, India			
Slovenská republika			

Okrem teroristických útokov na životy a zdravie ľudí nachádzajúcich sa v priestoroch, resp. v bezprostrednej blízkosti mäkkých cieľov je potrebné brať do úvahy aj inú protispoločenskú činnosť (lúpež, krádež, poškodenie cudzej veci, výtržníctvo, atď.). Z oficiálne zverejnených štatistík, **nie je** vo väčšine prípadov **možné zistiť konkrétne počty trestných činov**, resp. priestupkov viažucich sa na prvky **dopravnej infraštruktúry**.

3 Prevencia kriminality prostredníctvom environmentálneho dizajnu

V posledných rokoch sa teória prevencie kriminality využíva čoraz viac sofistikovanejšie, a to v dôsledku vedeckých prístupov slúžiacich k porozumeniu a riešeniu problémov kriminality. Zároveň, nastala významná zmena v spôsobe, akým navrhujeme a premýšľame o vybraných priestoroch, objektoch, mestách a pod. Vo viacerých prípadoch tento vývoj vyvrcholil holistickým myslením v oblasti urbanizácie a bezpečnosti v dôsledku neustáleho rozvoja spoločnosti a technológii [16].

Jeffery (1977) bol medzi prvými, kto použil pojem „prevencia kriminality prostredníctvom environmentálneho dizajnu“ a zároveň vyzval na rozvoj interdisciplinárnej behaviorálnej vedy o kriminalite a prevencii. Predstavil myšlienku, že fyzické prostredie ovplyvňuje príležitosti na spáchanie trestných činov. Postupy ako docieľiť bezpečnejšie prostredie a zvýšiť povedomie v tejto oblasti sú obsiahnuté v koncepcii CPTED, akronym pre Crime Prevention Through Environmental Design [17].

Najviac používanou definíciou koncepcie CPTED, s ktorou sa stretávame v zahraničnej literatúre, je definícia Cozensa, ktorý tvrdí: „Stratégia CPTED predpokladá, že pri vhodnom procese dizajnovania a pri efektívnom využití prostredia, ktoré bolo človekom vytvorené, možno dosiahnuť redukcii kriminality a obáv s ňou súvisiacich, a tým pádom aj zlepšenie kvality života [18].

Bezpečnostné aspekty koncepcie CPTED sú založené na niekoľkých princípoch, ktoré možno využiť pri aklimatizovaní vhodného prostredia, čím sa dá dosiahnuť nielen udržateľnosť miest, zvýšená bezpečnosť, ale aj zvýšená kvalita života. Vzhľadom na skutočnosť, že neexistuje jednotná medzinárodne platná definícia koncepcie CPTED, ako ani postup implementovania prvkov koncepcie CPTED, v odbornej literatúre sa stretávame s viacerými interpretáciami [16-20]. Najčastejšie uvádzanými princípmi koncepcie CPTED sú:

- **Prirodzený dohľad;**
- **Prirodzená kontrola prístupu;**
- **Teritorialita;**
- **Údržba.**

Norma ISO 22341: 2021 „*Security and resilience*“ striktné nedefinuje základné princípy koncepcie CPTED, ale poskytuje odporúčania, v ktorých uvádza, že organizácia by mala zvážiť **šesť základných princípov**:

- **Prirodzený dohľad;**
- **Prirodzená kontrola prístupu;**
- **Posilnenie územia;**
- **Imidž/údržba;**
- **Podpora aktivít;**
- **Sťažovanie cieľa [21].**

Koncepcia CPTED nie je komplexným riešením na problémy komunity, ale poskytuje prostriedky na odstránenie alebo zredukovanie kriminality.

V nasledujúcej tabuľke (Tabuľka 3) sú zhrnuté základné výhody a nevýhody vyplývajúce z koncepcie CPTED.

Tabuľka 3. Výhody a nevýhody koncepcie CPTED

Výhody koncepcie CPTED	Nevýhody koncepcie CPTED
univerzálnosť, multilateralita	užívatelia (alkohol, omamné a psychotropné látky, duševne chorí, agresívni a iné)
udržateľnosť miest a komúnit	individuálnosť potrieb/aktivita užívateľov
redukcia kriminality	nedostatočná flexibilita
vizuálna stránka prostredia	prvotná investícia
koncepčný prístup	„gated communities“
efektívne využívanie prostredia	kontroverznosť
bezpečnejšie prostredie	neexistencia všeobecného postupu aplikovania
ekonomické výhody	neschopnosť posúdiť riziká
nákladová efektívnosť	nedostatočné financovanie
zníženie pravdepodobnosti a škôd spôsobených protiprávnym konaním	nesprávne pochopenie
zvýšenie produktivity	
kooperácia	
sociálna interakcia	
ostatné sociálne výhody	
uplatňovanie založené na dôkazoch	

3.1 Analýza teoretických a praktických riešení koncepcie CPTED

Jedno z prvých empirických hodnotení koncepcie CPTED sa začalo v roku 1971 a prebiehalo až do roku 1973. Richard Gardiner, urbanista, bol najatý ministerstvom spravodlivosti USA na testovanie efektívnosti aplikácie prvkov koncepcie CPTED na úrovni susedstva. Po troch rokoch rozsiahleho testovania a zberu informácií, Gardinerova (1978) štúdia „Hartford Neighborhood Anti-crime Study“ zistila priamu inverziu vzťahu medzi zločinom a susedstvom založeným na koncepcii CPTED. Environmentálny dizajn zameraný na redukovanie kriminality fungoval ako zníženie príležitostí na zločin. Výsledky štúdie v Hartforde viedli k vypracovaniu federálneho programu zameraného na podrobnú analýzu koncepcie CPTED, vrátane jej implementácie [22, 24].

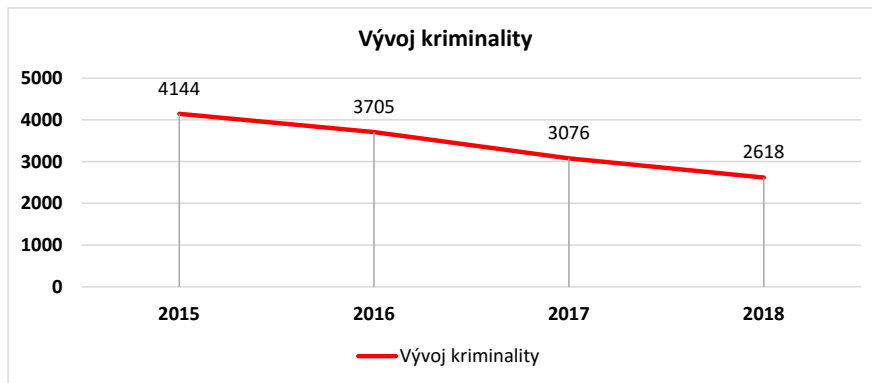
Austrália implementovala koncepciu CPTED do svojich usmernení o plánovaní miest, pričom odkazuje na sekciu 79C zákona o environmentálnom plánovaní a hodnotení z roku 1979, v ktorom odporúča implementovať princípy CPTED [23].

Ďalšou konkrétnejšou štúdiou bola prípadová štúdia z Kalifornie, v ktorej Pieser a Chang (1998) poukazujú na klesajúcu tendenciu trestnej činnosti v závislosti od aplikácie prvkov koncepcie CPTED (obmedzený počet únikových ciest, kamerový systém, vylepšené osvetlenie, kontrola prístupu, nočné bezpečnostné hliadky a iné). Bolo dokázané, že aplikáciou spomínaných prvkov sa vandalizmus znížil až o polovicu, pričom využívanie takýchto priestorov sa zvýšilo zo 75 % na 98 %. Prehľady zbierok prípadových štúdií CPTED vo všeobecnosti naznačujú, že intervencie CPTED znižujú kriminalitu [22].

Podľa normy ISO 22341:2021 „Security and resilience: Protective security – Guidelines for crime prevention through environmental design“ koncepcia CPTED zvyšuje bezpečnosť komunity a priemyselnú bezpečnosť nákladovo efektívnym spôsobom [21].

V Malajzii v roku 2015 prijali koncepciu CPTED ako hlavnú stratégiu pri redukcii kriminality na celoštátnej úrovni, pričom dospeli k záveru, že koncepcia CPTED je hlavným faktorom znižovania kriminality, ktorej objektívny účinok je možné hodnotiť až tri roky po implementovaní jej prvkov.

Na Obrázku 3 je znázornený vývoj kriminality v meste X v Malajzii za obdobie 2015-2018 [22, 24].



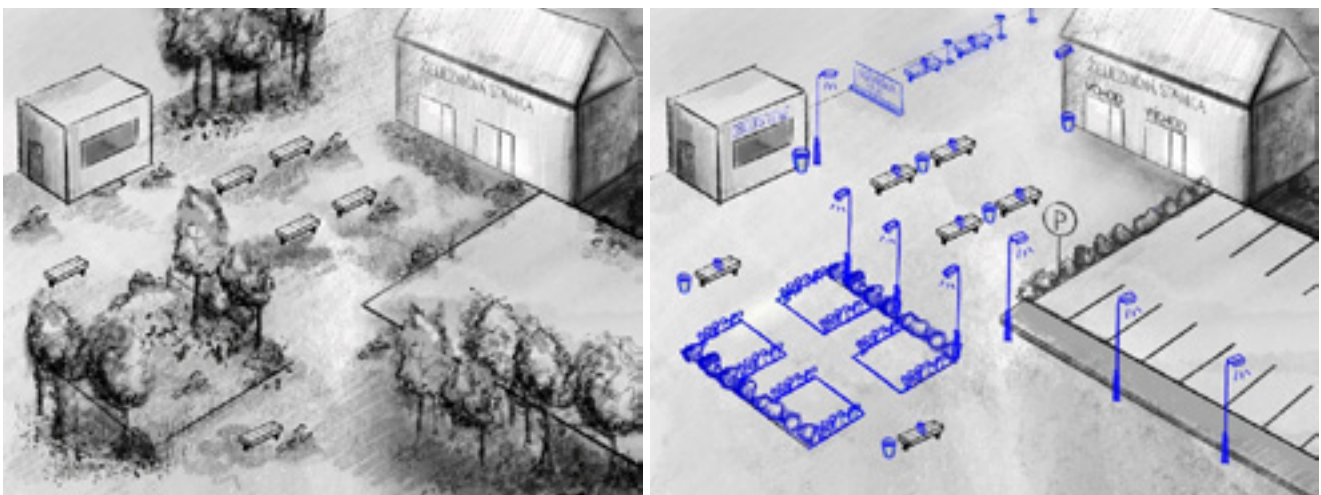
Obrázok 3. Vývoj kriminality po aplikácii koncepcie CPTED

3.2 Grafické návrhy technických opatrení

Táto časť uvádza všeobecné príklady implementácie overených prvkov, avšak, nemá za cieľ poskytnúť vyčerpávajúci zoznam návrhov s detailnými fyzickými alebo architektonickými opatreniami v oblasti prevencie kriminality prostredníctvom environmentálneho dizajnu, ako ani obmedziť potenciálne postupy implementácie len na objekt a okolie železničnej stanice.

Koncepcia CPTED zahŕňa návrh fyzického priestoru v kontexte bežného a očakávaného využitia, ako aj predvídateľné správanie ľudí v priestore. Zdôrazňuje prepojenie medzi funkčným využitím priestoru a správaním užívateľov priestoru.

Navrhované opatrenia vychádzajú zo stratégie prirodzeného dohľadu, prirodzenej kontroly, riadenia údržby priestoru a prirodzeného rozdelenia oblastí.



Obrázok 4. Okolie železničnej stanice pred a po aplikácii prvkov koncepcie CPTED

Kriminalita sa dotýka mnohých segmentov spoločnosti. Ovplyvňuje rodiny, komunity, obecné zastupiteľstvá, mestá, políciu i vládu. Na obrázku vľavo je zobrazené okolie železničnej stanice, ktoré do výraznej miery nepriamo podporu kriminalitu (vysoké rozvetvené stromy, nedostatočná údržba, absentujúce osvetlenie, označenie vstupov, odpadkové koše a pod.). Takéto prostredie znižuje vizuálnu stránku okolia, priťahuje páchatel'ov trestnej činnosti, bezdomovcov a vzbudzuje strach a neistotu u občanov.

Kľúčovým princípom pri navrhovaní prostredia je **prirodzený dohľad**, ktorý je zabezpečený vhodne umiestneným osvetlením, kamerovým systémom, ale aj úpravou rozvetvených stromov, prípadne kríkov. Správnym usporiadaním prostredia zabezpečíme nielen aktívny (CCTV, osvetlenie), ale aj pasívny dohľad (užívateľia, transparentné bariéry).

Princíp **teritoriality** je podporený vyznačením formálnych a neformálnych priestorov. V rámci verejného priestoru v bezprostrednej blízkosti železničnej stanice sú zreteľne vymedzené zóny pre fajčenie, stravovanie, parkovanie ako aj čakanie. Vstup/výstup do/z budovy je jasne označený, čím nedochádza k neusmernenému pohybu osôb idúcich jedným smerom (redukcia príležitostí tzv. „vreckových zlodejov“).

Okolie železničnej stanice disponuje odpadkovými košmi a popolníkmi, pri ktorých je zabezpečená **pravidelná výmena**. Lavičky sú predelené opierkami na ruku, čo zabraňuje prespávaniu bezdomovcov. Lavičky nemusia byť predelené len opierkou na ruku, ale môžu byť navrhnuté tak, aby svojim dizajnom znemožnili využívanie lavičiek za účel prespávania.

Kontrola prístupu na verejných priestranstvách je zložitá, a je takmer nemožné ju zabezpečiť, avšak, existujú tzv. „nefyzické“ alebo „psychologické bariéry“, ktoré možno použiť na dosiahnutie cieľa kontroly prístupu. Pod týmito bariérami si môžeme predstaviť značky (parkovisko, WC, označenie monitorovania priestoru a iné), prírodné pásy alebo čokoľvek, čo poukazuje na integritu a jedinečnosť danej oblasti. Myšlienka psychologické bariéry spočíva v tom, že ak sa cieľ zdá určitým spôsobom nedostupný stáva sa neatraktívnym pre potenciálneho páchatel'a. Táto stratégia môže obmedziť príležitosti na trestnú činnosť a zároveň nebráni mobilite.

Kontrola prístupu na parkovisku, ktoré je súčasťou železničnej stanice je zabezpečená prostredníctvom rampy a obmedzených počtov vstupov.

Integráciou prvkov koncepcie CPTED dokážeme do istej miery vplyvať na konanie páchatel'ov, a tým obmedziť trestnú činnosť, zvýšiť kvalitu života, zvýšiť vizuálnu stránku okolia a podporiť udržateľnosť miest a komunít.

4 Záver

Mäkké ciele, ako špecificky vymedzená oblasť s vysokým počtom a koncentráciou ľudí, ktorá je ľahko dostupná, relatívne nechránená, a teda zraniteľná, je potrebné chrániť pred úmyselnými antropogénnymi hrozbami.

Bezpečnosť, ochrana života, zdravia a majetku občanov závisí od správneho fungovania mnohých systémov. Jedným zo základných infraštruktúrnych prvkov nevyhnutných na zabezpečenie životných podmienok je doprava, pričom je nutné riešiť slabé miesta v sektore, ako sú železničné a autobusové stanice, ktoré sú označované ako mäkké ciele. V dôsledku ich otvorenosti a nedostatočného, resp. žiadneho zabezpečenia sa stávajú ideálnym miestom pre páchanie trestnej činnosti.

Je preukázané, že nevhodne navrhnutý dizajn prostredia môže vytvárať podmienky, ktoré podnecujú k páchaniu trestnej činnosti. Správnou tvorbou dispozičného riešenia priestorov, resp. objektov môžeme prispieť k vyššiemu pocitu bezpečia, zníženiu strachu z kriminality, k zvyšovaniu kvality života a zlepšeniu vizuálnej stránky života.

Pod'akovanie

Tento článok bol pripravený v rámci podpory projektu APPV-20-0457 Monitorovanie a trasovanie pohybu a kontaktu osôb v zdravotníckych zariadeniach.

Reference

- [1] KALVACH, Z., 2016. *Základy ochrany měkkých cílů*. Praha: Soft Targets Protection Institute. Ministerstvo vnitra České republiky
- [2] KRÁLOVÁ, K., 2021. Ovpłyňovanie prostredia prostredníctvom metódy CPTED [online]. In: *Trilobit*. [cit. 2022-09-20]. Dostupné z: <http://trilobit.fai.utb.cz/Data/Articles/PDF/88c23d09-3824-4171b549-f287e2e11474.pdf>
- [3] CROWE, T., 2013. *Crime prevention through environmental design*. United States of America. ISBN 978-0-12-411635-1
- [4] MV ČR. 2013. *Strategie české republiky pro boj proti terorismu*. Praha: Odbor bezpečnostní politiky, 2013. [cit. 2022-02-07] Dostupné na: <https://www.databaze-strategie.cz/cz/mv/strategie/strategie-cr-pro-boj-proti-terorismu-od-roku-2013>
- [5] FOREST, J. 2006. *Homeland Security: Protecting American's targets*. Greenwood:United States of America, 2006. 1528p. ISBN 0-275-98769-8
- [6] U.S. Embassy and Consulates. 2021. 2017 Country Reports on Terrorism. Indonesia, 2021. Dostupné na: <https://id.usembassy.gov/our-relationship/official-reports/2017-country-reports-on-terrorism/>
- [7] KALVACH, Z. 2016. Základy ochrany měkkých cílů - metodika (1. verze). Praha. Dostupné na: [file:///C:/Users/Klaudia/Downloads/Metodika_-_Z%C3%A1klady_ochrany_m%C4%9Bkk%C3%BDch_c%C3%ADl%C5%AF%20\(11\).pdf](file:///C:/Users/Klaudia/Downloads/Metodika_-_Z%C3%A1klady_ochrany_m%C4%9Bkk%C3%BDch_c%C3%ADl%C5%AF%20(11).pdf)
- [8] KUBÍKOVÁ, Z., 2017(a). *Niektoré problémy ochrany mäkkých cieľov* [online]. Žilina. [cit. 2022-02-07]
- [9] GTD. 2022. GTD Search resultes. [on-line]. University of Maryland:START. [cit. 2023-02-07]
- [10] BATKO, M., 2016. „Terorismus z pohledu veřejné politiky“. Praha, 2016. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze, Fakulta sociálních věd, Institut sociologických studií
- [11] APELTAUER, T., 2019. *Ochrana měkkých cílu*. Praha: Leges. 171s. ISBN 978-80-7502-427-5
- [12] Duricova, L. a kol. 2018. The Proposal of the Software for the Soft Targets Assessment. International conference on soft computing, intelligent system and information technology, 2018. DOI10.1109/ICSIT.2017.9
- [13] HESTERMAN, J., 2015. *Soft Target Hardering: Protecting People from Attack*. USA. ISBN 978-1-4822-4421-2
- [14] SLIVKOVÁ, S., 2018. Určování kritických prvků v oblasti železniční dopravy, Dizertačná práca. Fakulta bezpečnostního inženýrství, Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava
- [15] Zákon č. 45/2011 Z. z. o kritickej infraštruktúre
- [16] COZENS, P. M., 2008. New urbanism, crime and the suburbs: a review of the evidence, Urban Policy and Research. doi:10.1080/08111140802084759
- [17] COLQUHOUN, I., 2004. *Design out crime: Creating safe and sustainable communities*. Oxford Elsevier
- [18] FAY, J. J., 2007. *Encyclopedia of security management*. Second edition. Elsevies. ISBN 978-0-12-370860-1
- [19] FENELLY, L. J., 2017. Parking lots and garages. In L. J. Fenelly and M. A. Perry (eds.). *Physical security: 150 Thing you should know*. Cambridge, MA: Elsevies
- [20] FENELLY, L. J., 2018. *CPTED and traditiona security countermeasures*. CRC press. ISBN 978-1-138-48974-5

- [21] ISO 22341: 2021 „*Security and resilience*“ Protective security – Guidelines for crime prevention through environmental design
- [22] SHAMIR, R., 2021. Crime prevention through environmental design and its challenges in reducing crime: a case of Selangor, Malaysia. In: Security journal
- [23] HURLEY, R., 2017. Designing security and working with architects. In L. J. Fenelly (Ed.), *Effective physical security* (5th. ed.). Boston, Ma: Elsevier
- [24] SHAMIR, R., 2022. Issues with the application of CPTED in urban development: a case of City X, Malaysia. In. Security journal

Multikriteriálne rozhodovanie ako model pre výber optimálneho sieťového zariadenia

Matúš Madleňák¹, Katarína Kampová²

¹ Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva,
1. mája 32, 01026 Žilina, matus.madlenak@uniza.sk

² Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva,
1. mája 32, 01026 Žilina, katarina.kampova@uniza.sk

Abstrakt:

Zdravotníctvo patrí medzi najdôležitejšie systémy štátu a je neodmysliteľnou súčasťou obyvateľov, hlavne tých, pre ktorých je zdravotná starostlivosť nevyhnutná. Faktory ovplyvňujúce funkčnosť tohto systému z hľadiska personálneho zabezpečenia sú rôzne. Jedným z nich sú infekčné ochorenia, medzi ktoré patrí aj ochorenie COVID-19. Preto je potrebné sa zaoberať možnosťami udržania kontinuity zdravotného systému v zdravotníckych zariadeniach. Tomu prispieva aj výskum, ktorému sa venujú výskumníci z Fakulty bezpečnostného inžinierstva Žilinskej univerzity v rámci projektu APPV-20-0457. Cieľom projektu je navrhnúť systém na monitorovanie a trasovanie pohybu a kontaktu osôb v uzavretom priestore, pre ktorého funkčnosť je potrebné zvoliť vhodné komponenty, medzi ktoré patria aj sieťové zariadenia.

Kľúčové slová: sieťové zariadenia, router, zdravotníctvo, trasovanie osôb, multikriteriálne rozhodovanie, AHP.

1 Úvod

Sieťové zariadenia sa stávajú neoddeliteľnou súčasťou dnešnej modernizovanej spoločnosti. Bez ohľadu na to, či ide o domácnosti alebo podnikové prostredie, kvalitná sieťová infraštruktúra je nevyhnutná pre rýchle a spoľahlivé nastavenie procesov, ktoré využívajú internetové pripojenie. Sieťové zariadenia, konkrétne bezdrôtové routre sú jedným zo sieťových komponentov v systéme na monitorovanie a trasovanie pohybu a kontaktu osôb v zdravotníckych zariadeniach, kde práve routre zabezpečujú optimálnu cestu pre prenos dát. Preto sa tento článok zameriava na analýzu parametrov troch rôznych routerov a následné využitie analytického hierarchického procesu na identifikáciu optimálneho routera na základe stanovených kritérií.

2 Sieťové zariadenia

Existuje mnoho rôznych výrobcov a modelov sieťových zariadení na trhu, pričom niektoré sú zamerané na domácnosti a malé firmy, zatiaľ čo iné sa špecializujú na podnikové a veľké siete. Routre slúžia na prenos dát medzi rôznymi počítačovými sieťami a rozhodovanie, kde budú dáta smerované, preto sú routre často označované aj ako smerovače. Routre môžu mať rôzne funkcie a parametre, preto budú v kapitole definované tri rôzne modely sieťových zariadení od značiek Mikrotik, Linksys a ASUS. Dané routre budú ďalej predmetom rozhodovacieho procesu, ktorého cieľom je vybrať optimálne sieťové zariadenie pre použitie v systéme monitorovania a trasovania pohybu a kontaktu osôb v uzavretom priestore.

2.1 Popis síťových zařízení

Mikrotik hAP ac3 je bezdrôtový router a access point určený pre domáce a malé kancelárske siete. Toto sieťové zariadenie využíva štandardy Wi-Fi 1/2/3/4/5 (802.11 a/b/g/n/ac), čím poskytuje rýchlosť pre bezdrôtové pripojenie až na úrovni 300 Mb/s pri 2.4 GHz a 867 Mb/s pri 5 GHz pričom disponuje podporou Wi-Fi šifrovania WPA a WPA2. Router taktiež poskytuje pripojenie do WAN prostredníctvom 1 WAN portu s rýchlosťou 1 000 Mb/s a pripojenie do LAN siete prostredníctvom 4 LAN portov s rýchlosťou 1 000 Mb/s, ktoré disponujú aj funkciou PoE-in a PoE-out. Mikrotik. Dané sieťové zariadenie, ktoré disponuje rozsiahlou podpornou dokumentáciou od výrobcu, čo umožňuje používateľom spravovať, konfigurovať a nastavovať základné a pokročilé funkcie zariadenia ako napríklad vytvorenie virtuálnych sietí (VLAN), MU-MIMO, QoS, filtrovanie obsahu, VPN, riadenie prístupu a ďalšie. Cena routera Mikrotik hAP ac3 s pohybuje na úrovni 104,99 € [1].



Obrázok 1. Mikrotik hAP ac3 [1]

Linksys MR9600 je bezdrôtový router a access point určený pre domáce a kancelárske použitie, kde je potrebné rýchle a spoľahlivé pripojenie na internet. Router disponuje podporou pre Wi-Fi šifrovanie WPA2-PSK, WPA3-PSK, WPA3/WPA2-PSK a podporuje štandardy WiFi 1/2/3/4/5/6 (802.11 a/b/g/n/ac/ax), ktoré danému routeru umožňujú dosiahnuť vysoké rýchlosti pre bezdrôtové pripojenie a to až na úrovni 4 804 Mb/s pri 5 GHz a 1 147 Mb/s pri 2.4 GHz. Router ponúka 1 WAN port s rýchlosťou 1 000 Mb/s, a štyri LAN porty s rýchlosťou 1 000 Mb/s, ktoré však nepodporujú funkcie PoE-In a PoE-out. Router taktiež umožňuje vykonávanie pokročilých nastavení a funkcií, vrátane možnosti vytvárania virtuálnych sietí (VLAN), MU-MIMO, QoS, filtrovania obsahu, VPN, riadenia prístupu a ďalšie. Cena routera Mikrotik hAP ac3 s pohybuje na úrovni 104,99 € [2].



Obrázok 2. Linksys MR9600 [2]

ASUS BRT-AC828 je profesionálny bezdrôtový router určený pre malé a stredné firmy. Toto sieťové zariadenie používa štandardy Wi-Fi 1/2/3/4/5 (802.11a/b/g/n/ac) čím poskytuje vysokú rýchlosť pre bezdrôtové pripojenie až na úrovni 1 734 Mb/s pri 5 GHz a 800 Mb/s pri 2.4 GHz. Router disponuje podporou Wi-Fi šifrovania WPA-PSK, WPA2-PSK, WPA-Enterprise a WPA2-Enterprise pre zabezpečené bezdrôtové pripojenie. Router je možné pripojiť do WAN prostredníctvom 2 WAN portov s rýchlosťou 1 000 Mb/s a na pripojenie do LAN siete je určených

8 LAN portov s rýchlosťou 1 000 Mb/s. Router taktiež umožňuje vykonávanie pokročilých nastavení a funkcií, vrátane možnosti vytvárania virtuálnych sietí (VLAN), MU-MIMO, QoS, filtrovania obsahu, VPN, riadenia prístupu a ďalšie. Cena routera ASUS BRT-AC828 s pohybuje na úrovni 299,00 € [3].



Obrázok 3. ASUS BRT-AC828 [3]

2.2 Sietové zariadenia v systéme monitorovania a trasovania pohybu a kontaktu osôb v uzavretom priestore

Samotný systém pre monitorovanie a trasovanie pohybu a kontaktu osôb v zdravotníckych zariadeniach pozostáva zo štyroch hlavných komponentov: Beacon, mikropočítač Raspberry Pi Zero 2 W (ďalej len mikropočítač), Wi-Fi router a notebook. Práve Wi-Fi router je prvok, ktorý zabezpečuje komunikáciu medzi notebookom a mikropočítačom. Po pripojení na Wi-Fi router je možné bezdrôtovo komunikovať s mikropočítačom prostredníctvom jeho IP adresy [4].

Preto je potrebné zvoliť optimálny router, ktorý zabezpečí rýchlu, stabilnú a bezpečnú bezdrôtovú komunikáciu medzi týmito komponentami. Schéma systému pre monitorovanie a trasovanie pohybu a kontaktu osôb v zdravotníckych zariadeniach je znázornená na Obrázku 4.



Obrázok 4. Schéma komponentov v systéme monitorovania a trasovania pohybu a kontaktu osôb [5]

3 Analytický hierarchický proces (AHP)

Analytický hierarchický proces (ďalej len AHP) umožňuje vyhodnotiť varianty a porovnať ich vzhľadom na viaceré kritériá a zároveň určiť váhu, ktorú má každé kritérium pri rozhodovaní. AHP pozostáva z nasledujúcich bodov:

- a) **definovanie cieľov:** definovať ciele, ktoré sa majú dosiahnuť prostredníctvom AHP,
- b) **vytvorenie hierarchie kritérií:** vytvorenie hierarchie kritérií, ktoré sú dôležité pre riešenie problému napríklad do stromovej štruktúry,
- c) **porovnávanie kritérií:** potom sa hodnotia vzájomné vzťahy medzi kritériami a určuje sa ich priorita, prostredníctvom porovnávania dvoch kritérií naraz a určovaním, ktoré je prioritnejšie,
- d) **porovnávanie variantov:** hodnotenie variantov vzhľadom na kritériá prostredníctvom procesu porovnávania dvoch variantov naraz a určovaním, ktorý je najlepší vzhľadom na konkrétne kritérium,
- e) **výpočet výsledkov:** na základe porovnávania kritérií a variantov sa vypočítajú priority pre jednotlivé kritériá a varianty, výsledkom čoho je konečné poradie variantov podľa ich priorit [6].

Metódu AHP je možné vypočítať manuálne, prostredníctvom definovaných postupov a vzorcov, avšak v súčasnosti existuje široká škála softvérov, ktoré sú menej chybové, efektívnejšie a časovo menej náročné ako manuálne výpočty.

3.1 Stanovenie kritérií pre výber optimálneho sieťového zariadenia

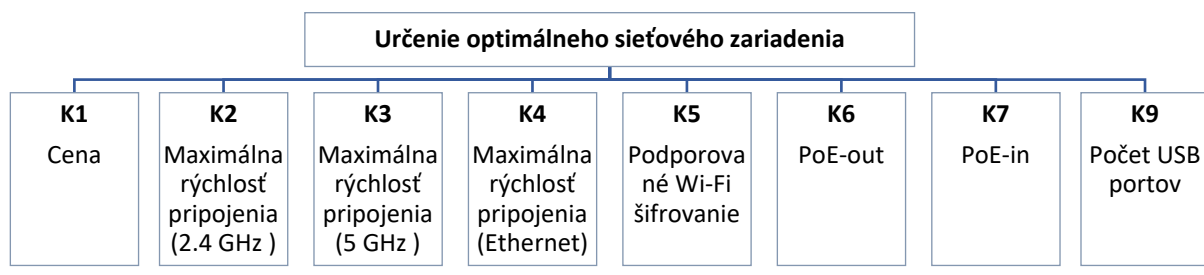
Kritériá boli zvolené po konzultácii s členmi projektu APPV-20-0457 Monitorovanie a trasovanie pohybu a kontaktu osôb v zdravotníckych zariadeniach a boli stanovené tak, aby reflektovali požiadavky projektu. Celkovo bolo identifikovaných 9 kritérií, medzi ktoré patrí:

- a) **cena:** suma v €, ktorá vyjadruje vstupné náklady na zaobstaranie zariadenia,
- b) **maximálna rýchlosť (2.4 GHz):** predstavuje rýchlosť bezdrôtového internetového pripojenia pri frekvencii 2.4 GHz, ktorá dokáže pokryť signálom väčší rádius v okolí zariadenia, avšak poskytuje nižšiu rýchlosť internetového pripojenia [7],
- c) **maximálna rýchlosť (5 GHz):** predstavuje rýchlosť bezdrôtového internetového pripojenia pri frekvencii 5 GHz, ktorá dokáže pokryť signálom menší rádius v okolí zariadenia, avšak poskytuje vyššiu rýchlosť internetového pripojenia [7],
- d) **maximálna rýchlosť (Ethernet):** predstavuje rýchlosť internetového pripojenia prostredníctvom Ethernetového kábla,
- e) **podporované Wi-Fi šifrovanie:** proces šifrovania dát, ktoré sa prenášajú prostredníctvom Wi-Fi siete (napríklad šifrovanie WPA, WPA2, WPA3) [8],
- f) **funkcia PoE-out:** funkcia, ktorá umožňuje napájanie iného zariadenia prostredníctvom Ethernetového kábla,
- g) **funkcia PoE-in:** funkcia, ktorá umožňuje napájanie zariadenia z iného zariadenia prostredníctvom Ethernetového kábla,
- h) **počet LAN portov:** počet portov (vstupov), ktoré umožňujú pripojenie do lokálnej siete (LAN),
- i) **počet USB portov:** počet USB portov, ktoré slúžia na pripojenie externých zariadení.

3.2 Výber optimálneho sieťového zariadenia prostredníctvom softvérového nástroja SpiceLogic AHP

Na určenie optimálneho sieťového zariadenia (variantu) bol použitý softvér SpiceLogic Analytic Hierarchy Process (ďalej len softvér), ktorý predstavuje nástroj na podporu rozhodovania, prostredníctvom párového porovnávania a hodnotenia kritérií, teda prostredníctvom AHP. Softvér umožňuje zadávať kvalitatívne alebo kvantitatívne kritériá a následne poskytuje nástroje na ich hierarchické usporiadanie, čo je dôležité pre realizáciu rozhodnutia a výber najvhodnejšieho variantu.

Ako prvé je potrebné definovať cieľ, ktorý je potrebné dosiahnuť prostredníctvom metódy AHP. Cieľom je určiť optimálne sieťové zariadenie pre použitie v systéme monitorovania a trasovania pohybu a kontaktu osôb v zdravotníckych zariadeniach. Na určenie optimálneho sieťového zariadenia je ďalej potrebné definovať kritériá, ktoré sú vyžadované od sieťového zariadenia. Celkovo bolo definovaných 9 kritérií, ktoré sú prostredníctvom stromovej štruktúry vzhľadom ku cieľu zobrazené na Obrázku 5.



Obrázok 5. Stromová štruktúra kritérií

Každé kritérium je možné kvalitatívne alebo kvantitatívne vyjadriť vzhľadom ku sieťovým zariadeniam, ktoré sú v procese AHP označované ako varianty V1, V2 a V3. Pre prehľadné zobrazenie kritérií a variantov bola vypracovaná Tabuľka 1, ktorá v riadkoch reprezentuje kritériá (K1 až K9) a v stĺpcoch priraduje jednotlivé kvalitatívne alebo kvantitatívne parametre ku variantom (V1 až V3).

Tabuľka 1. Zoznam kritérií [1-3]

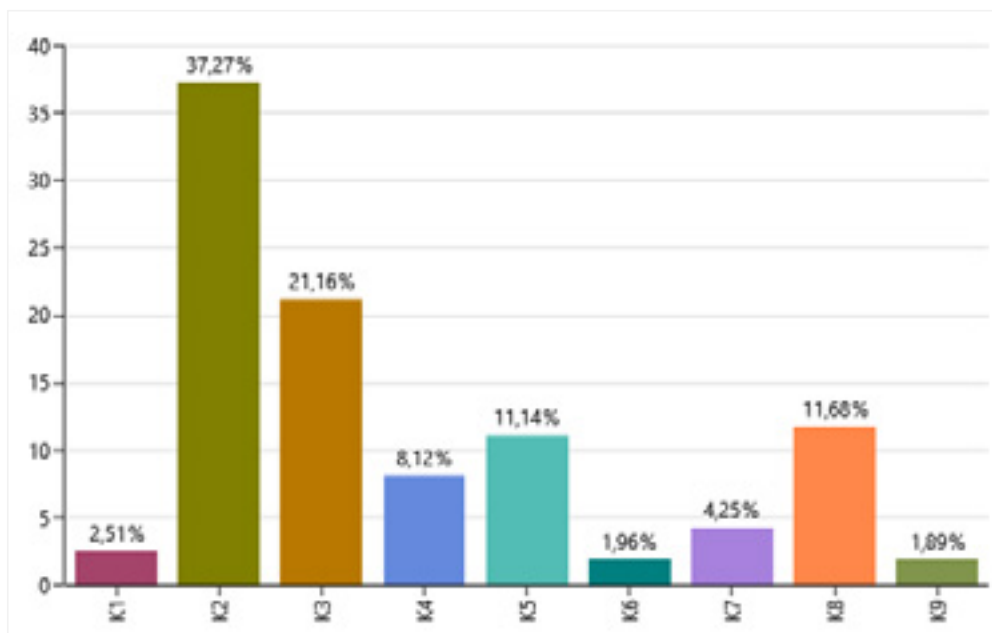
	ROUTER	V1: Mikrotik hAP ac3	V2: LINKSYS MR9600	V3: ASUS BRT-AC828
KRITÉRIUM				
K1: Cena		104,99 €	209 €	299 €
K2: Maximálna rýchlosť pripojenia (2.4GHz)		300 Mb/s	1 147 Mb/s	800 Mb/s
K3: Maximálna rýchlosť pripojenia (5 GHz)		867 Mb/s	4 804 Mb/s	1 733 Mb/s
K4: Maximálna rýchlosť pripojenia (Ethernet)		1 000 Mb/s	1 000 Mb/s	1 000 Mb/s
K5: Podporované Wi-Fi šifrovanie		WPA-PSK	WPA2-PSK	WPA-PSK
		WPA2-PSK	WPA3-PSK	WPA-Enterprise
		WPA/WPA2-PSK	WPA2/WPA3-PSK	WPA2-PSK
				WPA2-Enterprise
K6: PoE-out		Áno	Nie	Nie
K7: PoE-in		Áno	Nie	Nie
K8: Počet LAN portov		4	4	8
K9: Počet USB portov		1	2	2

V dalším kroku sú určované priority pre jednotlivé páry kritérií v matici kritérií. Prostredie softvéru umožňuje priradovanie priorít prostredníctvom škály v rozmedzí 1 až 9. Pokiaľ je pri oboch kritériách definovaná hodnota 1, znamená to, že kritériá majú rovnakú prioritu. Pričom pokiaľ je pri kritériu definovaná hodnota 9, znamená to, že má najvyššiu prioritu. Znázornenie škály párového porovnávania kritérií sa nachádza na Obrázku 6.



Obrázok 6. Škála párového porovnávania v softvéru

Po určení priorít ku každej variácii softvér automaticky vygeneruje maticu s hodnotami, prislúchajúcim ku jednotlivým kritériám. Na základe týchto údajov je automaticky vytvorený graf, kde sú percentuálne vyjadrené priority jednotlivých kritérií. Ako prioritné kritériá boli definované kritériá K2: Rýchlosť internetu pri frekvencii 2.4 GHz (37,27 %), K3: Rýchlosť internetu pri frekvencii 5 GHz (21,16 %) a K8: Počet LAN portov (11,68 %). Graf priorít kritérií určených prostredníctvom softvéru sú zobrazené na Obrázku 7.



Obrázok 7. Percentuálne vyjadrenie priorít jednotlivých kritérií

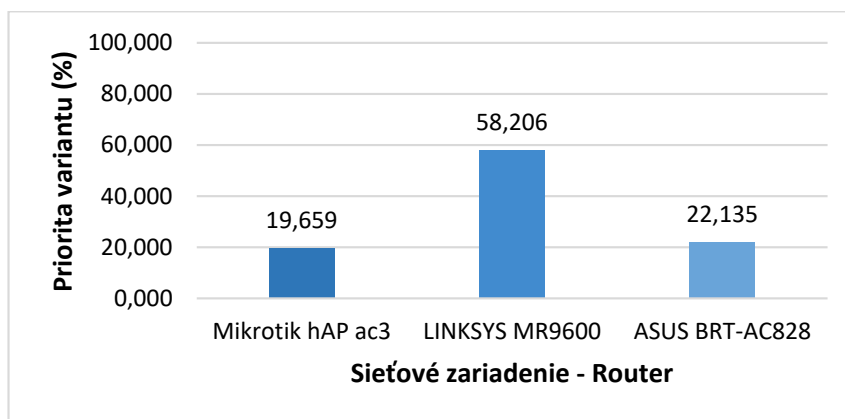
Ďalším krokom bolo určenie priorít variantov pre jednotlivé kritériá prostredníctvom škály v rozmedzí 1 až 9, obdobným spôsobom, ako je zobrazené na Obrázku 6. Po priradení priorít sú automaticky vypočítané priority variantov, vzhľadom k jednotlivým kritériám. Výsledné hodnoty priorít jednotlivých variantov pre jednotlivé kritériá sú zobrazené na Obrázku 8.

Criterion	Mikrotik hAP ac3	LINKSYS MR9600	ASUS BRT-AC828
K1	0,739	0,201	0,06
K2	0,06	0,668	0,271
K3	0,055	0,738	0,207
K4	0,333	0,333	0,333
K5	0,094	0,686	0,22
K6	0,818	0,091	0,091
K7	0,818	0,091	0,091
K8	0,462	0,462	0,077
K9	0,091	0,455	0,455

Obrázok 8. Hodnoty priorit variantov prislúchajúcim ku kritériám

Priority definované v predchádzajúcich krokoch slúžia softvéru na určenie prioritných variantov, ktoré zohľadňujú prioritu jednotlivých kritérií a prioritu variantov pre jednotlivé kritériá.

Ako prioritné sieťové zariadenie bol zvolený router LINKSYS MR9600, pre ktorý bola určená priorita na úrovni 0,582 čo je možné percentuálne vyjadriť ako 58,20 %. Priority jednotlivých sieťových zariadení sú zobrazené na Obrázku 9.



Obrázok 9. Priority jednotlivých variantov

4 Záver

Článok bol zameraný na určenie optimálneho sieťového zariadenia s využitím multikritériálneho rozhodovania pre použitie v systéme monitorovania a trasovania pohybu a kontaktu osôb v zdravotníckych zariadeniach. Do rozhodovacieho procesu vstupovali tri sieťové zariadenia, konkrétne routre značky Mikrotik, Linksys a ASUS, na ktoré sú kladené kritériá z hľadiska ceny, rýchlosti pripojenia, bezpečnosti a iných funkcií a rozhraní, ktorými disponujú. Požiadavky boli následne sformované do 9 kritérií, ktoré budú využívané v procese aplikácie metódy multikritériálneho rozhodovania.

Na aplikáciu multikriteriálneho rozhodovania bola použitá metóda AHP, ktorá predstavuje komplexnú metódu na výber optimálneho sieťového zariadenia na základe stanovených kritérií. Výpočty metódy AHP je možné vypočítať manuálne, čo však môže predstavovať časovo neefektívny proces. V súčasnosti existuje niekoľko softvérov, prostredníctvom ktorých je možné efektívnejšie aplikovať metódu AHP do rozhodovacieho procesu. Bol zvolený softvér SpiceLogic Analytic Hierarchy Process, ktorý umožňuje jednoduché a prehľadné aplikovanie metódy AHP, čím poskytuje komplexný nástroj využívaný v procese rozhodovania. Výsledkom aplikovania metódy AHP do rozhodovacieho procesu prostredníctvom softvéru bolo zvolenie optimálneho sieťového prvku. Na základe výpočtov softvéru, je možné konštatovať, že za optimálne sieťové zariadenie s najväčšou prioritou je možné považovať router Linksys MR9600. Dané sieťové zariadenie má v porovnaní s ostatnými sieťovými zariadeniami výrazne vyššiu prioritu a to na úrovni 58,206 %, čo predstavuje o 36,071 % vyššiu prioritu ako router ASUS BRT-AC828, ktorý má druhú najvyššiu prioritu.

Poděkování

Tento článok bol pripravený v rámci podpory projektu APPV-20-0457 Monitorovanie a trasovanie pohybu a kontaktu osôb v zdravotníckych zariadeniach.

Referencie

- [1] *hAP ac³* [online]. Mikrotik, 2023 [cit. 20.2.2023]. Dostupné z: https://mikrotik.com/product/hap_ac3#fndtn-specifications
- [2] *MR9600 User Guide* [online]. Linksys Holdings, 2023 [cit. 20.2.2023]. Dostupné z: <https://www.linksys.com/support-article?articleNum=316328>
- [3] *BRT-AC828* [online]. ASUSTeK Computer, 2023 [cit. 20.2.2023]. Dostupné z: <https://www.asus.com/sk/Commercial-Networking/BRT-AC828/specifications/>
- [4] SKÝPALOVÁ, E. a DOLNÁK, I., 2022. A system for tracking people in a confined space. In: *2022 20th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)*. DOI: 10.1109/ICETA57911.2022.9974776
- [5] SKÝPALOVÁ, E. a LOVEČEK, T., 2022. Testovanie trasovacieho systém v uzavretom priestore. In: *Krízový Manažment – 2/2022*. ISSN 1336-0019
- [6] KULAKOWSKI, K., 2020. *Understanding the Analytic Hierarchy Process*. Boca Raton: CRC Press. ISBN 978-1-315-39222-6
- [7] NATH, G., RAJ, A., DEY, S., ABDUL SHUKOOR, M., ASOK, A., DEY, S.. Dual Band Monopole Antenna For WLAN MIMO Applications at 2.4 and 5 GHz. In: *2020 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS)*. DOI: 10.1109/IEMTRONICS51293.2020.9216372
- [8] REDDY, B I., SRIKANTH, V., 2019. Review on Wireless Security Protocols (WEP, WPA, WPA2 & WPA3). In: *International Journal of Scientific Research in Computer Science Engineering and Information Technology*. DOI: 10.32628/CSEIT1953127

Availability of Units of the Integrated Rescue System for the Territorial Area

Adam Malatinsky¹, Martin Hromada²

¹ Tomas Bata University in Zlín, Faculty of Applied Informatics,
Nad Stráněmi 4511, Zlín, a_malatinsky@utb.cz

² Tomas Bata University in Zlín, Faculty of Applied Informatics,
Nad Stráněmi 4511, Zlín, hromada@utb.cz

Abstract:

Human society is ready to deal repressively with a security breach through an integrated rescue system. The article is intended the evaluation the availability of the components of the integrated rescue system. Each type of component of the integrated rescue system is evaluated separately, where the result will be the total availability of the intervention unit for the given territory. In this case, it concerns municipalities, districts, regions and the entire Slovak Republic.

Keywords: Integrated rescue system, Territorial unit, Police, Firefighter, Health service.

1 Introduction

An integrated rescue system, one of the essential parts of public safety assistance, is currently one of the most necessary elements. The article specifically deals with the availability of an integrated rescue system for a territorial area in the Slovak Republic. The first chapter describes the integrated rescue system, its scope and the specific distribution of rescue components. The following chapter deals with the actual methods for evaluating the results. To calculate the availability of units of the integrated rescue system, it is necessary first to evaluate the individual indices. For calculation, the distance index, the police index, the firefighter index, the health service index and the total availability are evaluated. Based on these methods, the chapter closely follows the results, where the methods of evaluating individual indices and, subsequently, the total availability of units of the integrated rescue system for a given territorial area are described.

2 Integrated rescue system

An integrated rescue system is a coordinated procedure of its components to ensure their readiness to carry out activities and measures related to assisting in an emergency. It is also about providing security from the state through individual components of the integrated rescue system. [1] Within the framework of the Slovak Republic, the Ministry of the Interior, the Ministry of Health, the regional headquarters district offices, and the rescue services operate in the integrated rescue system. [2]

Rescue units are divided into basic rescue units, other rescue units and units of the Police Force of the Slovak Republic. [3] The essential rescue components of the integrated rescue system are the Fire and Rescue Service, emergency medical care providers, control chemical laboratories of civil protection, Mountain Rescue Service and Mining Rescue Service. [4] The category of other rescue components of the integrated rescue system includes the Army of the Slovak Republic, municipal or municipal fire brigades, factory fire departments, factory fire brigades, workplaces carrying out state supervision or activities according to special regulations, civil protection

units, municipal police, Slovak Red cross and other legal or natural persons, the subject of which is the provision of assistance in the protection of life, health and property. [5]

3 Methods

The method chapter describes ways of evaluating the availability of units of the integrated rescue system. It will be based on three types of emergency services: Police, Fire and rescue, and medical emergency services. In order to evaluate the resulting accessibility, it is first necessary to evaluate the individual indexes: distance index, police index, firefighter index and health service index.

3.1 *Distance index*

The distance index is evaluated based on the distance of the location of the emergency to the nearest fire station, police station, or medical facility from where an ambulance can be dispatched (e.g., hospital, polyclinic, health care section and so on). The distance index is specifically evaluated based on the number of kilometres, and its resulting value is in the range from 1 to 10, where the value 10 represents the highest possible value of the index. Specific values are expressed in Table 1.

3.2 *Police index*

The police index is evaluated based on the distance from the nearest police station to the place of emergency, the number of inhabitants of the given village and the index of the number of police units. The index of the number of police units is based on the number of units per 1 000 inhabitants. Specific values can be found in Table 2.

3.3 *Firefighter index*

The firefighter index is evaluated based on the distance from the nearest fire station to the place of the emergency, the number of inhabitants of the given village, the index of the number of fire brigades and the index of the volunteer fire department. The index of the number of firefighting units is based on the number of units per 1 000 inhabitants. Specific values can be found in Tables 3 and 4. The index of the voluntary fire brigade is determined according to whether there is a voluntary fire brigade in a given municipality and, if so, in which category it is. Volunteer fire brigades in Slovakia are divided into five categories: A1, A, B, C and D.

3.4 *Health service index*

The health service index is evaluated based on the distance from the nearest medical rescue service provider to the place of the emergency, the number of inhabitants of the given municipality, the percentage of the population over 65 years of age and the index of the number of medical rescue units. The index of the number of medical rescue units is based on the number of units per 1 000 inhabitants.

3.5 *Total availability*

The total availability of the units of the integrated rescue system is evaluated as the sum of the individual indexes: the police index, the firefighter index and the health service index.

4 Results

The results chapter deals with specific formulas and tables intended to calculate the total availability of units of the integrated rescue system. In the following subsections, there are individual procedures for calculating the distance index, the police index, the firefighter index, the health service index and the calculation of total availability. In several formulas for calculating the indices, there is a population or % of the population over 65 years of age. The data is available from the Statistical Office of the Slovak Republic, where the values are relatively current, as the population census of the Slovak Republic took place in 2021, which takes place every ten years.

4.1 Distance index

Table 1 assigns the distance (km) of the appropriate distance index of the municipality to the nearest police station (I_{PD}), fire station (I_{FD}) and health service (I_{HSD}). As the distance gradually increases, the value of the index also decreases.

Table 1. Distance index (I_{PD} , I_{FD} , I_{HSD})

Distance (km)		Distance index	Distance (km)		Distance index
From	To (including)	(I_{PD} , I_{FD} , I_{HSD})	From	To (including)	(I_{PD} , I_{FD} , I_{HSD})
0	1	10	19	21	5
1	3	9,5	21	23	4,5
3	5	9	23	25	4
5	7	8,5	25	27	3,5
7	9	8	27	29	3
9	11	7,5	29	31	2,5
11	13	7	31	33	2
13	15	6,5	33	35	1,5
15	17	6	over 35		1
17	19	5,5			

4.2 Police index

To calculate the police index, it is necessary to determine the value of the police distance index and police unit index.

$$I_P = \frac{I_{PD}}{\frac{\text{population}}{1000}} * I_{PU} \quad (1)$$

Where:

I_p – police index,

I_{PD} – police distance index,

I_{PU} – police unit index (number of units).

Table 2. Police unit index (I_{PU})

I_{PU} – Police unit index			
Number of units per 1 000 inhabitants in the district		Description	Police unit index
From	To (including)		
0	0,59	Very low number	0,6
0,60	1,09	Low number	0,8
1,10	1,59	Medium number	1
1,60	2,09	Medium – high number	1,2
2,10	2,59	High number	1,4
over 2,59		Very high number	1,6

4.3 Firefighter index

To calculate the firefighter index, it is necessary to determine the value of the firefighter distance index, firefighter unit index and volunteer fire department index.

$$I_F = \frac{I_{FD}}{\frac{\text{population}}{1000}} * I_{FU} * I_{VFD} \quad (2)$$

Where:

I_F – firefighter index,

I_{FD} – firefighter distance index,

I_{FU} – firefighter unit index (number of units),

I_{VFD} – volunteer fire department index (the presence of a volunteer fire department in a municipality).

If the municipality has a volunteer fire department in the given category, indexes for individual categories are shown in Table 3. If there is no volunteer fire department in the municipality, the index is equal to 1 ($I_{VFD} = 1$).

Table 3. Volunteer fire department index (I_{VFD})

I_{VFD} – Volunteer fire department index	
Category	Value
A1	1,8
A	1,6
B	1,4
C	1,2
D	1,1

Table 4. Firefighter unit index (I_{FU})

I_{FU} – Firefighter unit index			
Number of units per 1 000 inhabitants in the district		Description	Firefighter unit index
From	To (including)		
0	0,39	Very low number	0,6
0,40	0,69	Low number	0,8
0,70	0,99	Medium number	1
1,00	1,29	Medium – high number	1,2
1,30	1,59	High number	1,4
over 1,59		Very high number	1,6

4.4 Health service index

To calculate the health service index, it is necessary to determine the value of the health service distance index and the health service unit index.

$$I_{HS} = \frac{I_{HSD}}{\frac{\text{population}}{1000}} * \left(1 - \frac{\% \text{ population over 65 years old}}{100}\right) * I_{HSU} \quad (3)$$

Where:

I_{HS} – health service index,

I_{HSD} – health service distance index,

I_{HSU} – health service unit index (number of units).

Table 5. Health service unit index (I_{HSU})

I_{HSU} – Health service unit index			
Number of units per 1 000 inhabitants in the district		Description	Firefighter unit index
From	To (including)		
0	0,39	Very low number	0,6
0,40	0,69	Low number	0,8
0,70	0,99	Medium number	1
1,00	1,29	Medium – high number	1,2
1,30	1,59	High number	1,4
over 1,59		Very high number	1,6

4.5 Total availability

From the results of the overall calculation of the availability of the integrated rescue system for the municipality, district, region or Slovakia, the resulting numerical values and the availability of the integrated rescue system are evaluated based on Table 6.

Table 6. Availability of the integrated rescue system (I_{IRS})

The resulting numerical value		Availability of the integrated rescue system
From	To (including)	
0	0,01	Minimum
0,01	0,1	Very low
0,1	0,5	Low
0,5	1	Medium low
1	3	Medium
3	6	Increased
6	10	Medium high
10	15	High
15	20	Very high
Over 20		Maximum

The following formulas calculate the total availability of integrated rescue services for municipalities, districts, regions, and the entire the Slovak Republic.

Availability of units of the integrated rescue system for the municipality:

$$I_{IRS(municipality)} = \frac{I_P + I_F + I_{HS}}{3} \quad (4)$$

Availability of units of the integrated rescue system for the district:

$$I_{IRS(district)} = \frac{\sum(I_{IRS(municipality)} * \text{population of the municipality})}{\text{population of the district}} \quad (5)$$

Availability of units of the integrated rescue system for the region:

$$I_{IRS(region)} = \frac{\sum(I_{IRS(district)} * \text{population of the district})}{\text{population of the region}} \quad (6)$$

Availability of units of the integrated rescue system for Slovakia:

$$I_{IRS(Slovakia)} = \frac{\sum(I_{IRS(region)} * \text{population of the region})}{\text{population of Slovakia}} \quad (7)$$

5 Conclusion

The integrated rescue system is essential for human safety. It is divided into several components that fulfil their obligations of offering a specific type of security. Currently, the availability of units of the integrated rescue system must be excellent to increase the overall safety of the population. The article dealt with the availability of integrated rescue system units. The first chapter described the integrated rescue system, its scope and the individual distribution of rescue units. The following chapter dealt with specific methods for evaluating

the resulting availability, where the distance index, the police index, the firefighter index, the health service index and the total availability were explicitly evaluated. This chapter is closely followed by the results chapter, where specific ways of evaluating individual indices are described. For almost every index, it is necessary to evaluate other indices to make the results more accurate. The distance index is evaluated based on the number of kilometres from the emergency location to the nearest station where the rescue unit operates. As the distance increases, the value of this index decreases. The police index evaluates the availability of police units at a given emergency location. The firefighters index evaluates the availability of Fire and Rescue Service units and voluntary fire protection units at the scene of an emergency. The health service index evaluates rescue service units' availability at an emergency scene. The last part is the total availability, evaluated from the individual passing indexes. The total availability of units of the integrated rescue system can be evaluated for the municipality, district, region or the entire Slovak Republic.

The limit of evaluating this availability is that it is intended only for the territory of the Slovak Republic, e.g., in the Czech Republic, there is a different system of volunteer firefighting units, where the firefighter index could change significantly. For this case, assigning index values for their categories of voluntary fire protection units is appropriate, which are categorized differently than in the Slovak Republic.

In the future, it is advisable to include several coefficients in individual indexes for even more accurate results. It is also appropriate to create values for the availability of units of the integrated rescue system for other countries.

Acknowledgements

This research was based on the support of the Internal Grant Agency of Tomas Bata University in Zlín, IGA/FAI/2023/001 and The Department of Security Engineering, Faculty of Applied Informatics.

References

- [1] Act no. 129 from the year 2002 Coll. About integrated rescue system [online]. Collection of Laws. 2002. Available at: <https://www.zakonypreludi.sk/zz/2002-129>
- [2] Decree no. 611 from the year 2006 Coll. About firefighters' units [online]. Collection of Laws. 2006. Available at: <https://www.zakonypreludi.sk/zz/2006-611>
- [3] Act no. 314 from the year 2001 Coll. About fire protection [online]. 2001. Available at: <https://www.zakonypreludi.sk/zz/2001-314>
- [4] Bernatik, A., Senovsky, P., Senovsky, M., Rehak, D. Territorial Risk Analysis and Mapping. Chemical Engineering Transactions, 2013, 31: 79-84. DOI: 10.3303/CET1331014
- [5] Rehak, D., Hromada, M., Ristvej, J. Indication of critical infrastructure resilience failure. In Safety and Reliability - Theory and Applications - Proceedings of the 27th European Safety and Reliability Conference (ESREL 2017), 2017, pp. 963-970

Vplyv geometrie priestoru na kvalitu výstupov pri modelovaní požiaru v FDS

Patrik Matúš¹, Stanislava Gašpercová²

¹ Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva,
1. mája 32, 010 26 Žilina, patrik.matus.zazriva@gmail.com

² Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva,
1. mája 32, 010 26 Žilina, stanislava.gaspercova@uniza.sk

Abstrakt:

Požiare v tuneloch sa v mnohých aspektoch odlišujú od otvorených požiarov alebo požiarov budov, preto nevieme celkom jednoznačne povedať, ako sa bude požiar v tuneli správať. Zistiť sa to dá modelovaním alebo rekonštrukciou udalostí v tuneloch. Keďže veľkorozmerové testy by boli finančne extrémne náročné, ako najefektívnejšia možnosť sa javí matematické modelovanie. Hlavným cieľom príspevku je vytvorenie návrhových scenárov požiarov a následné modelovanie prostredníctvom CFD modelu v jednoduchej a pravouhlej geometrii časti diaľničného tunelu Považský Chlmec. Hlavná metóda je počítačová simulácie. Zvolili sme si štyri scenáre požiarov, v ktorých sme menili dva parametre – rýchlosť uvoľňovania tepla a typ geometrie. Výsledky scenárov sme vyhodnotili a posúdili vplyv vstupných parametrov na vývoj teploty plynov a povrchu betónového ostenia.

Kľúčová slova: CFD, FDS, požiare v tuneli, modelovanie požiarov.

1 Úvod

V dnešnej dobe sa snažíme o skvalitnenie nášho života vo všetkých smeroch. Jedným z nich je aj doprava. Budovanie diaľnic, mostov a tunelov so sebou okrem skvalitnenia dopravy prináša aj množstvo rizík. Z hľadiska ochrany pred požiarimi je to najmä možnosť vzniku požiaru v tuneli, jeho rozsah a vplyv na stabilitu konštrukcií.

Požiare v tuneloch sa v mnohých aspektoch odlišujú od otvorených požiarov alebo požiarov budov, preto nevieme celkom jednoznačne povedať, ako sa bude požiar v tuneli správať. Zistiť sa to dá modelovaním alebo rekonštrukciou udalostí v tuneloch. Keďže veľkorozmerové testy by boli finančne extrémne náročné ako najefektívnejšia možnosť sa javí matematické modelovanie.

2 Geometria modelovaného priestoru

Predkladaný príspevok sa v druhej kapitole zaoberá charakteristikou tunelu Považský Chlmec, geometriou modelu v programe FDS, definovaním požiaru v jednotlivých scenároch a vyhodnotením výstupov.

2.1 Tunel Považský Chlmec

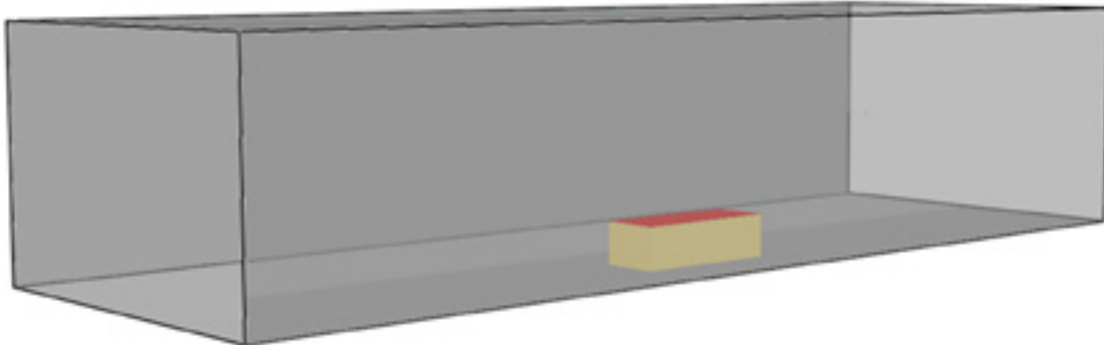
Tunel Považský Chlmec je situovaný severozápadne od Žiliny a je súčasťou diaľnice D3 Žilina Strážov – Žilina Brodno smerom na Kysucké Nové Mesto. Tento tunel sa radí do kategórie tunelov 2T – 8,0 t.j. dve tunelové rúry so šírkou vozovky medzi obrubníkmi 8 m. Dĺžka severnej tunelovej rúry je 2 252 m a dĺžka južnej tunelovej

rúry je 2 189,4 m, každá z nich má v jednom smere dva jazdné pruhy. Plocha hrubého výlomu tunelovej rúry je 83,1-112,02 m². Vetranie tunelu je pozdĺžne, zabezpečené prúdovými ventilátormi APWT 1250/040 P/L. Tunel má dva odstavné zálivy a osem priečných prepojení na zaistenie bezpečnosti [1-4].

Konštrukcia tunelových rúr je tvorená dvojvrstvom ostením, s medziľahlou drenážou chránenou geotextíliou a plošnou hydroizoláciou. V tuneli sa okrem štandardných monolitických blokov čisto klenbového tvaru vyskytujú typy blokov s výklenkami na čistenie drenáže, výklenky požiarneho hydrantu, výklenky kabínok SOS a bloky v mieste núdzových zálivov. Vzhľadom na požiadavky noriem a predpisov na vzdialenosti jednotlivých výklenkov boli v tuneli použité betónové bloky o dĺžke 12,5 m. [5]. Tunel Považský Chlmec je štvrtý slovenský tunel s povolenou prepravou nebezpečných látok podľa dohody ADR. Rozpoznanie nebezpečných prepravovaných nákladov zabezpečuje autonómny detekčný systém ADR, ktorý zároveň vyhodnocuje, či auto opustilo tunel. Smart kamerový systém zabezpečuje detekciu každej neštandardnej udalosti v tuneli- náhle spomalenie, zastavenie vozidla, vypadnutý náklad či vozidlo v protismere [6-8].

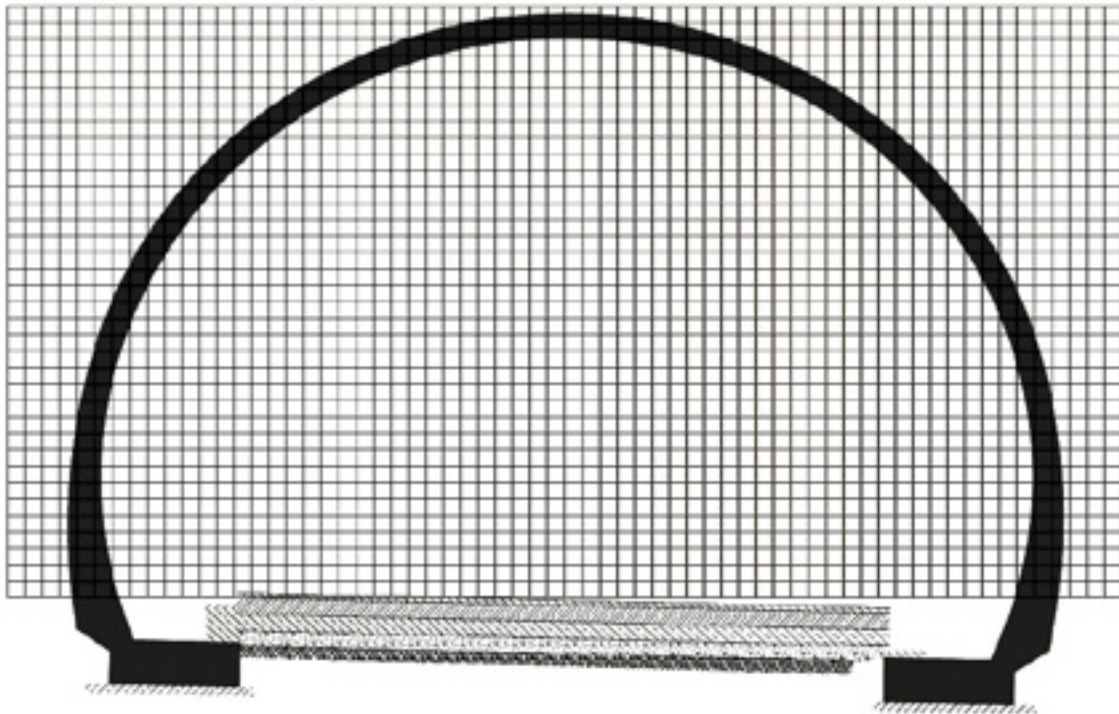
2.2 Geometria zvoleného tunelu v FDS

Simulácia návrhových scenárov požiarov v celej dĺžke tunelu by trvala niekoľko týždňov, dokonca aj mesiacov, preto bola zvolená len časť tunelu dlhá 30 metrov. V článku sa autori zaoberajú dvoma typmi geometrií tunelu. Jednoduchá geometria (ďalej JG) je tvorená kvádom dlhým 30 m (os x), širokým 10,4 m (os y) a vysokým 6,8 m (os z). Vizualizácia tunelu v jednoduchej geometrii je zobrazená na Obrázku 1.



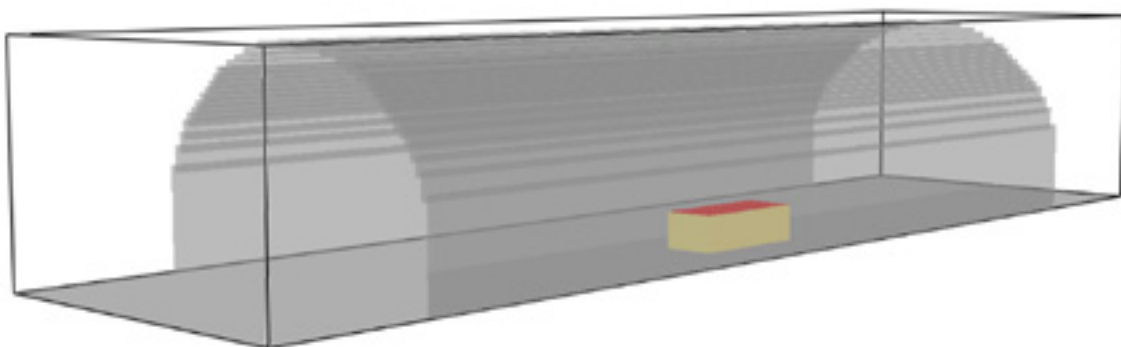
Obrázok 1. Vizualizácia tunelu Považský Chlmec v programe Smokeview v jednoduchej geometrii

Aby bolo možné vytvoriť model zvoleného tunelu v pravouhlej geometrii (ďalej PG), je nutné všetky krivky previesť do štvorcovej siete. Výsledná veľkosť bunky v FDS bude 0,2x0,2x0,2 m. Preto bolo nutné pridať takúto sieť aj do výkresov v programe AutoCAD, vid' Obrázku 2.



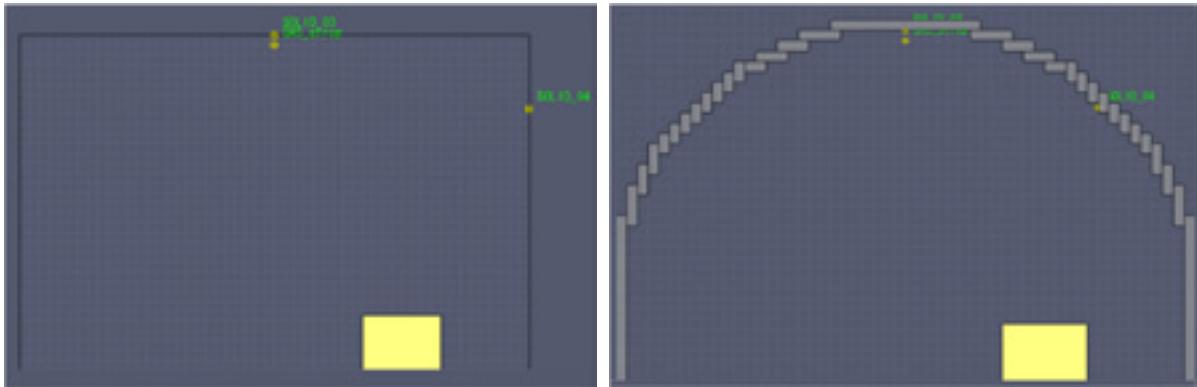
Obrázok 2. Sieť s rozmermi 0,2x0,2 m prekrývajúca reálnu geometriu tunelu Považský Chlmec

Následne bolo sekundárne ostenie nahradené pravouhloú geometriou tak, aby čo najvernejšie kopírovalo oblúk tunelu, vid' Obrázok 3.



Obrázok 3. Vizualizácia tunelu Považský Chlmec v programe Smokeview v pravouhlej geometrii

Aby bolo možné zistiť vývoj teplôt a účinky požiaru na konštrukcie, je nutné do modelu umiestniť zariadenia na meranie požadovaných veličín. V modeli boli využité zariadenia GAS-phase na meranie teploty a SOLID-phase na meranie teploty pevných telies [9, 10]. Zariadenie GAS_strop meria teplotu plynov 20 cm pod stropom tunelu. Zariadenia SOLID merajú teplotu konštrukcie betónového ostenia, SOLID_03 na strope a SOLID_04 nad požiarom resp. na pravej strane od požiaru. Pre detailné rozmiestnenie meracích zariadení pozri Obrázok 4.



Obrázok 4. Rozmiestnenie meracích zariadení v jednoduchéj a pravouhlej geometrii tunelu

2.3 Definovanie požiaru a jednotlivé scenáre

Požiar v tuneli bol definovaný ako OBST, kde vrchná strana pevného telesa mala povrch typu Burner, ostatné strany boli typu INERT. Požiar bol umiestnený do stredu 30 m úseku tunelu, do pravého jazdného pruhu. Pri type povrchu Burner je nutné určiť rýchlosť uvoľňovania tepla na určitú plochu- HRRPUA podľa Rovnice 1:

$$HRRPUA = \frac{HRR}{S} \quad (1)$$

kde

HRR – rýchlosť uvoľňovania tepla (kW.m^{-2}),

S – plocha požiaru (m^2) [11, 12].

V príspevku sú riešené 2 výkony požiarov. Požiar osobného automobilu (5 MW) a dodávky (20 MW), vid' Tabuľka 1. Ako palivo sme zvolili motorovú naftu (&REAC ID='DIESEL).

Tabuľka 1. Prehľad parametrov jednotlivých scenárov požiarov

Scenár požiaru	Typ geometrie	Výkon požiaru	Plocha odhorievania	HRRPUA
S1	JG	5 MW	6,4 m^2	781,25 kW.m^{-2}
S2	PG	5 MW	6,4 m^2	781,25 kW.m^{-2}
S3	JG	20 MW	12,8 m^2	1 652,5 kW.m^{-2}
S4	PG	20 MW	12,8 m^2	1 652,5 kW.m^{-2}

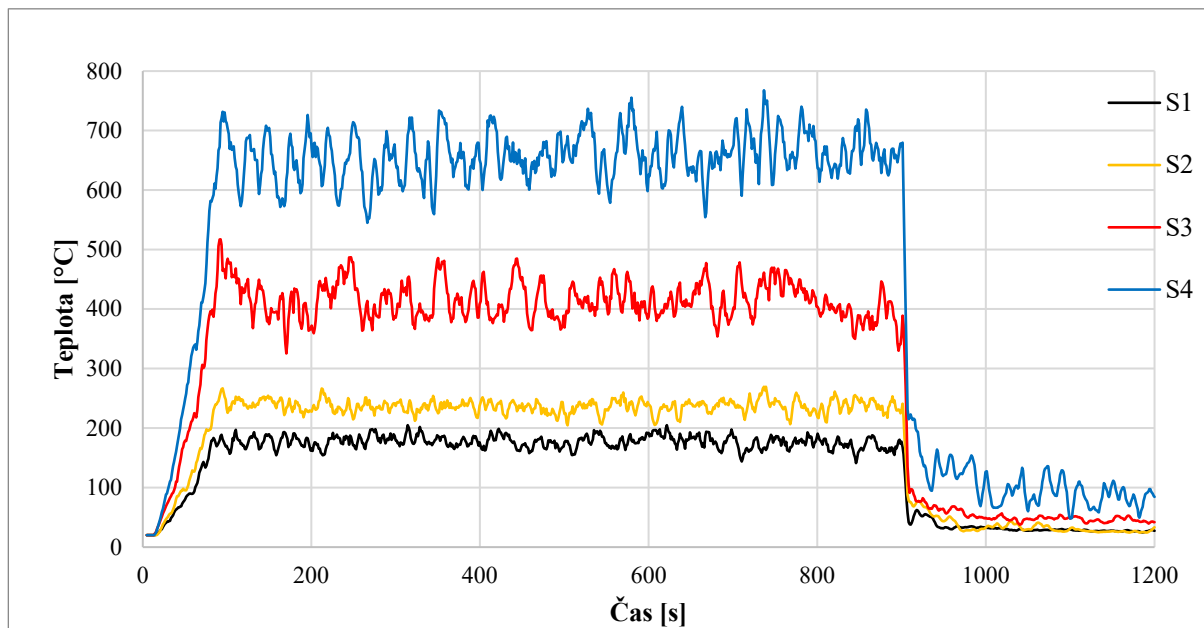
Keďže požiar nemá konštantný výkon, premenlivosť rýchlosti uvoľňovania tepla zohľadňuje funkcia RAMP. Parameter T označuje čas, parameter F je podiel maximálneho výkonu požiaru v čase. Závislosť medzi časom a rýchlosťou uvoľňovania tepla pri požari v tuneli bola experimentálne stanovená [13]. Rozvoj požiaru trvá 85 sekúnd a nasleduje fáza plne rozvinutého požiaru do 900-tej sekundy s maximálnymi rýchlosťami uvoľňovania tepla 5 MW a 20 MW.

3 Vyhodnotenie scenárov

V kapitole 3 sa predkladaný príspevok zaoberá hodnotením výstupov – vplyv geometrie na teplotu plynov pod stropom a teplotu povrchu sekundárneho betónového ostenia.

3.1 Vplyv na teplotu plynov pod stropom

Meracie zariadenie GAS_strop meralo teplotu plynov 20 cm pod stropom tunelu. Graf závislosti teploty od času vytvorený z nameraných hodnôt je zobrazený na Obrázku 5.

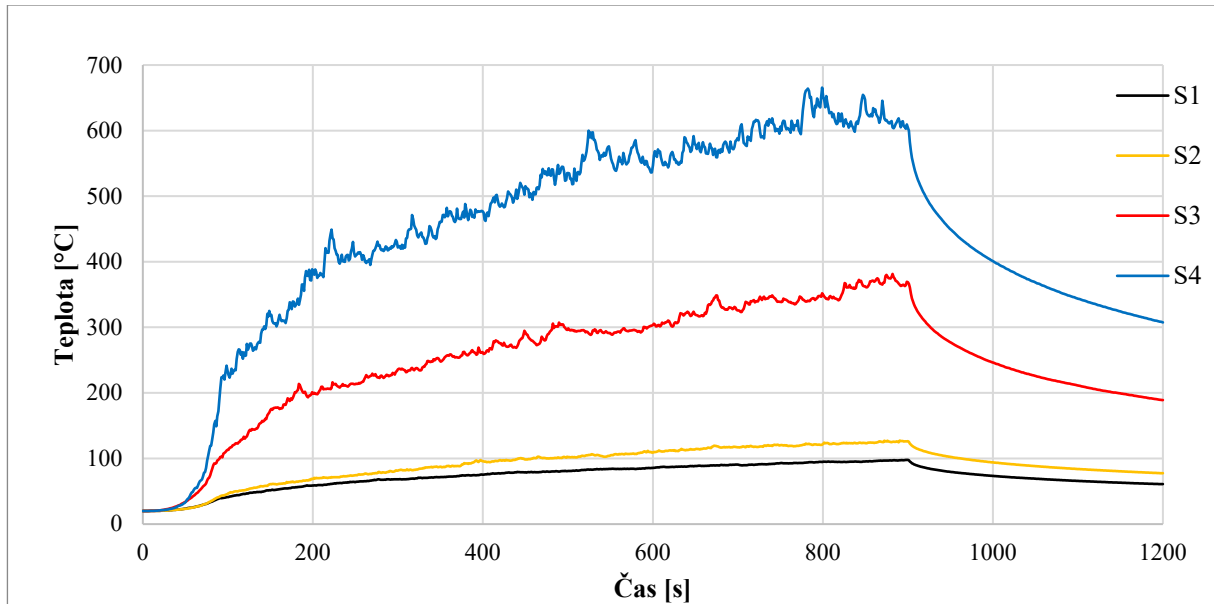


Obrázok 5. Graf teplôt plynov nameraných pod stropom v jednotlivých scenároch

Počiatočný rast teplôt je daný zvyšujúcim sa HRR v čase. Z grafu je očividné, ako geometria modelu vplyva na vývoj teplôt pod stropom. Pri 5 MW požiaru osobného automobilu fluktuujú maximálne teploty pod stropom v rozmedzí 150-200 °C pri JG, 210-270 °C pri PG. Pri vyšších výkonoch sú tieto rozdiely ešte väčšie. Pri výkone požiaru 20 MW teploty oscilujú v rozmedzí 330-520 °C pri JG, 540-770 °C pri PG. Tu je možné vidieť, ako geometria značne ovplyvňuje hodnoty výstupov a ich presnosť. Rozdiel v nameraných teplotách je pri 5 MW požiaru 60-70 °C, pri 20 MW požiaru 220-250 °C. Zaujímavosťou je, že pri plne rozvinutom požiaru teploty oscilujú okolo určitej hodnoty a ďalej sa nekumulujú. Po vyhorení paliva sa rapídne znižujú. Za účelom vyhladenia grafu a odstránenia krátkodobých oscilácií teplôt spôsobených kolísaním HRR a turbulentným prúdením sa pri spracovaní výstupov využil kľzavý priemer.

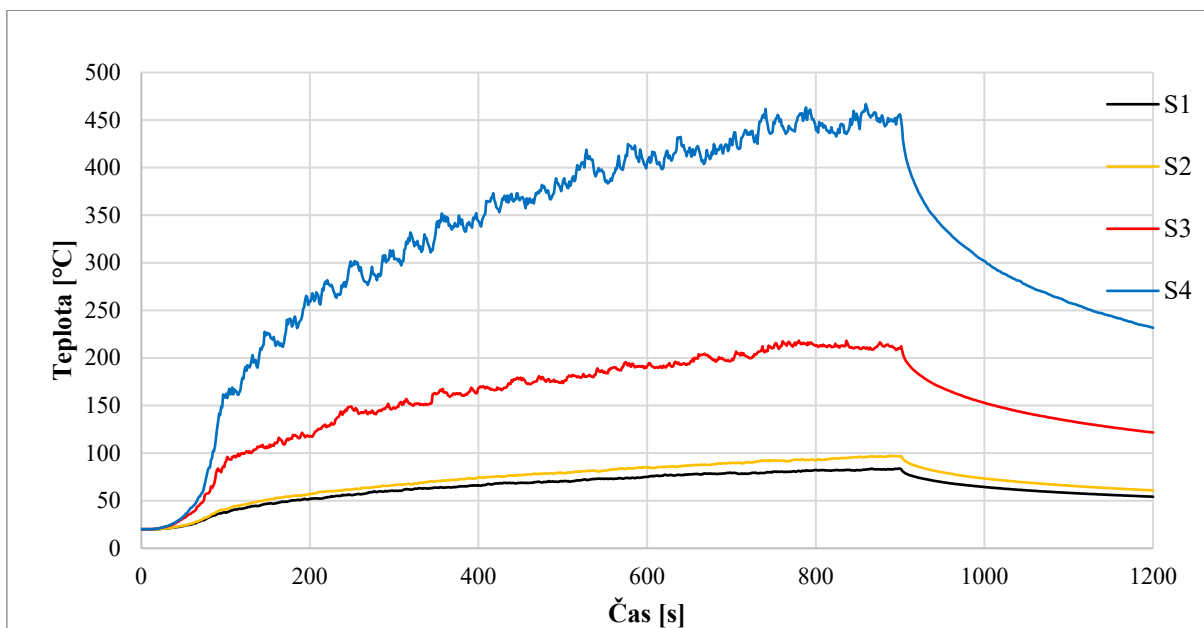
3.2 Vplyv na teplotu povrchu betónového ostenia

Aby bolo možné zistiť, ako sa prehrieva betón v sekundárnom ostení, bolo nutné rozmiestniť zariadenia typu SOLID v modeli zvoleného tunelu v celom priereze. Na nasledujúcich obrázkoch je možné vidieť grafy vývoja teploty povrchu sekundárneho ostenia v závislosti od času v jednotlivých scenároch.



Obrázok 6. Teplota povrchu betónového ostenia nad požiarom (SOLID 04)

Pri 20 MW požari teplota dosiahne maximum 670 °C v PG, 380 °C v JG. Pri menšom 5 MW scenári teplota sekundárneho ostenia v PG dosahuje 130 °C, v JG 100 °C, viď Obrázok 6.



Obrázok 7. Teplota povrchu betónového ostenia na strope v strede tunelu (SOLID 03)

Teploty na strope sú mierne nižšie ako tie, priamo nad požiarom. Pri 20 MW požari je najvyššia teplota 470 °C v PG, 220 °C v JG. Pri najmenšom 5 MW scenári teplota sekundárneho ostenia v PG dosahuje 95 °C, v JG 85 °C, viď Obrázok 7.

Vo všeobecnosti je možné povedať, že jednoduchá geometria skresľuje výstupy zariadení SOLID približne o 250 °C pri scenároch s výkonom požiaru 20 MW a o 10 až 30 °C pri požiaru s výkonom 5 MW. Z oboch grafov je zrejmé, že teplota narastá prudšie v prvých 100 sekundách, čo súvisí s rozvojovou fázou požiaru. Po dosiahnutí maximálnej rýchlosti uvoľňovania tepla teplota neosciluje okolo určitej hodnoty ako v prípade zariadenia GAS_strop, ale s pribúdajúcim časom pôsobenia požiaru postupne narastá. Keď požiar vyhorí, teplota začne pomaly klesať.

4 Závěr

Z výstupov získaných zariadeniami GAS a SOLID možno usúdiť, že pravouhlá geometria je vhodnejšia, vernejšie opisuje reálnu geometriu tunelu a tým poskytuje presnejšie výstupy. Do modelu bolo umiestnených 10 zónových zariadení, 5 na meranie pozície dymovej vrstvy a 5 na meranie teploty vrstvy. Dve boli umiestnené priamo v stredu tunelu na úrovni požiaru, naľavo od požiaru vo vzdialenosti 5 m boli dve zariadenia a 10 m od požiaru dve zariadenia. Zrkadlové rozmiestnenie zariadení bolo aj napravo od požiaru. Následne sa vytvoril priemer z nameraných hodnôt všetkými piatimi zariadeniami.

Pri porovnávaní výstupov bolo zistené, že typ geometrie značne ovplyvňuje teplotu nameranú zariadeniami vnútri tunelu. Pri scenároch s výkonmi požiarov 20 MW sa teploty namerané GAS a SOLID zariadeniami odlišujú o viac ako 200 °C. Je zaujímavé sledovať značnú diskrepanciu medzi vývojom teplôt vzduchu a teplôt betónového ostenia, ktoré majú podstatne rozdielny charakter. Ak zvýšime výkon požiaru o 300 % (z 5 MW na 20 MW), teplota vzduchu sa zvýši približne o 140-180 % a teplota povrchu betónového ostenia sa zvýši o 100-140 %.

Z vyššie uvedeného vyplýva, že môže nastať problém, ak sú výstupy z modelovania využívané ako podklady k iným dokumentom a tieto môžu byť nepresné. Aby boli výsledky čo najpresnejšie, je nutné využívať modely v pravouhlej geometrii a čo najviac sa priblížiť k reálnemu oblúku tunelu. Keďže sa v práci pracovalo len s 30 m úsekom tunelu, do budúcnosti by bolo vhodné spracovať tunel v celej dĺžke, aby sa mohli naplno skúmať fenomény dynamiky požiaru v tuneli- stratifikácia dymovej vrstvy, back- layering, kritická hodnota pozdĺžneho prúdenia v tuneli, efekt prirodzenej a nútenej ventilácie. Tu sa javí matematické modelovanie ako ideálny nástroj na lepšie pochopenie fenoménov v požiarom inžinierstve.

Reference

- [1] BŮŽEK, Matěj a Libor MAŘÍK. Technické řešení betonové vozovky v tunelu Považský Chlmec. *Tunel*. 2018, (3/2018). ISSN 1211-0728
- [2] *Tunelové názvoslovie*. TP 05/2006. B.m.: Ministerstvo dopravy, pôšt a telekomunikácií SR. 2006
- [3] MAŘÍK, Libor. Tunel Považský Chlmec na dálnici D3 Žilina (Strážov) - Žilina (Brodno) od projektu k realizaci. *Tunel*. 2015, (3/2015). ISSN 1211-0728
- [4] TLAMSA, Jiří a Anna VOJTĚCHOVSKÁ. Úloha geotechnického monitoringu a inženýrskogeologické dokumentace v rámci výstavby tunelu Považský Chlmec. *Tunel*. 2016, (1/2016). ISSN 1211-0728
- [5] MAŘÍK, Libor. Sekundární ostění tunelu Považský Chlmec, konstrukční řešení, provádění a ošetřování. *Tunel*. 2017, (1/2017). ISSN 1211-0728
- [6] ŠIRILLA, Miroslav a Peter SCHMIDT. D3 Žilina (Strážov) - Žilina (Brodno), tunel Považský Chlmec. *Inžinierske stavby*. 2017, (6/2017). ISSN 1335-0846
- [7] HORŇÁK, Pavol. Najmodernejší cestný tunel na Slovensku je Považský Chlmec. *Inžinierske stavby*. 2018, (1/2018). ISSN 1335-0846

- [8] MARASOVA, Daniela, Vladimír TARABA a Peter GRENDL. Legislativa a jej požiadavky na bezpečnosť tunelov. *Acta Montanistica Slovaca*. 2010, (mimoriadne č. 1). ISSN 1335-1788
- [9] MCGRATTAN, Kevin B., Randall J. MCDERMOTT, Craig G. WEINSCHENK a Glenn P. FORNEY. Fire Dynamics Simulator Users Guide, Sixth Edition. *Special Publication (NIST SP) - 1019* [online]. 2013 [vid. 2019-05-08]. Dostupné z: doi:<http://dx.doi.org/10.1002/https://dx.doi.org/10.6028/NIST.sp.1019>
- [10] MCGRATTAN, Kevin B., Randall J. MCDERMOTT, Craig G. WEINSCHENK a Glenn P. FORNEY. Fire Dynamics Simulator, Technical Reference Guide, Sixth Edition. *Special Publication (NIST SP) - 1018* [online]. 2013 [vid. 2019-05-08]. Dostupné z: doi:<http://dx.doi.org/10.1002/https://dx.doi.org/10.6028/NIST.sp.1018>
- [11] BALOG, Karol a Miloš KVARČÁK. *Dynamika požáru*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, z.s., 1999. ISBN 978-80-86111-44-5
- [12] KUČERA, Petr a Zdeňka PEZDOVÁ. *Základy matematického modelování požáru*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, z.s., 2010. ISBN 978-80-7385-095-1
- [13] MARTINKA, Jozef, Tomáš CHREBET a Karol BALOG. An assessment of petrol fire risk by oxygen consumption calorimetry. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* [online]. 2014, 117(1), 325-332. ISSN 1388-6150, 1588-2926. Dostupné z: doi:[10.1007/s10973-014-3686-6](https://doi.org/10.1007/s10973-014-3686-6)

Charakteristika distribuce částic mlhových trysek typu LN, SK a SV

Marek Miškay¹, Dominik Jursa², Miriam Kadlubcová³

¹ VŠB-TUO, Fakulta bezpečnostního inženýrství,
Lumírova 13, 700 30 Ostrava-Výškovice, marek.miskay@vsb.cz

² VŠB-TUO, Fakulta bezpečnostního inženýrství,
Lumírova 13, 700 30 Ostrava-Výškovice, dominik.jursa@vsb.cz

³ VŠB-TUO, Fakulta bezpečnostního inženýrství,
Lumírova 13, 700 30 Ostrava-Výškovice, miriam.kadlubcova@vsb.cz

Abstrakt:

Kapky vodní mlhy mají největší vliv na účinnost hašení a uvádění požáru pod kontrolu. Příliš malé kapky vody sice mají největší schopnost odebírání tepla, ale velmi snadno dochází k unášení těchto kapek mimo ohnisko požáru. Kdežto příliš velké kapky lépe pronikají k ohnisku požáru, ale nejsou při odebírání tepla natolik efektivní. Práce se zabývá stanovením distribuce velikosti částic 13 trysek, 3 různých typů. Konkrétně typu LN, SK a SV. V práci jsou uvedeny grafy distribuce velikosti částic, Sauterovy střední průměry a rozměry výstřikových kuželů jednotlivých trysek.

Klíčová slova: vodní mlha, distribuce velikosti částic, mlhové trysky, Sauterův střední průměr, SprayTec.

1 Úvod

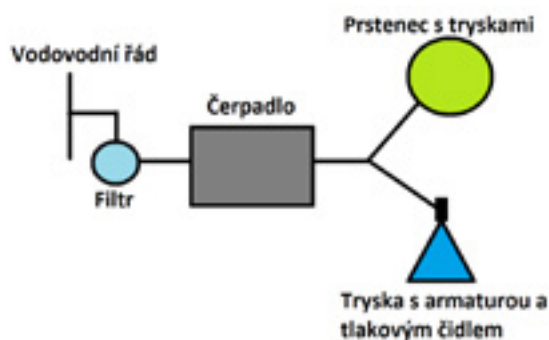
V současnosti dochází k výraznému rozšiřování využití mlhových systémů k hašení, uvádění požáru pod kontrolu či jako náhrada za pasivní prvek požární ochrany. V českých zemích se začínají mlhové systémy objevovat v padesátých letech. Jako příklad lze uvést národní podnik Karosa, kde se využívala vodní mlha k ochraně kabelových kanálů. Ve světě byly nejdůležitějšími milníky dva roky. V roce 1987 na základě Montrealského protokolu bylo zakázáno využívání halonů 1211 a 1301, V roce 1995 Mezinárodní námořní organizace rozhodla, že ve všech lodích s přepravní kapacitou 35 a více osob, bude nutnost aplikace mlhových systémů. [1-3]

Mlhové systémy se využívají například jako náhrada za zpěňující nátěry, které se aplikují na ocelové konstrukce. Můžeme se s nimi setkat při ochraně turbín větrných elektráren, ochraně elektrických transformátorů, ale využívají se i v běžném životě. Například na zahradách, kde během horních letních dní snižují pocitovou teplotu. [1, 2]

2 Měřicí aparatura

Aby byla měření s různými typy trysek porovnatelná, je potřeba zajistit, aby zařízení, které bude produkovat vodní mlhu, bylo pokaždé stejné. Pro účely měření to tedy bude vysokotlaké vodní čerpadlo s filtrem, potrubní systém, armatury a trysky.

Součástí aparatury je vysokotlaké čerpadlo na vodu s filtrem, potrubní systém, armatura s tryskou a tlakovým čidlem a prstenec s tryskami, viz Obrázek 1. Pro snadnější manipulaci je součástí aparatury i zvedák.



Obrázek 1. Schéma měřící aparatury

2.1 Vysokotlaké čerpadlo na vodu s filtrem

V systému pro vytvoření vodní mlhy je použito vysokotlaké čerpadlo italské firmy TecnoCooling s označením EVOLUTION TIME VAR (Obrázek 2). O pohon se stará jednofázový elektromotor pracující při otáčkách $300-1450 \text{ ot. min}^{-1}$, který zajišťuje maximální pracovní tlak čerpadla 70 bar. Elektromotor čerpadla je chlazen vzduchem a připojuje se na standardní elektrickou síť 230 V/50 Hz. Vysokotlaké čerpadlo disponuje variabilním průtokem $1-5 \text{ l. min}^{-1}$ při pracovním tlaku 70 bar. Pro ochranu před zanesením mechanických nečistot do pístů čerpadla a vysokotlakých trysek je zařazen na vstupu do čerpadla vodní filtr (Obrázek 3), složený z plastového těla a vložky z buničiny. Filtr je schopen zachytit mechanické nečistoty větší než $5 \mu\text{m}$.



Obrázek 2. Vysokotlaké čerpadlo



Obrázek 3. Vodní filtr

2.2 Potrubní systém

Potrubní systém je tvořen odolnou černou nylonovou hadicí o tloušťce 3/8" (vnějším průměru 10 mm, vnitřním průměru 5 mm, tloušťce stěny 2,5 mm). Tyto hadice jsou uzpůsobeny k provozu za vysokých tlaků.

2.3 Armatury

Hadice se pomocí T-kusu (měděná rychlospojka pro hadice velikosti 3/8") rozdvouje na dvě větve. První větev vede k nerezovému kruhu (prstenci) o průměru 400 mm se čtyřmi otvory pro mlžící trysky. Na prstenci jsou umístěny trysky, které zajišťují spolu s měřenou tryskou definovaný průtok čerpadla 1-5 l.min⁻¹.

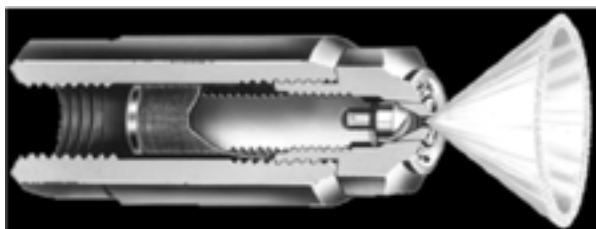
Druhá větev vede k armatuře, na kterou je připevněno tlakové čidlo a testovaná tryska. Testované trysky lze jednoduše měnit, disponují závitem 1/4" BSPT (F). Tlakové čidlo je napojeno pomocí konektoru a zajišťuje monitorování tlaku na měřené trysce.

2.4 Trysky

Pro účely měření byly využity trysky typu LN, SK a SV. Všechny použité trysky jsou od firmy Spraying Systems Czech, s.r.o. Jednotlivý prvek všech těchto typů trysek je velikost vrtání, která je v rozmezí 0,40-0,41 mm. Tento parametr je zásadní z hlediska velikosti kapek, kdy trysky s podobným vrtáním by měly produkovat kapky s podobnou velikostí částic. Všechny z těchto trysek produkují mlhový proud ve tvaru dutého kužele. Liší se však konstrukcí samotných trysek a principem, kterým je mlhový kužel vytvářen.

Hydraulické mlžící trysky typu LN o velikostech 0,3; 0,4; 0,5; 0,6 a 1 mm. Trysky LN jsou s integrovaným filtrem, který zabraňuje jejich ucpání. Trysky jsou schopny rovnoměrné distribuce vodních kapek.

Hydraulické mlžící trysky pro jemné rozprašování vytváří výhradně pomocí tlaku kapaliny rozstřík ve tvaru dutého kužele s velmi jemnými kapkami (Obrázek 4). Rovnoměrné rozložení kapaliny se zvyšující se výškou stříku nabývá mlžného charakteru.



Obrázek 4. Hydraulická mlžící tryska typu LN

Trysky typu SK jsou rotační trysky (Obrázek 5), které poskytují velmi rovnoměrné rozložení velikosti kapek. Tělesa a víčka trysky jsou z nerezové oceli, jádro je z karbidu nebo wolframu typu M nebo Y. Karbid typu M poskytuje větší odolnost proti opotřebení a doporučuje se pro abrazivní a vysokotlaké aplikace.



Obrázek 5. Tryska typu SK

Trysky typu SV jsou trysky s vířivou komorou (Obrázek 6), kdy kapalná suspenze proudí do trysky a vstupuje do jednoduché vstupní vírové komory, která způsobuje, že kapalina rotuje nebo „víří“ při vysokých rychlostech. Vířící kapalina vystupuje z ústí trysky a rozpadá se na rozprašované kapičky. Vzduchové jádro vytvoří se dutý kuželovitý rozprašovací obrazec malých kapiček.



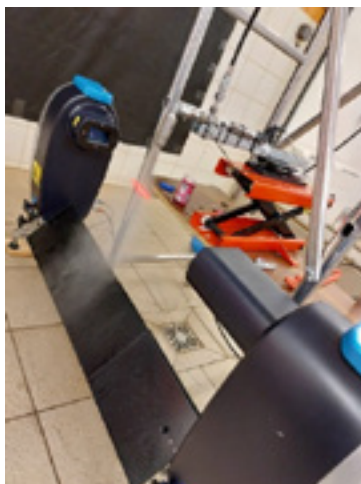
Obrázek 6. Tryska typu SV

3 Měření na zařízení SprayTec

Měření probíhalo na zařízení SprayTec, které bylo společně s odbornou obsluhou zapůjčeno energetickým ústavem fakulty strojní ČVUT. Zařízení Spreytec od firmy Malvern Panalytical funguje na principu laserové difrakce. Spraytec používá techniku laserové difrakce pro měření velikosti kapiček postřiku a částic stříkání. To se provádí měřením intenzity rozptýleného světla, když laserový paprsek prochází sprejem.

Měření probíhalo ve 3, 4, potažmo 5 výškách od ústí trysky (konkrétně 25, 50, 75, 125 a 150 mm), při tlaku 66-69 bar. Původně měření probíhalo pouze ve 4 výškách (25, 50, 75 a 150 mm). Po měřeních na 2 tryskách bylo na základě velkého rozdílu mezi naměřenými hodnotami ve výšce 75 a 150 mm rozhodnuto, že u dalších trysek budou měřeny i ve vzdálenosti 125 mm. Z důvodu výrazných odchylek byly trysky typu LN měřeny pouze ve vzdálenosti od 25 do 75 mm. Vzdálenost se měřila od ústí trysky po laser Spraytecu. Ke změně výšek docházelo pomocí zvedáku, který je součástí aparatury.

Před každým měřením byl závit aparatury před nasazením trysky utěsněn těsnicí šňůrou, aby nedocházelo k nežádoucím únikům vody. Těsnící šňůra byla při každé změně trysky odstraněna a nahrazena novou. Postup měření lze rozdělit do tří částí. Než započalo měření, byla potřeba vyčkat na ustálení tlaku. V okamžik ustálení tlaku bylo možno započít samotné měření, které trvalo 30-40 sekund. Po měření došlo ke změně výšky trysky a před dalším měřením byla potřeba zakrytí trysky, aby se zařízení Spraytec ustálilo. Měření probíhalo v jedné poloze trysky. Systém Spraytec při měření je vyfocen na Obrázku 7.



Obrázek 7. Zařízení SprayTec během měření

Pro porovnání výsledků měření jednotlivých trysek byl zvolen Sauterův střední průměr, se kterým budeme tedy dále pracovat. Sauterův střední průměr (D_{32}) je způsob vyjádření jemnosti rozstříku pomocí povrchu kapek vytvořených rozstříkem. Sauterův střední průměr označuje průměr kapky se stejným poměrem jejího objemu k její ploše jako má celkový objem všech kapek k jejich celkovému povrchu. Hodnoty šířky kuželů při daných vzdálenostech se nachází v Tabulkách 1-3.

Tabulka 1. Šířky kuželů pro trysky typu LN

Vzdálenost od ústí trysky (cm)	Šířka kužele (cm)	Šířka kužele (cm)	Šířka kužele (cm)	Šířka kužele (cm)
2,5	5,5	4,8	5,0	4,8
5,0	9,5	8,8	9,0	8,5
7,5	14,0	12,5	12,5	12,5
12,5	21,0	20,5	19,0	16,5
15,0	24,5	23,0	22,0	17,5

Tabulka 2. Šířky kuželů pro trysky typu SK

Průměr vložky trysky SK→	16	17	19	20
Vzdálenost od ústí trysky (cm)	Šířka kužele (cm)	Šířka kužele (cm)	Šířka kužele (cm)	Šířka kužele (cm)
2,5	3,3	3,3	3,0	3,0
5,0	5,6	5,6	5,6	5,9
7,5	9,2	7,7	7,5	7,6
12,5	14,4	12,9	11,1	12,5
15,0	17,2	14,4	12,3	14,0

Tabulka 3. Šířky kuželů pro trysky typu SV

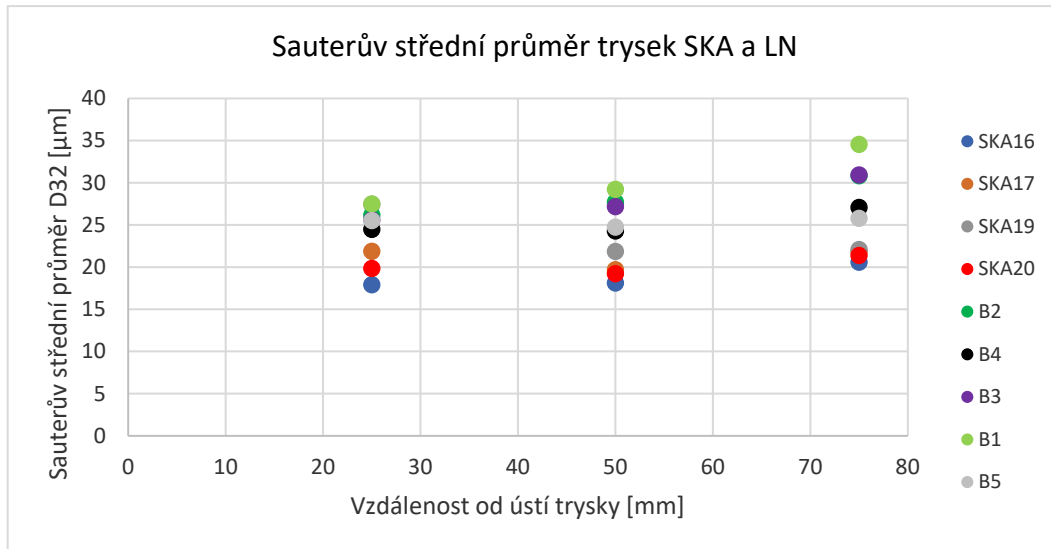
Průměr vložky trysky SV→	2	3	4	5
Vzdálenost od ústí trysky (cm)	Šířka kužele (cm)	Šířka kužele (cm)	Šířka kužele (cm)	Šířka kužele (cm)
2,5	3,8	1,8	1,9	1,4
5,0	6,2	2,7	2,8	2,3
7,5	7,7	3,7	4,1	3,2
12,5	11,3	5,2	5,7	3,8
15,0	13,2	5,8	8,1	5,2

Průměrné naměřené střední hodnoty Sauterových středních průměrů jsou uvedeny v Tabulce 4. Z tabulky je patrné, že trysky SVS3; SVS4 a SVS5 (ve vzdálenosti 75 mm) produkují v průměru největší kapky $D_{32} = 117,369-125,301$ (μm). Zde je ovšem potřeba brát v potaz, že z důvodu velké optické hustoty nebyl schopen laser dostatečně prosvítit měřený vzorek, čímž došlo k znehodnocení dat u těchto 3 trysek. Tyto data lze považovat za nesprávná. Taktéž u trysky SVS2 jsou zřetelné významnější odchylky oproti tryskám typu SK, ač se data zdají být přesnější než u předchozích třech trysek typu SV. Tudíž data z trysek typu SV nemají vypovídající hodnotu a pro následnou komparaci budou využity data z měření na zbývajících tryskách. Dále je potřeba odstranit hodnotu u trysky SKA19 ve vzdálenosti 25 mm. Zde došlo k chybě měření, která byla zjištěna až po zpracování dat. U zbývajících trysek produkuje největší kapky tryska B3 (ve vzdálenosti 75 mm), jejíž kapky mají $D_{32} = 30,94$ (μm), zatímco tryska SKA16 (ve vzdálenosti 75 mm) tvoří kapky nejmenší $D_{32} = 20,60$ (μm).

Tabulka 4. Sauterovy střední průměry měření na Spraytec

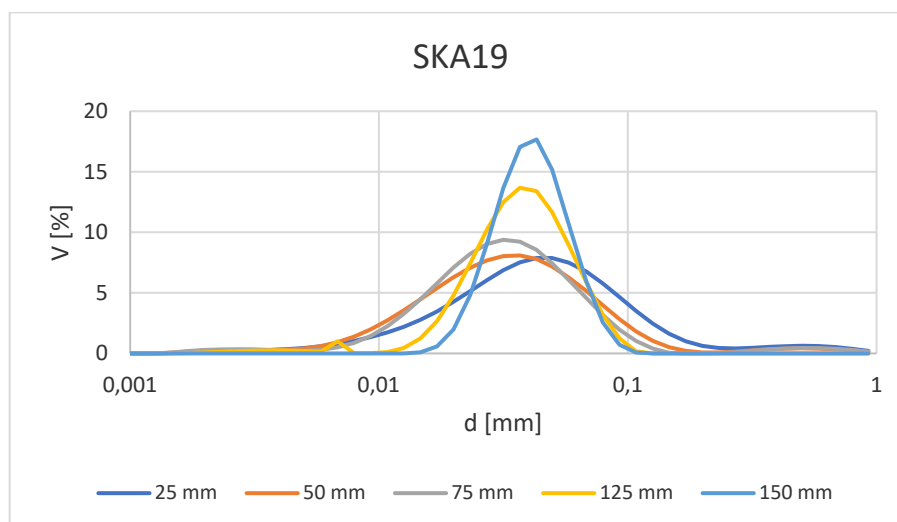
Spraytec	25 mm	50 mm	75 mm	125 mm	150 mm
SKA16	17,93 μm	18,12 μm	20,60 μm	X	35,72 μm
SKA17	21,89 μm	19,70 μm	21,87 μm	X	31,46 μm
SKA19	27,46 μm	21,87 μm	22,10 μm	29,40 μm	38,51 μm
SKA20	19,85 μm	19,23 μm	21,38 μm	29,29 μm	32,91 μm
SVS2	49,70 μm	37,09 μm	32,451 μm	32,29 μm	33,94 μm
SVS3	164,42 μm	141,50 μm	117,36 μm	302,51 μm	43,83 μm
SVS4	147,35 μm	137,78 μm	127,87 μm	196,99 μm	245,76 μm
SVS5	146,79 μm	154,30 μm	125,30 μm	111,66 μm	105,68 μm
B1	27,51 μm	29,24 μm	34,57 μm	X	X
B2	26,18 μm	27,73 μm	30,86 μm	X	X
B3	25,61 μm	27,18 μm	30,94 μm	X	X
B4	24,48 μm	24,31 μm	27,09 μm	X	X
B5	25,53 μm	24,76 μm	25,79 μm	X	X

Když opomeneme zkreslená data z trysek SVS, lze považovat za směrodatné naměřené hodnoty ze vzdáleností 25, 50 a 75 mm u zbývajících trysek. U většiny trysek lze vyzorovat trend, kdy dochází k nárůstu hodnot Sauterova středního průměru. Tuto skutečnost je potřeba přičíst chybě měření SprayTecu, kterou nebylo možno během měření odstranit. Nejedná se o skutečnost, kdy by s přibývajícím vzdáleností docházelo ke slučování a zvětšování kapek vodní mlhy. Graf jednotlivých Sauterových středních průměrů je znázorněn na Obrázku 8.



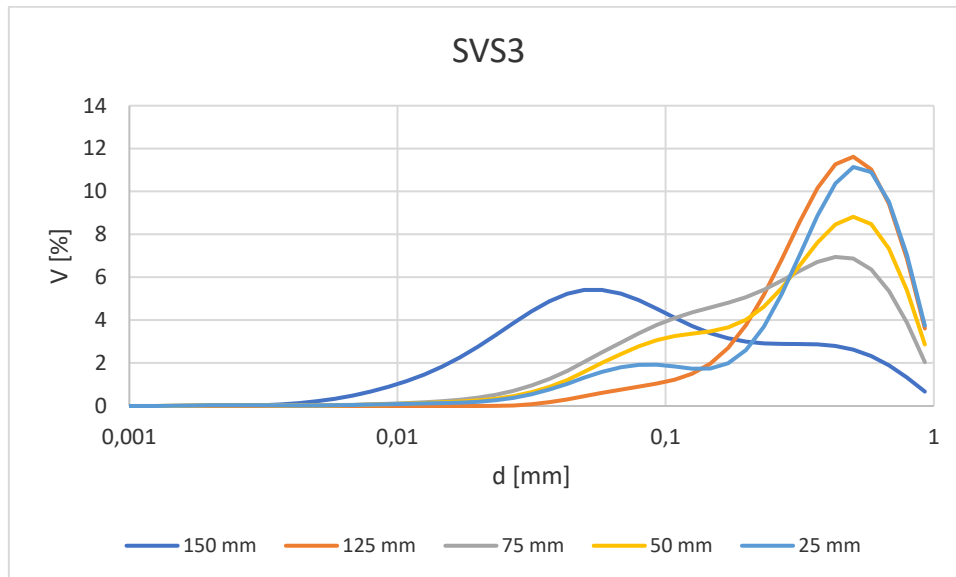
Obrázek 8. Graf Sauterových středních průměrů trysek SKA a LN

Výrazně zkreslené hodnoty z měření na tryskách SVS lze vypočítat i z grafu distribuce velikosti částic. Při správně naměřených hodnotách lze vypočítat Gaussovo rozložení trysky. Jako příklad je na Obrázku 9 uveden graf distribuce velikosti částic pro trysku SKA19. Kdežto pro trysky SVS u většiny vzdáleností křivka nemá Gaussovo rozložení. Pro příklad je na Obrázku 10 uveden graf distribuce velikosti částic pro trysku SVS3. Na vodorovné ose jsou uvedena objemová procenta a na svislé ose je uvedena hodnota Sauterových středních průměrů v milimetrech.



Obrázek 9. Graf distribuce velikosti částic trysky SKA19

Taktéž lze konstatovat, že u trysek SVS se nachází více než 1 % objemového procenta za hranicí 1 mm. Kdyby tato data byla správně naměřena, nesplňovala by generovaná vodní mlha parametry vodní mlhy a nebylo by možno tyto trysky prodávat jako mlhové trysky.



Obrázek 10. Graf distribuce velikosti částic trysky SVS3

4 Závěr

Za účelem měření byla sestavena aparatura na tvorbu vodní mlhu, která byla využita pro měření na celkem 13 tryskách. Konkrétně 5 trysek typu LN, 4 trysky typu SK a 4 trysky typu SV. K měření bylo vybráno zařízení SprayTec, které nám bylo včetně obsluhy zapůjčeno z energetického ústavu fakulty strojní ČVUT.

Všechny trysky byly měřeny ve vzdálenosti 25, 50 a 75 mm. U prvních dvou trysek bylo měření prováděno i pro velikosti 150 mm. Z důvodu velkých odchylek mezi vzdálenosti 75 a 150 mm, byla měřena i vzdálenost 125 mm pro následujících 6 trysek. Jelikož se i hodnoty mezi 75 a 125 mm výrazněji lišily. Posledních 5 trysek bylo měřeno pouze při vzdálenostech 25, 50 a 75 mm.

U jednotlivých hodnot Sauterových středních průměrů lze vyčíst, že s rostoucí vzdáleností roste průměr kapek. Tento jev je způsoben chybou měření u zařízení SprayTec, kterou nebylo možno během měření eliminovat. Rostoucí trend nebyl způsoben tím, že by docházelo ke spojování kapek nebo tím, že by s rostoucí vzdáleností docházelo ke zvětšování kapek.

Pro trysky typu LN a SK byly stanoveny charakteristiky mlhového proudu. U trysek typu SV nebylo možno stanovit charakteristiky mlhového proudu, jelikož mlhový proud měl příliš velkou optickou hustotu a laser SprayTecu nebyl schopen mlhový proud prosvítit.

Reference

- [1] RYBÁŘ, Pavel. Stabilní hasicí zařízení: vodní a pěnová. Praha: Profesionální komora požární ochrany, 2015. Edice Profesionální komory požární ochrany. ISBN 978-80-260-7372-7
- [2] RYBÁŘ, Pavel. Mlhová stabilní hasicí zařízení pro protipožární ochranu objektů a technologií (1. část). *Tzbinfo* [online]. 2017 [cit. 2022-01-10]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/16205-mlhova-stabilni-hasici-zarizeni-pro-protipozarni-ochranu-objektu-a-technologie-1-cast>

- [3] HURLEY, Morgan J., Daniel T. GOTTUK, John R. HALL, Kazunori HARADA, Erica D. KULIGOWSKI, Milosh PUCHOVSKY, Jose L. TORERO, John. M. Jr. WATTS a Christopher WIECZOREK. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering [online]. 2016. 5. edice. ISBN 978-1-4939-2565-0. Dostupné z: <https://rb.gy/n2y5bm>

Vybrané ukazovatele ekonomickej bezpečnosti organizácie

Pavol Prievozník¹, Stanislava Strelcová², Eva Sventeková³, Jozef Kubás⁴

¹ Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva,
Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina, pavol.prievoznik@uniza.sk

² Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva,
Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina, stanislava.strelcova@uniza.sk

³ Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva,
Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina, eva.sventekova@uniza.sk

⁴ Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva,
Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina, jozef.kubas@uniza.sk

Abstrakt:

V literatúre nájdeme rôzne prístupy k identifikácii vhodnej množiny ukazovateľov narušenia ekonomickeho výkonu podniku. Zvyčajne sú založené na metódach finančnej analýzy a podporené metódami komparatívnej štatistiky. Rozdielny prístup je založený na metódach hodnotenia rizika, ktoré sú určované expertnými odhadmi definovaných kritériálnych ukazovateľov. Cieľom predloženého článku je vybrať vhodný súbor ukazovateľov ekonomickej bezpečnosti malého až stredného podniku, a to použitím metód systémovej analýzy (Kvalitatívna analýza rizík so súvzťažnosťou a Viackritériálne rozhodovanie) pre podnikové riziká výrobného procesu. Ako najvhodnejšie boli vybrané tri ukazovatele: doba pripadajúca na vybavenie jednej objednávky, náklady riadenia jednej objednávky a náklady nedostatkov na opravu nepodarkov, na údržbu a prestoje. Predstavenú metódu výberu kľúčových ukazovateľov rizika možno použiť na rôzne typy organizácií, ako aj na spoločenské systémy akou je obec, región či štát. Táto metóda preto bude slúžiť pri tvorbe scenárov pre virtuálnu realitu v príprave krízových manažérov na monitorovanie a prognózovanie rizík spojených s ochranou obyvateľstva. Ekonomická bezpečnosť dominantného výrobného sektoru v regiónoch má totiž priamy dopad na kvalitu života obyvateľstva a na prevenciu nežiadúcich javov spojených so zvýšenou nezamestnanosťou a poklesom životnej úrovne.

Kľúčová slova: ekonomická bezpečnosť, výroba, podnik, riziko, KARS, kvalita života, organizácia, virtuálna realita, obec.

1 Úvod

V predložennom príspevku uvádzame možnosť výberu ukazovateľov ekonomickej bezpečnosti podniku na základe posúdenia schopnosti vybraných podnikových ukazovateľov indikovať dopady podnikových rizík. Tieto prejavy je potrebné zachytiť skôr, ako by sa rozšírili do vysokého počtu oblastí podnikových procesov a skôr ako by dosiahli takú veľkosť, že by sa nastupujúca kríza podniku už nedala odvrátiť. Dôležité je preto, aby bol výber ukazovateľov ekonomickej bezpečnosti podniku založený, na jednej strane, na informácii o významnosti rizika, ktorá je daná kombináciou pravdepodobnosti a dopadu každého rizika. Na druhej strane, by mal byť výber založený na informácii o schopnosti rizika vyvolať iné riziká, ktorých dopady nemusia byť vybraným ukazovateľom priamo sledované. Takto vybraný ukazovateľ ekonomickej bezpečnosti podniku zachytí včasné (nerozšírené) a závažné (s vážnymi dopadmi) prejavy sledovaných rizík. Informácia o významnosti rizika je bežne výsledkom trojstupňového posudzovania rizika v procese manažmentu rizík. Informáciu o schopnosti rizika vyvolať iné riziká možno získať pomocou výpočtu koeficientu aktivity rizika v rámci analýzy súvzťažnosti rizík, KARS. Informácia o významnosti a aktivite každého rizika je zahrnutá do výberu ukazovateľov ekonomickej bezpečnosti

podniku tak, že hodnoty významnosti a koeficientu aktivity predurčujú váhu daného rizika v rozhodovacom procese o podnikových ukazovateľoch. Samotný rozhodovací proces je založený na posudzovaní variantov výberu (podnikových ukazovateľov) s ohľadom na kritériá, teda s ohľadom na schopnosť ukazovateľov indikovať dopady podnikových rizík. Podnikové riziká vstupujú do rozhodovacieho procesu ako kritériá pre výber variantu metódami viackritériálneho rozhodovania.

2 Materiál a metódy

Buganová a kol. [1], Varcholová [2], Fotr a Souček [3] aj Šimák [4] rozlišujú v kontexte podniku čisté riziko a podnikateľské riziko. Podnikateľské riziká člení Varcholová [2] aj Buganová a kol. [1] ďalej podľa vecnej náplne. Iný prístup uvádza Fotr a Souček [3], ktorí členenie podľa vecnej náplne neoznačujú explicitne ako členenie podnikateľských rizík, ale členia ich ako všeobecné riziká.

V literatúre nachádzame autormi identifikované rôzne oblasti činností podniku a k nim prináležiace druhy rizík podľa vecnej náplne. Prehľad oblastí, druhov, celkov či skupín rizík podľa rôznych autorov poskytuje Tabuľka 1.

Tabuľka 1. Hlavné oblasti/druhy rizík podľa rôznych autorov. Zdroj: vlastné spracovanie

Autor	Skupiny rizík
Buganová a kol. [1]	Technicko-technologické, Výrobné, Ekonomické, Trhové (obchodné), Finančné, Legislatívne, Politické, Informačné
Chevalier [5]	Priemyselné a obchodné riziká (Priemyselné riziká, Technologické riziká a riziká spojené s výskumom a vývojom, Riziká v oblasti informatiky, Riziká v oblasti distribúcie a sociálne riziká), Finančné riziká (Riziko insolventnosti, Bankové riziko, Cenové riziko), Medzinárodné a inflačné riziká (Vývozná riziká, Menové riziká, Politické riziká, Inflačné riziká)
Šimák [4]	Technické, Výrobné, Obchodné, Finančné, Ekonomické, Informačné, Sociálne, Politické, Riziká životného prostredia
Fotr a Souček [3]	Technicko-technologické, Výrobné, Ekonomické, Trhové, Finančné, Legislatívne, Politické, Environmentálne, Ľudského faktora, Informačné, Zásahu vyššej moci
Varcholová a Dubovická [2]	Technické, Výrobné, Obchodné, Finančné, Ekonomické, Riziká v oblasti informatiky, Politické riziká, Mediálne riziká

Pre potreby príspevku sme redukovali rozsah analýzy rizík na skupinu rizík spojených s výrobou. Expertným posúdením bolo vybratých 15 rizík, ktorým bola priradená významnosť. Vybrané riziká aj s významnosťou ako kombináciou pravdepodobnosti a dopadu rizika sú uvedené v Tabuľke 2.

Uvedený zoznam rizík bol podrobený kvalitatívnej analýze rizík so súvzťažnosťou, aby boli vybrané prioritné riziká, teda také, ktoré majú schopnosť aktivovať najvyšší podiel ostatných rizík [6]. Uvedené riziká tvoria kritériá výberu podnikových ukazovateľov pre oblasť výroby. Buganová a kol. [1] upozorňujú, že identifikovanie vznikajúcej krízy čo najbližšie k začiatku kauzálneho krízového reťazca umožňuje identifikovať pravú príčinu vznikajúcej krízy.

Tabuľka 2. Riziká výrobného procesu. Zdroj: [6]

Kategória	Riziko	Významnosť
Sklad	Chyby v zaskladnení	12
	Nevyhovujúci systém práce v sklade	12
	Poškodenie hotových výrobkov	20
Výroba	Nekvalita výrobkov	15
	Veľké množstvo odpadu pri výrobe	16
	Poruchy strojov	15
Personál	Nekvalifikovaný personál	15
	Nedodržanie pracovných postupov	16
	Podcenenie kontroly materiálov	12
	Podcenenie výstupnej kontroly	15
Predaj	Neskorá objednávka od zákazníka	16
	Neskoré odoslanie	12
Plánovanie výroby	Zlý výrobný plán	12
	Nedostatok personálu	12
Nákup	Nedodanie načas	12

Na včasné odhalenie nastupujúcej krízy autori [1] navrhujú okrem iných využití finančné a finančno-ekonomické podnikové ukazovatele, ktoré rozdeľujú do 8 skupín podľa funkčných oblastí. Jednou zo zahrnutých oblastí je aj oblasť výroby s ukazovateľmi uvedenými v Tabuľke 3. Tieto ukazovatele vstupujú ako varianty výberu do viackriteriálneho rozhodovania pomocou rozhodovacej matice ale aj pomocou modifikovanej rozhodovacej matice [9], [10].

Tabuľka 3. Podnikové ukazovatele pre oblasť výroby. Zdroj: [1]

Označenie	Názov ukazovateľa
U1	Náklady operatívneho riadenia výroby
U2	Vývoj produktivity práce
U3	Výrobné fixné náklady
U4	Doba pripadajúca na vybavenie jednej objednávky
U5	Náklady na jednu procedúru
U6	Náklady riadenia jednej výrobnej objednávky
U7	Intenzita zásob nedokončenej alebo rozpracovanej výroby (%)
U8	Náklady nedostatkov na opravu nepodarkov, na údržbu a prestoje

3 Výsledky

V prvej podkapitole sú uvedené výsledky kvalitatívnej analýzy rizík so súvzťažnosťou (KARS), z ktorej vyplýva, že najaktívnejšími rizikami, ktoré súvisia s procesom výroby sú chyby v zaskladnení, nevyhovujúci systém práce v sklade, poruchy strojov, nekvalifikovaný personál, nedodržanie pracovných postupov, neskorá objednávka od zákazníka, zlý výrobný plán a nedostatok personálu. V druhej podkapitole sú prezentované výsledky viackriteriálneho rozhodovania o výbere podnikových ukazovateľov z oblasti výroby na základe kritérií, ktorými sú uvedené najaktívnejšie riziká.

3.1 Analýza KARS rizík výrobného procesu

Analýza KARS umožňuje identifikovať v rámci množiny rizík tie, ktoré vyžadujú prioritnú pozornosť [7]. Sú to tie riziká, ktorým koeficient aktivity priraduje oblasť I. a IV. kvadrantu primárne nebezpečných rizík. Sú to zároveň riziká, ktoré majú schopnosť vyvolať vysoké percento ďalších analyzovaných rizík.



Obrázok 1. Grafické znázornenie prioritných rizík určených metódou KARS. Zdroj: [8]

V nasledujúcej Tabuľke 4 je uvedený zoznam prioritných rizík z kvadrantov I a IV. Tieto riziká majú vysoký koeficient aktivity KAR, čo znamená, že majú potenciál aktivovať najvyššie percento ostatných rizík. Počet rizík, ktoré dané riziko môže aktivovať je uvedený v stĺpci s názvom Počet aktivovaných rizík. Toto číslo určuje v podiele k celkovému počtu rizík, ktoré sú zahrnuté do analýzy, koeficient aktivity rizika KAR. Naopak, v stĺpci s názvom Počet aktivujúcich rizík je uvedený počet rizík, ktoré dané riziko môžu aktivovať. Tento počet v podiele k celkovému počtu rizík určuje koeficient pasivity rizika KPR. Pre kompletnosť prehľadu je v tabuľke uvedená aj významnosť rizika, ktorá vstupuje do viackriteriálneho rozhodovania o výbere ukazovateľov ekonomickej bezpečnosti podniku v oblasti výrobného procesu.

Tabuľka 4. Výsledky analýzy KARS. Zdroj: vlastné spracovanie

Kategória	Riziko	Významnosť	Počet aktivovaných rizík	Počet aktivujúcich rizík	KAR (%)	KPR (%)
Sklad	Chyby v zaskladnení	12	6	8	40,0	53,3
	Nevyhovujúci systém práce v sklade	12	10	3	66,6	20,0
Výroba	Poruchy strojov	15	5	6	33,3	40,0
Personál	Nekvalifikovaný personál	15	13	2	86,6	13,3
	Nedodržanie pracovných postupov	16	10	11	66,6	73,3
Predaj	Neskorá objednávka od zákazníka	16	7	1	46,6	6,6
Plánovanie výroby	Zlý výrobný plán	12	12	3	80,0	20,0
	Nedostatok personálu	12	9	5	60,0	33,3

Pomocou metody KARS bolo z nich vybraných 8 prioritných prevádzkových rizík, ktoré v ďalšom postupe slúžili ako kritériá výberu prevádzkových ukazovateľov ako ukazovateľov ekonomickej bezpečnosti prevádzky podniku. Výber bol uskutočnený pomocou rozhodovacej matice a modifikovanej rozhodovacej matice. Určovanie váh jednotlivým rizikám ako kritériám výberu bolo vykonané dvomi metódami s prioritou významnosti rizika a s prioritou aktivity rizika, čo poskytlo vo výsledku až štyri rôzne poradia pre výber ukazovateľov.

3.2 Výber ukazovateľov metódou rozhodovacej matice

Prvým krokom metódy rozhodovacej matice je určenie normovaných váh kritériám rozhodovania [9]. V Tabuľke 5 sú vypočítané hodnoty normovaných váh podľa počtu výskytov každého rizika vo Fullеровom trojuholníku [10].

Tabuľka 5. Určenie váh rizikám metódou Fullеровho trojuholníka – priorita významnosť rizika. Zdroj: vlastné spracovanie

Určenie váh rizík porovnaním kvantitatívnych znakov		Významnosť rizika	Koefficient aktivity										Počet výskytov	Normovaná váha
				A	B	C	D	E	F	G	H			
Chyby v zaskladnení	A	12	40,0	x	B	C	D	E	F	G	H	0	0,0000	
Nevyhovujúci systém práce v sklade	B	12	66,6	x	x	C	D	E	F	G	B	2	0,0714	
Poruchy strojov	C	15	33,3	x	x	x	D	E	F	C	C	4	0,1429	
Nekvalifikovaný personál	D	15	86,6	x	x	x	x	E	F	D	D	5	0,1786	
Nedodržanie pracovných postupov	E	16	66,6	x	x	x	x	x	E	E	E	7	0,2500	
Neskorá objednávka od zákazníka	F	16	46,6	x	x	x	x	x	x	F	F	6	0,2143	
Zlý výrobný plán	G	12	80,0	x	x	x	x	x	x	x	G	3	0,1071	
Nedostatok personálu	H	12	60,0	x	x	x	x	x	x	x	x	1	0,0357	

Každá bunka je vyplnená na základe kvantitatívnej charakteristiky rizika, a to dvojstupňovým porovnaním významnosti a aktivity rizika. V prípade, že riziko uvedené v riadku má vyššiu významnosť ako riziko uvedené v stĺpci, započítava sa riadkové riziko. V prípade, že má riadkové riziko rovnakú významnosť ako riziko uvedené v stĺpci, rozhoduje o započítaní rizika vyšší koefficient aktivity.

Po určení normovaných váh pre riziká výrobného procesu rozhodovacia matica určuje poradie vybraných podnikových ukazovateľov podľa ich schopnosti indikovať pôsobenie rizík. Tabuľka 6 ukazuje rozhodovaciu maticu s hodnotením ukazovateľov.

Za najvhodnejšie ukazovatele ekonomickej bezpečnosti podniku v oblasti výroby sa dajú podľa metódy rozhodovacej matice považovať posudzované ukazovatele v poradí podľa Tabuľky 6. Uvedené poradie bude ďalej porovnané s poradím, ktoré určí modifikovaná metóda rozhodovacej matice.

Tabuľka 6. Rozhodovacia matica pre výber ukazovateľov ekonomickej bezpečnosti podniku v oblasti výrobného procesu.

Zdroj: vlastné spracovanie

		Normované váhy	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8
Chyby v zaskladnení	A	0,0000	6	4	1	7	6	7	7	8
Nevyhovujúci systém práce v sklade	B	0,0714	7	7	5	9	7	9	8	9
Poruchy strojov	C	0,1429	10	7	10	8	10	9	7	10
Nekvalifikovaný personál	D	0,1786	5	7	5	6	5	7	3	8
Nedodržanie pracovných postupov	E	0,2500	3	5	5	7	7	6	8	9
Neskorá objednávka od zákazníka	F	0,2143	7	1	3	8	6	8	7	9
Zlý výrobný plán	G	0,1071	10	9	10	9	10	9	9	10
Nedostatok personálu	H	0,0357	7	1	3	7	1	6	5	7
Vážený súčet			6,39	5,21	5,75	7,54	6,96	7,57	6,75	9,00
Poradie			6	8	7	3	4	2	5	1

3.3 Výber ukazovateľov modifikovanou metódou rozhodovacej matice

Opäť prvým krokom výberu ukazovateľov ekonomickej bezpečnosti pomocou modifikovanej metódy rozhodovacej matice je určenie normovaných váh jednotlivým rizikám ako kritériám rozhodovania. Pri jednoznačnom ohodnotení rizík ich kvantitatívnymi znakmi je výsledok obidvoch spôsobov určenia normovaných váh kritérií rovnaký. Rozdiel môžeme dosiahnuť zmenou poradia kvantitatívnych znakov, podľa ktorých kritériá porovnávame. Keď porovnávame najskôr hodnoty významnosti rizika, a v prípade ich rovnosti porovnávame koeficienty aktivity, kladieme za prioritnú významnosť rizika. V opačnom prípade, ak porovnávame najskôr koeficient aktivity a až v druhom slede významnosť rizika, kladieme za prioritnú otázku šírenia sa dopadov pôsobenia rizika v podniku pred veľkosťou dopadov samotného rizika. Porovnanie rôznych výsledkov je uvedené v kapitole Diskusia.

Druhým krokom modifikovanej metódy rozhodovacej matice je samotné určenie poradia variantov výberu, čo v našom prípade znamená určenie poradia podnikových ukazovateľov z oblasti výroby podľa ich schopnosti indikovať pôsobenie dopadov rizík výrobného procesu.

Tabuľka 7. Porovnanie ukazovateľov podľa rizika – Chyby v zaskladnení. Zdroj: vlastné spracovanie

Ukazovateľ		U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	Súčet	Hodnotenie
Náklady operatívneho riadenia výroby	U1	x	1	1	0	1	0	0	0	3	0,1071
Vývoj produktivity práce	U2	0	x	0	0	0	0	0	0	0	0,0000
Výrobné fixné náklady	U3	0	1	x	0	0	0	0	0	1	0,0357
Doba pripadajúca na vybavenie jednej objednávky	U4	1	1	1	x	1	1	1	1	7	0,2500
Náklady na jednu procedúru	U5	0	1	1	0	x	0	0	0	2	0,0714
Náklady riadenia jednej výrobnej objednávky	U6	1	1	1	0	1	x	1	1	6	0,2143
Intenzita zásob nedokončenej alebo rozpracovanej výroby (%)	U7	1	1	1	0	1	0	x	0	4	0,1429
Náklady nedostatkov na opravu nepodarkov, na údržbu a prestoje	U8	1	1	1	0	1	0	1	x	5	0,1786

Ku každému uvažovanému riziku, ako kritériu rozhodovania, bola vytvorená tabuľka, v ktorej sa dopĺňa číslo 1 v prípade, že ukazovateľ v danom riadku je vhodnejší pre indikovanie dopadov daného rizika, ktoré je zároveň už spomenutým kritériom výberu. V prípade, že je vhodnejší ukazovateľ v danom stĺpci tabuľky, vyplní sa do bunky číslo 0. Ako príklad uvádzame v Tabuľke 7 porovnanie ukazovateľov s ohľadom na kritérium, ktorým je riziko „Chyby v zaskladnení“.

Uvedené hodnotenia podnikových ukazovateľov podľa ich schopnosti indikovať pôsobenie dopadov jednotlivých rizík bolo použité na určenie poradia ukazovateľov na základe modifikovanej metódy rozhodovacej matice, ktorá je zobrazená v Tabuľke 8.

Tabuľka 8. Modifikovaná rozhodovacia matica pre výber ukazovateľa ekonomickej bezpečnosti podniku. Zdroj: vlastné spracovanie

Riziko (kritérium)		Váhy	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8
Chyby v zaskladnení	A	0,000	0,107	0,000	0,035	0,250	0,071	0,214	0,142	0,178
Nevyhovujúci systém práce v sklade	B	0,071	0,107	0,035	0,000	0,214	0,071	0,178	0,250	0,142
Poruchy strojov	C	0,142	0,178	0,000	0,107	0,214	0,071	0,071	0,107	0,250
Nekvalifikovaný personál	D	0,178	0,107	0,142	0,071	0,178	0,142	0,107	0,000	0,250
Nedodržanie pracovných postupov	E	0,250	0,214	0,000	0,035	0,214	0,142	0,178	0,107	0,107
Neskorá objednávka od zákazníka	F	0,214	0,142	0,035	0,000	0,214	0,142	0,250	0,107	0,107
Zlý výrobný plán	G	0,107	0,142	0,071	0,000	0,250	0,178	0,178	0,035	0,142
Nedostatok personálu	H	0,035	0,142	0,071	0,035	0,250	0,214	0,142	0,000	0,142
Vážený súčet			0,156	0,045	0,038	0,213	0,133	0,164	0,086	0,160
Poradie			4	7	8	1	5	2	6	3

Výsledkom rozhodovania pomocou modifikovanej metódy rozhodovacej matice je nové poradie podnikových ukazovateľov, ktoré sa mierne líši od prvého poradia, ktoré určila základná metóda rozhodovacej matice. V nasledujúcej kapitole sú výsledky obidvoch rozhodovacích procesov interpretované z hľadiska metodologického aj z hľadiska obsahového významu podnikových ukazovateľov a výrobných rizík.

4 Diskusia

Na príklade rizík výrobného procesu spoločnosti KPS bola vykonaná analýza súvzťažnosti rizík metódou KARS. Vypočítané koeficienty aktivity rizík spolu s vyčíslenou významnosťou rizík následne vstupovali do určovania normovaných váh rozhodovacích kritérií v dvoch metódach viackritériálneho rozhodovania o výbere ukazovateľov ekonomickej bezpečnosti podniku v oblasti výroby.

Obidve metódy priniesli čiastočne podobné výsledky, ale v niektorých ukazovateľoch sa poradie líšilo až o dva stupne. Pokiaľ by sme mali sledovať vývoj výrobného procesu len s tromi ukazovateľmi, v oboch metódach by to boli na prvých troch miestach tie isté:

- **Doba pripadajúca na vybavenie jednej objednávky (U4);**
- **Náklady riadenia jednej objednávky (U6);**
- **Náklady nedostatkov na opravu nepodarkov, na údržbu a prestoje (U8).**

Podľa základnej metódy rozhodovacej matice sa na prvé miesto dostala potreba sledovania nákladov nedostatkov na opravu nepodarkov, na údržbu a prestoje (U8), čo je kritérium sledujúce okamžité chyby pri výrobnom procese. V prípade eliminácie subjektívnosti v posudzovaní preferovaného výberu v modifikovanej metóde rozhodovacej matice sa však tento ukazovateľ dostal až na 3. miesto. Naopak, jednoznačne sa z 3. miesta na 1. miesto dostala potreba sledovania doby pripadajúcej na vybavenie jednej objednávky (U4), ktorá v sebe nesie celistvejšiu informáciu o výrobnom procese.

Z dôvodu premenlivosti výsledkov pri zmene rozhodovacej metódy bolo konečné rozhodnutie o výbere podnikových ukazovateľov vykonané výpočtom priemerného umiestnenia každého ukazovateľa v štyroch rôznych postupoch rozhodovania. Tie sú založené na 2 rôznych spôsoboch určovania váh kritérií s prioritou na významnosti alebo aktivite rizika a na 2 rôznych metódach viackritériálneho rozhodovania.

Vysoká významnosť rizík ich predurčuje k tomu, aby reprezentovali kritérium s väčšou váhou ako riziká, ktoré majú menšiu významnosť, teda kombináciu pravdepodobnosti a dopadu rizika. Podobne, riziká s vysokým koeficientom aktivity reprezentujú cez koeficient aktivity informáciu o očakávanom šírení ich dopadov cez ďalšie, dodatočne vyvolané, riziká. Táto skutočnosť ich predurčuje k tomu, aby sa stali kritériami s väčšou váhou pri rozhodovaní o výbere podnikových ukazovateľov ako ukazovateľov ekonomickej bezpečnosti podniku.

Podľa toho, či je dvojstupňové porovnávanie v jeho prvom stupni založené na porovnávaní významnosti rizika alebo na jeho koeficiente aktivity, budeme pri interpretácii výsledkov prípadovej štúdie hovoriť o viackritériálnom rozhodovaní s prioritou významnosti rizika, resp. o viackritériálnom rozhodovaní s prioritou aktivity rizika. Pri použití dvoch rôznych metód viackritériálneho rozhodovania o podnikových ukazovateľoch, a to na základe kritérií, ktoré sú porovnávané s prioritou významnosti rizika alebo s prioritou aktivity rizika získame celkom 4 možnosti vytvorenia poradia výberu s nasledujúcou charakteristikou:

1. **DMM s prioritou významnosti rizika** – váhy kritérií sa určujú primárne podľa významnosti rizika, rozhodovanie je veľmi subjektívne.
2. **DMM s prioritou aktivity rizika** – váhy kritérií sa určujú primárne podľa aktivity rizika, rozhodovanie je veľmi subjektívne.
3. **FDMM s prioritou významnosti rizika** – váhy kritérií sa určujú primárne podľa významnosti rizika, rozhodovanie je menej subjektívne.
4. **FDMM s prioritou aktivity rizika** – váhy kritérií sa určujú primárne podľa aktivity rizika, rozhodovanie je menej subjektívne.

DMM reprezentuje základnú metódu rozhodovacej matice (*Decision Matrix Method*) a FDMM modifikovanú metódu rozhodovacej matice (*Forced Decision Matrix Method*). Tabuľka 9 zhrňa rôzne výsledné poradia podnikových ukazovateľov podľa uvedených 4 možností metodického postupu. Konečné poradie bolo určené priemernou hodnotou 4 umiestnení sa ukazovateľov v rozhodovacích maticiach a v modifikovaných rozhodovacích maticiach.

Tabuľka 9. Konečné určenie poradia ukazovateľov ekonomickej bezpečnosti podniku – oblasť výroby. Zdroj: vlastné spracovanie

DMM		FDMM		Ukazovateľ		Priemerná hodnota poradia	Konečné poradie
Významnosť	Aktivita	Významnosť	Aktivita				
3	2	1	1	U4	Doba pripadajúca na vybavenie jednej objednávky	1,8	1
1	1	3	3	U8	Náklady nedostatkov na opravu nepodarkov, na údržbu a prestoje	2,0	2
2	3	2	2	U6	Náklady riadenia jednej výrobnéj objednávky	2,3	3
4	6	5	4	U5	Náklady na jednu procedúru	4,8	4
6	5	4	5	U1	Náklady operatívneho riadenia výroby	5,0	5
5	4	6	6	U7	Intenzita zásob nedokončenej alebo rozpracovanej výroby (%)	5,3	6
8	7	7	7	U2	Vývoj produktivity práce	7,3	7
7	8	8	8	U3	Výrobné fixné náklady	7,8	8

Postup výberu ukazovateľov ekonomickej bezpečnosti je možné uplatniť na rôzne organizácie, napríklad v obciach pri zvyšovaní úrovne bezpečnosti. V práci Kubás a kol. [11] bolo poukázané na využitie viackriteriálneho rozhodovania v obci a aj táto predložená štúdia prispieva k riešeniu tejto problematiky. Správne použitie metódy v obci by malo pozitívny vplyv na kvalitu života obyvateľov. Dôležité pre uplatnenie nových poznatkov v krízovom manažmente je prenos poznatkov do praxe cez vzdelávanie a tréning krízových manažérov. Moderné prístupy ku vzdelávaniu v oblasti bezpečnostných vied stále viac zapájajú moderné technológie. V prípade vzdelávania a tréningu pomocou virtuálnej reality je napríklad potrebné vytvoriť kvalitný teoretický model, ktorý následne tvorí základ pre tvorbu scenárov, v rámci ktorých vzdelávanie prebieha. Model hodnotenia rizík v rámci organizácie a možnosť jeho využitia pre monitorovanie a prognózovanie rizika nesie so sebou potenciál pomôcť odhaliť a redukovať riziká na prípustnú hodnotu. Význam využitia virtuálnej reality zdôrazňujú aj autori Boroš a kol. [12] v rámci svojej štúdie.

5 Záver

V predloženej práci je popísaný postup výberu kľúčových podnikových ukazovateľov pre účely získania dostatočne veľkej ale nie príliš zložitej množiny ukazovateľov ekonomickej bezpečnosti podniku. Tie sa vyberajú pomocou metodiky z rôznych oblastí podnikových procesov, resp. podľa oblastí vecnej náplne rizík, ktoré ohrozujú ekonomickú bezpečnosť podniku. V postupe určovania ukazovateľov ekonomickej bezpečnosti podniku sú využité metódy systémovej analýzy, a to analýza rizík so súvzťažnosťou KARS a metódy viackriteriálneho rozhodovania, metóda rozhodovacej matice a modifikovaná metóda rozhodovacej matice. Tieto 2 rozhodovacie metódy kombinujú 2 prístupy k určeniu váh podnikových rizík ako kritérií viackriteriálneho rozhodovania a 2 metódy viackriteriálneho rozhodovania, čím sú vytvorené 4 rôzne odhady poradia podnikových ukazovateľov podľa ich schopnosti indikovať pôsobenie dopadov podnikových rizík. Priemerné hodnoty poradia posudzovaných ukazovateľov tvoria podklad pre rozhodnutie o výbere najvhodnejších ukazovateľov ekonomickej bezpečnosti podniku, pričom vybranými ukazovateľmi sú doba pripadajúca na vybavenie jednej objednávky, náklady riadenia jednej objednávky a náklady nedostatkov na opravu nepodarkov, na údržbu a prestoje.

PodĎakovanie

Príspevok vznikol za podpory projektov KEGA 042ŽU-4/2022 „Virtuálna realita a jej využitie na zefektívnenie vzdelávania a prípravy obyvateľstva na krízové javy“ a VEGA 1/0628/22 „Výskum bezpečnosti v obciach s ohľadom na kvalitu života obyvateľov“.

Referencie

- [1] BUGANOVÁ, K., M. HUDÁKOVÁ, S. STRELCOVÁ a J. KLUČKA. 2012. *Manažment rizika v podniku*. Žilina: EDIS. 226 s. ISBN 978-80554-0459-2
- [2] VARCHOLOVÁ, T. a L. DUBOVICKÁ, 2008. *Nový manažment rizika*. Bratislava: Iura Edition. ISBN 978-80-8078-191-0
- [3] FOTR, J. a I. SOUČEK, 2005. *Podnikateľský záměr a investiční rozhodování*. Praha: Grada Publishing. ISBN 80-247-0939-2
- [4] ŠIMÁK, L. 2006. *Manažment rizik* [online]. Žilina: FŠI UNIZA. [cit. 2020-06-05]. Dostupné z: http://fsi.uniza.sk/kkm/old/publikacie/mn_rizik.pdf
- [5] CHEVALIER, A. a G. HIRSCH, 1994. *Rizika podnikání*. Praha: Victoria Publishing. ISBN 80-85865-05-X
- [6] CHOVANCOVÁ, L. 2008. *Návrh riešenia na zníženie výrobných rizik v podniku* [online]. Diplomová práca. Žilina: FSI UNIZA. Dostupné z: <http://diplom.utc.sk/wan/1932.pdf>
- [7] JELŠOVSKÁ, K. a A. PETERKOVÁ, 2013. *Řešení krizových situací – metody a jejich aplikace* [online]. Opava: Matematický ústav v Opavě [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.slu.cz/file/cul/67f86af0-d484-45dc-87cf-52b7d488c52a>
- [8] PRIEVOZNÍK, P. a S. STRELCOVÁ, 2021. *Súvzťažnosť rizik výrobného procesu v systéme posudzovania ekonomickej bezpečnosti podniku* [online]. In: *Trilobit*, 1/2021, 1-6, ISSN 1804-1795. Dostupné z: <http://trilobit.fai.utb.cz/Data/Articles/PDF/7300cc8c-8aef-4eee-a7e9-74439166fb2e.pdf>
- [9] MÁCA, J., LEITNER, B., *Operačná analýza I. Deterministické metódy operačnej analýzy* [online]. Žilina: FSI UNIZA Dostupné na: http://www.fsi.uniza.sk/ktvi/publikacie/09_operanal1_u_2002.pdf
- [10] JABLONSKÝ, J. 2007. *Operační výskum. Kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. Praha: Professional Publishing. ISBN 978-80-86946-44-3
- [11] KUBÁS, J., VELAS, A., SISER, A. 2017. Implementation of Multi-criteria Decision Making as the Method Used to Achieve Optimal Level of Security in Local Municipalities. *2nd International Conference on Physical Education and Society Management (ICPESM)*, Vol. 9
- [12] BOROŠ, M., SVENTEKOVÁ, E., CIDLINOVÁ, A., BARDY, M., BARTLOVA, K. 2022. *Application of VR Technology to the Training of Paramedics*. *Applied Sciences*. 12(3):1172. DOI: <https://doi.org/10.3390/app12031172>

Vyčištěné odpadní vody jako zdroj vody požární

Patrik Sirotiak¹, František Ondrašík²

¹ VŠB-TUO, Fakulta bezpečnostního inženýrství,
Lumírova 13, 700 30 Ostrava-Výškovice, dekanat.fbi@vsb.cz

² VŠB-TUO, Fakulta bezpečnostního inženýrství,
Lumírova 13, 700 30 Ostrava-Výškovice, dekanat.fbi@vsb.cz

Abstrakt:

Příspěvek shrnuje výsledky projektu zaměřeného na analýzu možnosti využití čištěných odpadních vod z čistíren odpadních vod (ČOV) pro požární účely. Projekt byl rozdělen do dvou samostatných částí. První část se zabývala rozborem čištěné odpadní vody z vybraných ČOV v Olomouckém kraji a jejím následným zhodnocením. Zhodnocení probíhalo na základně získaných laboratorních výsledků a vybrané české legislativy upravující oblast využití různých druhů vod. Vzorky čištěné odpadní vody byly odebrány z dosazovacích nebo retenčních nádrží za pomoci pracovníků z daných ČOV. Pro porovnání výsledků rozborů byly odebrány také vzorky z přírodní nádrže, dvou požárních nádrží a nádrže s uskladněnou čištěnou odpadní vodou po dobu 1 roku. Druhá část projektu zkoumala možnost aspirace a nevědomého požití požární vody hasičem během provádění hasebních prací. Měření ve druhé části bylo rozděleno na několik experimentů konajících se v různých obdobích. Experimenty zahrnovaly provádění běžné činnosti za pomoci hasičů vybavených maskou s filtrem po dobu 30 minut. Činnost byla prováděna tzv. suchým a následně mokřým způsobem. Před i po provedení experimentu byly filtry zváženy. Následně byl stanoven jejich hmotnostní rozdíl a určena hmotnost aspirované vody během provádění experimentu mokřým způsobem. Výsledkem projektu je sumarizace získaných dat z první i druhé části a následně slovní i grafické zhodnocení dosažených výsledků v obou částech projektu.

Klíčová slova: čistírna odpadních vod, požární voda, čištěná odpadní voda, E. coli, termotolerantní koliformní bakterie, intestinální enterokoky.

1 Úvod

Voda, velmi vzácný a velmi potřebný přírodní zdroj pro lidské přežití. Většinu povrchu Země (přibližně 71 %) pokrývá slaná voda moří a oceánů, jež tvoří 97 % celého vodstva na naší planetě. Sladká voda tvoří jen nepatrnou část vodního obalu země (hydrosféry) – 3 %, přičemž 69 % této vody je v ledovcích, které jsou v polárních oblastech. Další 30 % je voda podzemní a jen necelé procento tvoří voda povrchová a atmosférická [1].

Z dlouhodobého pohledu je množství srážek stabilní, nicméně se mění jejich distribuce v průběhu roku. Maximální srážky se přesouvají do horkých letních měsíců ve formě přivalových dešťů. Tento jev je velmi nepříznivý z vodohospodářského pohledu. V České republice je až o pětinu méně srážek než před 20 lety. Ačkoliv se období sucha s obdobím dostatečné vláhly pravidelně mění, je to varovný signál, aby se na tyto podmínky včas připravilo. Základním vodohospodářským problémem současnosti není nedostatek vody ve fyzickém slova smyslu, ale nevzdělanost a chudoba vedoucí k neschopnosti vodu správně využít [2, 3].

V posledních letech ohrožuje sucho i území České republiky, neboť naše zdroje, závislé prakticky výhradně na atmosférických srážkách, jsou omezené. Současná společnost a potažmo záchranné složky čelí v souvislosti s vodou dvěma extrémním výzvám, sucha a povodně – tedy klimatickým změnám. Krize z nedostatku vody, která se ve světě rozvíjí, může být překonána jedině tak, že budeme mnohem účelněji zacházet s vodou, kterou máme k dispozici [3].

Dalším a neméně důležitým faktorem v souvislosti s možným nedostatkem vody je nutnost zajištění zásobování požární vodou. Hydrantová síť, která je současně využívána také pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou, je v současné době páteří a základem pro zajišťování požární vody. Pro hasební účely má však být voda zajišťována přednostně ze zdrojů přirozeného původu, popř. z víceúčelových zdrojů. Vyčištěná odpadní voda je v této souvislosti doposud opomíjený, a hlavně nedocenený zdroj požární vody a z hlediska vydatnosti také ne zcela zanedbatelný [4, 5].

S ohledem na klimatické a hydrologické změny, kdy se v řekách mění jejich průtočné množství v závislosti na dešťových srážkách, jejich četnosti a intenzitě, dochází k ústupu hladin od břehů s nemožností zbudování čerpacího stanoviště, nebo naopak kvalita terénu nedovoluje se dostat k vodnímu toku, jsou městské ČOV tím místem, kde lze bez větších problémů čerpat požární vodu pro zvládnutí požárních zásahů. ČOV jsou ideální místem pro zřízení čerpacích stanovišť jednotek požární ochrany (dále jen jednotek PO) a také optimální základnou k distribuci požární vody na požářiště se zajištěným tylovým a technickým vybavením [5].

2 Čistírna odpadních vod

Čistírna odpadních vod je zařízení, ve kterém dochází k čištění odpadních vod. Čistírny mohou být mnoha typů. Rozdělují se hlavně podle velikosti a typu čistírenského procesu. Nejčastějším typem používaných ČOV v ČR je mechanicko-biologická. Velké čistírny kombinují ve většině případů všechny dostupné čistící procesy, mezi které patří procesy mechanické, biochemické a chemické. V rámci ČOV jsou zřizovány taktéž další objekty na likvidaci vzniklých kalů. Odpadní voda je zde zpracovávána ve třech základních krocích čištění [5, 6]:

- Primární čištění;
- Sekundární čištění;
- Terciální čištění (odstranění fosforu síranem železitým).

Primární (taktéž mechanické) čištění zabraňuje vstupu nejhrubších nerozpuštěných látek a hrubých plovoucích nečistot. Primární čištění zahrnuje využití lapáků štěrku, písku tuků, česlí, nebo sít. Mechanické čištění rovněž zahrnuje usazovací nádrže, kde probíhá usazování nerozpuštěných látek a zároveň stírání nečistot z povrchu nádrže. Sekundární (též biologické) čištění za pomoci mikroorganismů, zvaných aktivovaný kal, odstraňuje organické sloučeniny a taktéž dusík a fosfor. Zde patří i dosazovací nádrže, kde dochází k usazování biologického kalu. Čistá voda poté odtéká z dosazovací nádrže do recipientu. Terciální čištění se využívá k dočištění, zejména k odstranění fosforu, nerozpuštěných látek a odstranění patogenů [5, 6].

2.1 Voda a kal jako výsledný produkt

Vyčištěná odpadní voda odchází přes retenční nádrže (objem závisí na ekvivalentním počtu obyvatel – EO ČOV) přepadem do recipientu. Objem retenční nádrže u města o 50 000 obyvatelích je 2x300 m³. Vypouštění vod do recipientů se řídí zákony ČR, konkrétně Zákonem o vodách a Zákonem o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu. Povolení k vypouštění vydává Vodoprávní úřad. Na základě Zákona o vodách nesmí být voda vypouštěná do recipientu horší jakosti než voda ve vodním toku [5, 7-9].

2.2 Retenční nádrž zdrojem požární vody

Množství vody, které se vrací z ČOV zpět do recipientu není zcela zanedbatelné. V retenčních nádržích ČOV pro město s 50 000 obyvateli je skladováno 600 m³ vody (dvě nádrže o objemu 300 m³). Takové množství vody odpovídá bezmála 67 naplněným cisternám CAS-30 Tatra T815-7 (objem nádrže 9 m³) určeným

pro velkoobjemové hašení. Jelikož jsou objekty ČOV zpravidla umístovány za městem, lze využít vodu z retenční nádrže také pro letecké hašení za pomoci tzv. Bambi vaku [5, 10, 11].

V menších obcích s 1,5 tisíci obyvateli je retenční nádrž o objemu 2x20 m³. Objem 40 m³ vody může poskytovat dodatečný zdroj požární vody u rozsáhlejších požárů. Jednotky PO zde rovněž mohou doplnit vodu do svých nádrží po proběhlém zásahu. Pro jednotky nižších kategorií je tento zdroj vody více než dostatečný [5, 7].

2.3 Výhody čerpání vody pro požární účely z ČOV

Každé město v systému plošného pokrytí, kde jsou dislokovány jednotky kategorie JPO I., JPO II. i JPO III., disponuje čistírnou odpadních vod. Zdroj požární vody se tedy nachází v relativně krátké dojezdové vzdálenosti těchto jednotek a mohou zde tak vznikat plnicí stanoviště pro kyvadlovou dopravu vody za pomoci cisteren. Přístupové komunikace jsou zde zpevněné a umožňují tak příjezd hasičské techniky do bezprostřední blízkosti. V zimních měsících, kdy na volných venkovních tocích či nádržích dochází k zamrznutí hladiny, poskytuje voda z ČOV další strategickou výhodu. Jelikož zde dochází k neustálému proudění a také přítékání dalších vod ohřátých biochemickými procesy, je teplota čištěné odpadní vody vždy vyšší než teplota vody v recipientu. Retenční nádrž také umožňuje jednotkám PO čerpání vody za pomoci ponorných a plovoucích čerpadel, ejektorů nebo savic. Tato skutečnost umožňuje čerpat vodu všem jednotkám PO, které přijíždí na místo události s vozidlem CAS. V případě leteckého hašení je možnou výhodou i fakt, že díky svému umístění mimo obytnou zástavbu nejsou obyvatelé obtěžováni hlukem či emisemi [5].

2.4 Nevýhody čerpání vody pro požární účely z ČOV

Ačkoliv jsou výhody čerpání čištěné odpadní vody pro požární účely nepopíratelné, existují i jistá související negativa a možná omezení. Vynecháme-li možnost poruchy systému a tím i nedokonalého čištění odpadních vod, nelze zaručit stejné složení a kvalitu čištěné vody v retenční nádrži. Hasiči provádějící požární zásah musí být vybaveni patřičnými osobními ochrannými prostředky. Předpokládá se, že voda použitá pro požární zásah je hygienicky čistá a neobsahuje žádné patogeny. U vody čerpané z ČOV však nelze vyloučit přítomnost některých nežádoucích mikroorganismů a látek, které mohou mít negativní vliv na zdraví zasahujícího hasiče. Proces čištění může být neadekvátní nebo nespolehlivý a zbytkové biologické a chemické kontaminanty mohou představovat riziko pro lidské zdraví. Jednotný postup ani ochranné prostředky pro práci s čištěnou odpadní vodou zatím neexistují. Cílem je tedy provést měření kvality čištěných odpadních vod, porovnat je s českými legislativními předpisy v oblasti nakládání a manipulace s vodou a definovat možné ochranné prostředky s cílem minimalizace zdravotních dopadů na zasahující hasiče [5].

3 Princip a použité metody

Výzkum byl zaměřen na zkoumání výskytu základních indikátorů znečištění v odebraných vzorcích a stanovení jejich konkrétních hodnot vztažených na 100 ml odebrané vody. Laboratorní výsledky se následně porovnávaly s mezními hodnotami uvedenými v legislativních předpisech upravujících kvalitu různých druhů vod. Výsledkem jsou grafy obsahující hodnoty výskytu jednotlivých patogenů u každého vzorku s limitem stanoveným příslušnou legislativou.

Paralelně s odběry byly prováděny také experimenty, jejichž cílem bylo zjistit, jaké množství vody mohou hasiči během požárního zásahu nevědomě požit či aspirovat. Jako možný a reálný způsob byl vyhodnocen záchyt vlhkosti, vodní mlhy a aerosolu na vnitřní složku klasického průmyslového filtru ve spojení s maskou CM5.

Následně bylo provedeno testování ve 3 různých termínech, kterého se zúčastnilo 5 profesionálních hasičů (každý z nich s různou délkou služebního poměru) a byly využity 3 různé druhy proudnic.

Před začátkem testu byla zaznamenána teplota prostředí, tlak vzduchu, vlhkost prostředí a čas. U všech filtrů, které byly plánované pro výcvik byla předem kontrola hmotnosti na laboratorních vahách s přesností na tisíce. Příslušníci zapojení do testování, vybavení ochrannou maskou s filtrem prováděli běžnou činnost ve střední zátěži organismu po dobu 30 minut (společné cvičení v pohybu a bojovém rozvinutí proudů tzv. na sucho). Poté byla provedena výměna filtrů a test pokračoval prací s proudnicí proti pevné překážce ve vzdálenosti 2,5 m (imitace hasebního zásahu odraz vody či možný kontakt s vodním proudem kolegy) po dobu 30 minut. Filtry byly vždy po provedení testu uzavřeny do neprodyšného vaku se zipem a ihned po testování odvezeny ke kontrolnímu vážení. K testování bylo využito běžných proudů a hadic typu C 52 mm, D 25 mm a vysokotlaký proud. Průtok byl nastaven na všech proudnicích $250 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ při tlaku 6 bar.

Typ proudnice byl volen tak, aby umožňoval změnu typu proudu od plného proudu, po roztříštěný proud. Příslušník při testování, plynule měnil typ proudu rozstříkem do pevné překážky, jímž byla betonová zeď. Změna byla důležitá zejména k zaregistrování částic možného odrazu, ale také částic při mlhovém či clonovém typu proudu a jemných aerosolových částic.

3.1 Filtr MOF-6

Kombinovaný filtr MOF-6 použitý pro experiment odstraňuje z procházejícího vzduchu obtěžující škodlivé pevné a kapalné částice, biologicky pevné a kapalné aerosoly, radioaktivní aerosoly, prachy, bakterie a viry. Absorpce plynu je zajištěna aktivním uhlím s chemickou impregnací, s kovovými solemi a dalšími sloučeninami. Fyzikální sorpce plynů je zajištěna vysokým specifickým povrchem sorbentu s plochou až $1\,350 \text{ m}^2\cdot\text{g}^{-1}$. Vysoce účinná filtrační vložka splňující normu ČSN EN 143:2001+A1:2006 je vyrobena ze speciálního hydrofobního filtračního materiálu třídy HEPA14. Filtr zachová svoji účinnost i za silných dešťových podmínek [12].

3.2 Odběry vzorků

Odběry vzorků z jednotlivých ČOV probíhaly na katastrálním území Olomouckého kraje ve správním obvodu ORP Přerov, Lipník a Hranice. Jednotlivé vzorky byly odebírány do vzorkovnic, které vždy před odběrem dodal SZÚ Olomouc. Samotný odběr prováděli pracovníci ČOV z technologie dosazovací nádrže na jejím odtoku. Vzorky byly odebrány taktéž z požárních nádrží soukromých firem DSA Přerov a Emos Přerov. Tyto požární nádrže jsou plněny zachycenou dešťovou vodou. Pro srovnání byl dále odebrán a testován vzorek z vodní hladiny přírodní nádrže v obci Osek nad Bečvou a testování byl podroben také kontrolní vzorek odebrané uskladněné odpadní vody z IBC kontejneru (voda skladována od roku 2021 v podmínkách výjezdové garáže HZS). Celkem bylo odebráno 8 vzorků z ČOV, 3 vzorky z nádrží a 1 vzorek z IBC kontejneru.

Vzorky byly očíslovány následovně: 1 – ČOV Hranice na Moravě, 2 – ČOV Lipník nad Bečvou, 3 – ČOV Kojetín, 4 – ČOV Přerov, 5 – ČOV Tovačov, 6 – ČOV Troubky, 7 – ČOV Brodek, 8 – ČOV Dřevohostice, 9 – přírodní nádrž Osek nad Bečvou, 10 – požární nádrž EMOS Přerov, 11 – požární nádrž DSA Přerov a 12 – uskladněná voda IBC kontejner.

3.3 Charakteristiky ČOV

- ČOV Přerov je největší ze všech testovaných. Je vybavena vysoce účinnou technologií čištění i strojně technologickým zařízením na vysoké úrovni. Vysoká účinnost čištění přispívá významně ke zlepšení kvality vody v řece Bečvě a Moravě [13].
- ČOV v Hranicích je vybavena oběhovou aktivací s jemnobublinným provzdušňováním, anaerobním reaktorem, kalovým a plynovým hospodářstvím (mezofilní vyhnívání) a na odtoku je zařazeno terciální čištění [13].
- ČOV v Lipníku nad Bečvou se po rekonstrukci rozšířila o mechanické předčištění, usazovací nádrž, dešťovou zdrž a dávkování koagulantu [13].
- ČOV Kojetín zahrnuje mechanické předčištění, postupně zatěžované aktivace, dvě dosazovací nádrže, dávkování koagulantu a uskladňovací nádrže pro aerobní stabilizaci kalu [13].
- ČOV v Dřevohosticích a Troubkách zahrnují hrubé česle, strojní síto, lapák písku, dvoulinkovou D-N (předřazená denitrifikace – nitrifikace) a aktivaci s dosazovacími nádržemi [13].
- ČOV v Brodce je mechanicko-biologická s nízko-zátěžovou aktivací, systémem D-N a navíc i terciálním dočištěním [13].
- ČOV v Tovačově se sestává z česlí, lapáků písku, dvoulinkové SBR aktivace a kalojemu [13].

3.4 Mikrobiologická nezávadnost

Pro zhodnocení mikrobiologické nezávadnosti zkoumaných vod byl proveden laboratorní rozbor vzorků ve Státním ústavu Olomouc. Laboratorní rozbor byl zaměřen na přítomnost koliformních bakterií, intestinálních enterokoků, termotolerantních bakterií, *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli*, *Legionella* spp., *Pseudomonas aeruginosa* a salmonely. Přítomnost koliformních bakterií, intestinálních enterokoků, termotolerantních bakterií, *Clostridium perfringens* a *Escherichia coli* ve vodách indikuje znečištění vody fekáliemi, proto se označují jako indikátory fekálního znečištění. Člověku způsobují tyto bakterie především zažívací a střevní potíže. Bakterie *Legionella* spp., *Pseudomonas aeruginosa* a salmonely způsobují zažívací a střevní potíže, těžké zápal plic, záněty horních cest dýchacích a urogenitálního traktu, které mohou člověku s narušenou imunitou způsobit vleklé zdravotní potíže, nebo ho v krajním případě i ohrozit na životě. V tomto případě se jedná o indikátory obecné kontaminace. Nebezpečná je zejména bakterie *Pseudomonas aeruginosa*, která je vysoce odolná vůči antibiotikům na bázi penicilinu [14].

3.5 Legislativní předpisy

Pro posouzení v rámci výzkumu byly zvoleny takové legislativní předpisy, které se svým obsahem a konkrétními limity nejvíce blíží použití, či manipulaci s takovou vodou. Konkrétní legislativa je uvedena v následujících podkapitolách. Všechny limitní hodnoty vyskytující se v tabulkách jsou uváděny v jednotkách KTJ/100 ml.

3.5.1 Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech obsahuje tabulku s ukazateli a hodnotami přípustného znečištění povrchových vod určených pro vodárenské účely a koupání osob. Směrodatnými ukazateli jsou *E. coli*, termotolerantní koliformní bakterie a intestinální enterokoky. Konkrétní hodnoty jsou uvedeny v Tabulce 1 [15].

Tabulka 1. Přípustné znečištění povrchové vody podle NV č. 401/2015 Sb.

Ukazatel	Percentil P95	Maximum
E. coli	900	2 500
Intestinální enterokoky	1 000/300 *	2 000
Termotolerantní koliformní bakterie	2 000	4 000

* použitá hodnota závisí na předurčení vody pro úpravu na vodu pitnou, nebo určenou ke koupání.

3.5.2 Vyhláška č. 238/2011 Sb.

Vyhláška č. 238/2011 Sb., o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch stanovuje pro koupání ve volné přírodě výbornou, přijatelnou a dobrou jakost vody podle naměřených hodnot E. coli a intestinálních enterokoků. Limitní hodnoty pro jednotlivé jakosti jsou uvedeny v Tabulce 2 [16].

Tabulka 2. Ukazatele jakosti vody v přírodních koupalištích a povrchových vodách určených ke koupání

Ukazatel	Percentil P95 výborná jakost	Percentil P95 dobrá jakost	Percentil P90 přijatelná jakost
E. coli	500	1 000	900
Intestinální enterokoky	200	400	330

3.5.3 Prováděcí vyhláška č. 428/2001 Sb.

Prováděcí vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 74/2001 Sb. O vodovodech a kanalizacích upravuje požadavky na jakost surové vody. Surová voda je rozdělena do 3 kategorií (A1, A2 a A3) podle naměřených hodnot E. coli, termotolerantních koliformních bakterií a intestinálních enterokoků. Kategorie určují metody úpravy vody: kategorie A1 – prostá filtrace, kategorie A3 zahrnuje vícestupňovou úpravu. Limitní hodnoty pro zařazení do kategorií A1 až A3 ukazuje Tabulka 3 [17].

Tabulka 3. Limitní hodnoty ukazatelů znečištění surové vody podle kategorií A1, A2 a A3

Ukazatel	A1	A2	A3
E. coli	50	5 000	50 000
Intestinální enterokoky	20	1 000	10 000
Termotolerantní koliformní bakterie	20	2 000	20 000

3.5.4 ČSN 75 7221 (2017)

ČSN 75 7221 (2017) - Kvalita vod – Klasifikace kvality povrchových vod. Norma hodnotí třídu kvality vody v pěti kategoriích rozdělených podle hodnot termotolerantních koliformních bakterií a enterokoků. Kategorie V. označuje všechny nadlimitní hodnoty kategorie IV. Hodnoty pro jednotlivé třídy kvality uvádí Tabulka 4 [18].

Tabulka 4. Klasifikace kvality povrchových vod podle ČSN 75 7221

Ukazatel	I.	II.	III.	IV.	V.
Intestinální enterokoky	< 600	< 1 300	< 2 500	< 4 600	≥ 4 600
Termotolerantní koliformní bakterie	< 2 000	< 10 000	< 20 000	< 40 000	≥ 40 000

3.5.5 ČSN 75 7143

ČSN 75 7143 - Jakost vod. Jakost vody pro závlahu. Norma rozděluje vodu pro závlahu na vhodnou, méně vhodnou a nevhodnou podle hodnot koliformních a termotolerantních bakterií, enterokoků a salmonely. Tabulka 5 obsahuje hodnoty pro posouzení vhodnosti vod pro závlahu [19].

Tabulka 5. Hodnoty vybraných ukazatelů pro posouzení vhodnosti vody ke koupání dle ČSN 75 7143

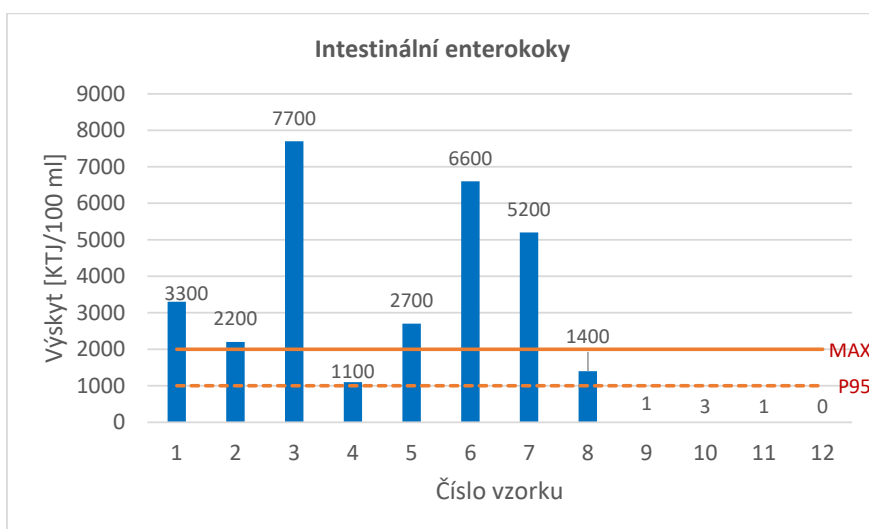
Ukazatel	I/vhodná	II/podmíněně vhodná	III/nevhodná
Intestinální enterokoky	1 000	10 000	> 10 000
Koliformní bakterie	10 000	100 000	> 100 000
Salmonela	negativní v 500 ml	negativní v 200 ml	pozitivní v 200 ml
Termotolerantní koliformní bakterie	1 000	10 000	> 10 000

4 Vyhodnocení

Výsledky laboratorních rozborů odebraných vzorků vod z ČOV byly porovnávány s limitními hodnotami uvedenými v legislativních předpisech a následně zaneseny do grafů pro lepší přehlednost výsledků. Hodnoty Legionelly a Pseudomonas aeruginosa se v limitních hodnotách nevyskytují. Legionella byla naměřena ve vzorcích 1 (80 KTJ/100 ml), 2 (50 KTJ/100 ml) a 12 (90 KTJ/100 ml). Pseudomonas aeruginosa byla zjištěna ve vzorcích 6 (9 KTJ/100 ml) a 10 (50 KTJ/100 ml).

4.1 Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

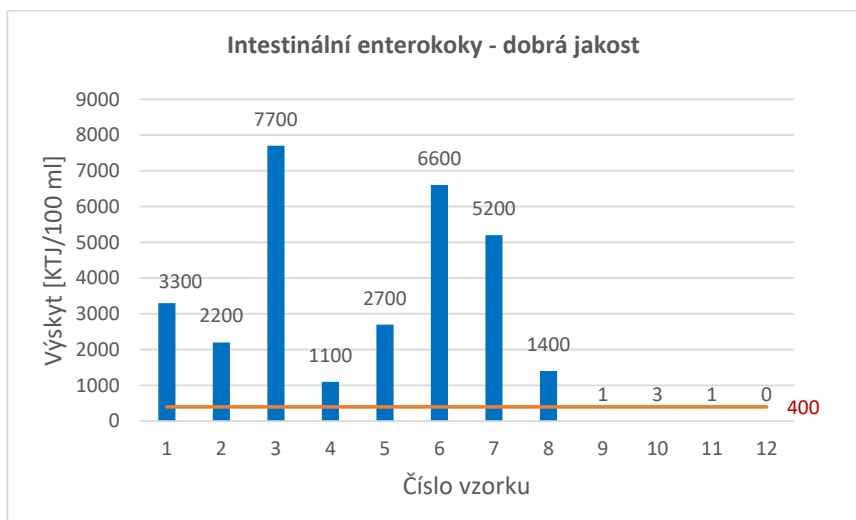
Laboratorní výsledky sledovaných ukazatelů vykazují statisticky významné odchylky hodnot ze všech ČOV oproti přírodní i požárním nádržím a také IBC kontejneru. Hodnoty maximálního přípustného znečištění povrchových vod E. coli a termotolerantními koliformními bakteriemi bylo několikanásobně překročeno u všech sledovaných ČOV (vzorky 1 až 8). Limit P95 pro Intestinální enterokoky by po započtení dolní nejistoty měření splnil jediný vzorek, konkrétně 4 - ČOV Přerov. Limit pro maximální přípustné znečištění enterokoků splňuje mimo také vzorek 8 – Dřevohostice. Ostatní hodnoty vzorků z ČOV jsou nadlimitní, viz Obrázek 1. Všechny vzorky nepocházející z ČOV (9, 10, 11 a 12) splnily limitní hodnoty na P95. Nejvyšších hodnot dosahuje ČOV Kojetín (vzorek 4).



Obrázek 1. Porovnání limitních a naměřených hodnot intestinálních enterokoků (NV č. 401/2015 Sb.)

4.2 Vyhláška č. 238/2011 Sb.

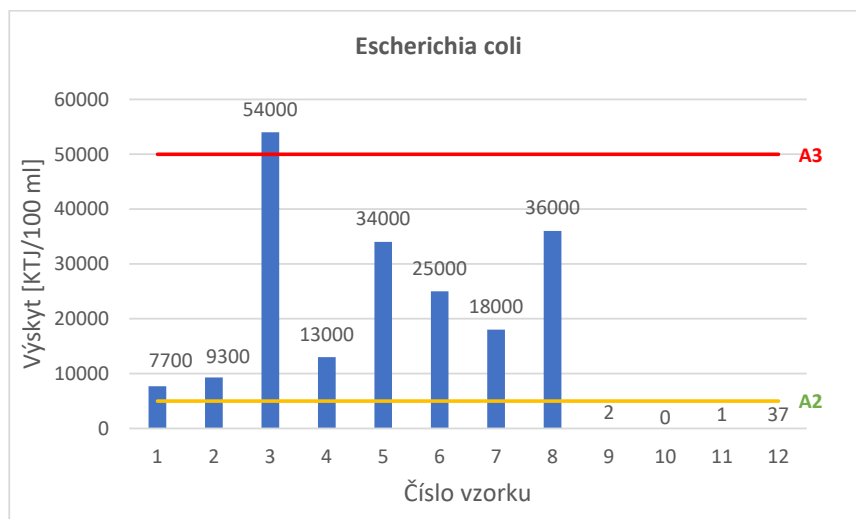
Limity *E. coli* a intestinálních enterokoků pro koupání ve volné přírodě stanovují 3 jakostní druhy vody. Vzorky z ČOV (1 až 8) překračují několikanásobně nejvyšší povolený limit (dobrá jakost) stanovený touto vyhláškou. Vzorky z nádrží a IBC kontejneru naopak splňují i nejpřísnější limit – výborná jakost vody. Tyto vzorky mají zanedbatelné hodnoty u obou měřených ukazatelů. Naměřené hodnoty intestinálních enterokoků s limitem pro dobrou jakost vody ukazuje Obrázek 2 [16].



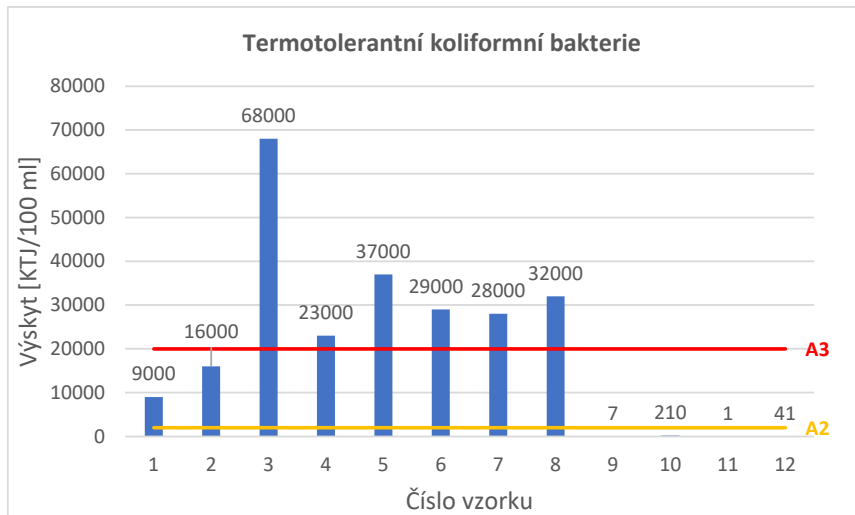
Obrázek 2. Porovnání naměřených hodnot intestinálních enterokoků s limitem dobrá jakost

4.3 Prováděcí vyhláška č. 428/2001 Sb.

Kategorie A1, A2 a A3 stanovené touto prováděcí vyhláškou určují následný způsob úpravy vody. Nejpřísnější kategorii A1 splnily pouze 2 vzorky (9 - Osek nad Bečvou a 11 - DSA Přerov). Zbylé 2 vzorky nepocházející z ČOV měly nadlimitní hodnoty termotolerantních koliformních bakterií. Všechny tyto vzorky však splňují limit pro A2. Žádný vzorek pocházející z ČOV nespĺňuje limit pro A2. Limit A3 splňují ze všech vzorků ČOV pouze první dva vzorky (1 - Hranice na Moravě a 2 - Lipník nad Bečvou), ostatní vzorky mají nadlimitní hodnoty termofilních koliformních bakterií. Vzorek 3 jako jediný nespĺňuje limit A3 pro *E. coli*. Naměřené hodnoty s uvedením limitů A2 a A3 pro *E. coli* a termofilní koliformní bakterie ukazují Obrázky 3 a 4 [17].



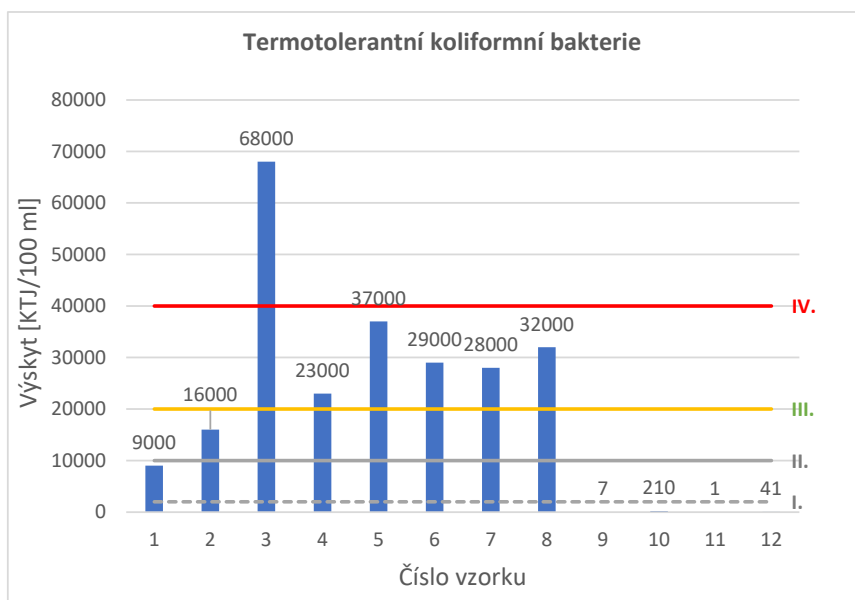
Obrázek 3. Porovnání naměřených hodnot *E. coli* a limitů A2, A3



Obrázek 4. Porovnání naměřených hodnot termotolerantních koliformních bakterií a limitů A2, A3

4.4 ČSN 75 7221 (2017)

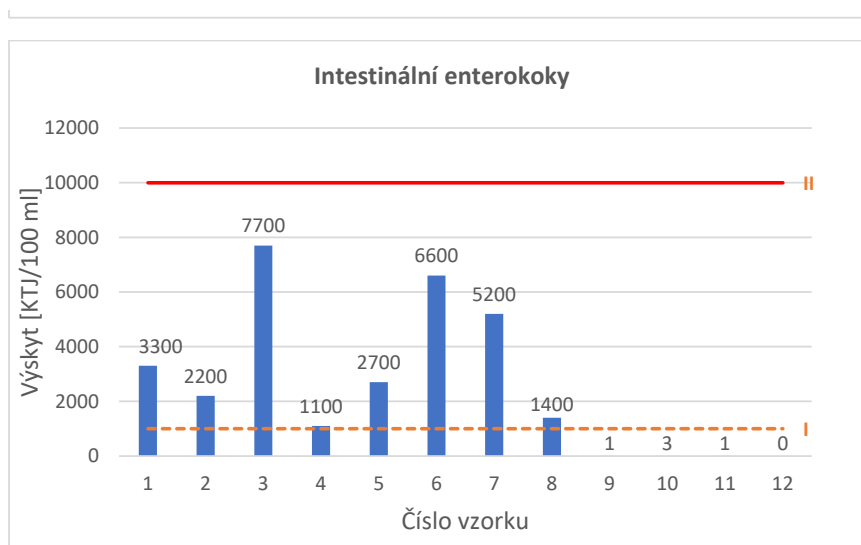
Norma klasifikuje povrchové vody do 5 kategorií I. až V., přičemž kategorie V. tvoří všechny hodnoty přesahující limit kategorie IV. Kategorii I. splňují vzorky odebrané z nádrží a IBC kontejneru. Do kategorie II. se nezařadil žádný vzorek. Limit kategorie III. splnil ze zbylých vzorků pouze 2 - ČOV Lipník nad Bečvou. Kategorie IV. obsahuje vzorky 1, 4, 5 a 8. Do poslední kategorie jsou zařazeny vzorky 3, 6 a 7. Vzorek 3 (Kojetín) má nejvyšší hodnoty u obou kategorií, v případě termotolerantních koliformních bakterií dokonce 2x vyšší, než v pořadí druhá nejvyšší hodnota – vzorek 5 z Tovačova. Hodnoty ukazatelů u jednotlivých vzorků s uvedením limitů kategorií viz Obrázky 5 a 6 [18].



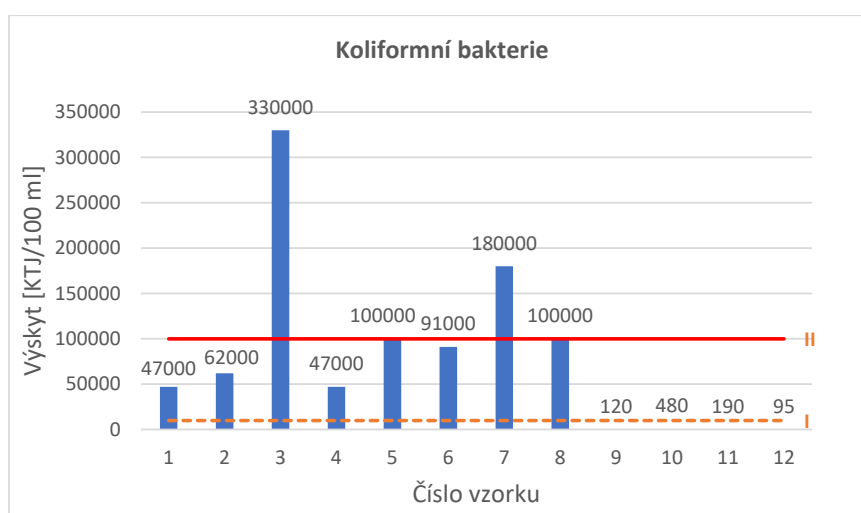
Obrázek 5. Porovnání naměřených hodnot termotolerantních koliformních bakterií a limitů kategorií I. až IV.

4.5 ČSN 75 7143

Poslední norma hodnotí limity vody určené pro závlahu, podle naměřených hodnot je voda rozdělena na vodu vhodnou (do limitu I), méně vhodnou (do limitu II) a nevhodnou (nad limit II) pro závlahu. Pro Salmonelu je pak rozhodujícím faktorem její přítomnost ve vzorku daného objemu. Salmonela nebyla detekována v žádném vzorku. Limit I splňují vzorky odebrané z nádrží a IBC kontejneru. Limit II pro intestinální enterokoky splňují všechny uvedené vzorky. Limit II pro koliformní bakterie ze vzorků ČOV splňují vzorky 1, 2, 4, 5 a 8 přičemž 5 a 8 jsou přesně na limitu. Limit II pro termotolerantní koliformní bakterie splňuje ze vzorků ČOV pouze vzorek 1. Jako voda nevhodná pro závlahu byly tedy vyhodnoceny vzorky 2, 3, 4, 5, 6, 7 a 8. Výsledky a normové limity pro intestinální enterokoky a koliformní bakterie viz Obrázky 7 a 8 [19].



Obrázek 6. Porovnání naměřených hodnot intestinálních enterokoků s limity I a II



Obrázek 7. Porovnání naměřených hodnot koliformních bakterií s limity I a II

4.6 Vyhodnocení hmotnostního měření filtrů během požárního výcviku

Požární výcvik byl uskutečněn vždy ve 2 fázích. První fáze zahrnovala běžnou činnost hasičů u zásahu při střední zátěži organismu po dobu 30 minut. Tato fáze byla prováděna nasucho. Druhá fáze zahrnovala práci se zavodněnou proudnicí proti pevné překážce ve vzdálenosti 2,5 m. Mokrý fáze byla prováděna s vysokotlakou proudnicí, proudnicí D a proudnicí C. Výcvik byl uskutečněn ve 3 různých termínech, vždy se stejným průběhem.

Výsledky první fáze ukázaly v některých případech pokles hmotnosti filtru. Výrobce po konzultaci uvedl, že při správné činnosti filtru dochází k mírnému úbytku hmotnosti tohoto filtru. Hodnoty byly ovlivňovány nejen meteorologickými podmínkami ale také přístupem a zkušenostmi daného obsluhovatele. Při činnosti s proudnicí její obsluhvatel aspiruje do dýchacích cest množství kapiček, které je závislé na použitém typu proudu, vzdálenosti od překážky a schopnostech obsluhovatele. U plného proudu je zřetelné, že množství kapiček okolo obsluhovatele je minimální oproti použití proudu rozprášeného.

Měření hmotnosti po provedení druhé fáze ukázalo, až na jednu výjimku, pozitivní výsledky, viz Tabulka 6. Výsledný rozdíl a hmotnosti filtrů jsou uváděny v gramech.

Tabulka 6. Hmotnosti filtrů při použití různých druhů proudů

Datum	Počáteční hmotnost	Konečná hmotnost	Rozdíl	Proud
23. 05.	363,359	364,892	1,533	Proud D 25
23. 05.	361,790	362,150	0,360	Proud C 52
23. 05.	364,056	366,175	2,119	Proud C 52
23. 05.	361,163	361,746	0,583	Vysokotlak
23. 05.	361,772	363,249	1,477	Proud D 25
22. 09.	361,464	363,382	1,918	Vysokotlak
22. 09.	366,501	369,208	2,707	Proud D 25
22. 09.	365,750	365,912	0,162	Proud C 52
22. 09.	362,807	364,713	1,906	Vysokotlak
22. 09.	362,772	363,745	0,973	Proud C 52
11. 10.	361,839	362,364	0,525	Proud D 25 – rozprášený
11. 10.	363,243	363,503	0,260	Proud C 52 – rozprášený
11. 10.	365,111	365,575	0,464	Vysokotlak
11. 10.	369,015	368,745	-0,270	Proud D 25 – plný
11. 10.	363,583	363,711	0,128	Proud C 52 – plný

Výsledky rozdílů hmotností filtrů ukazují, až na jedno měření z 11. 10., vždy pozitivní nárůst hmotnosti. Nejvyšší nárůst je patrný u třetího měření z 23. 05., kdy byl naměřený rozdíl téměř 2,2 gramů. Výsledky jsou velmi ovlivněny obsluhovatelem, druhem proudu a použitou proudnicí, vlhkostí a teplotou. Minimální naměřené množství bylo u posledního měření 11. 10., kdy rozdíl činil pouze 0,128 gramů. Průměrný nárůst hmotnosti je 0,989 g, tzn. 1 gram vody za 30 minut používání proudnice. Bez započtení měření se záporným výsledkem je průměrný nárůst hmotnosti 1,079 gramů.

5 Závěr

Úbytek vod podpovrchových i povrchových je reálným faktem a důsledky jsou patrné ve vysychání řek, rozsáhlých jezer a také v migraci obyvatelstva. Jednou z možných cest je zpětné využívání vyčištěné odpadní vody. Recyklovaná voda je prozatím z pohledu ČR a jejich státních orgánů zdroj opomíjený a nedoceněný. Její využití skýtá mnohé výhody, ale také možná rizika. Proces čištění může být neadekvátní nebo nespolehlivý a zbytkové biologické a chemické kontaminanty mohou představovat riziko pro lidské zdraví. Vnímavost zdravotního rizika je velmi vysoká. Zdravotní a bezpečnostní rizika jsou nejkontroverznější aspekty jejího využití.

Opětovné využití vyčištěné odpadní vody neomezuje v ČR žádný zákon, vyhláška ani předpis. Tato práce se zaměřila na využití vyčištěné odpadní vody především pro činnost jednotek PO. Posouzení vhodnosti využití vyčištěné odpadní vody k provedení požárního zásahu však musí probíhat individuálně se zohledněním požadavků na kvalitu vody a úroveň ochrany zasahujících.

Výsledky rozborů ukazují, že riziko zdravotní bezpečnosti je vzestupné od vod z ČOV velkých městských lokalit k malým obecním ČOV. Při použití úplné ochrany dýchacích cest je kontaminace organismu zasahujících hasičů vlivem aspirace nulová, požitím minimální. V tomto případě je využití vyčištěné odpadní vody bez limitů. Takto lze nahradit velkou část použité hasební vody z hydrantové sítě. Pokud, zasahující hasič nevyužívá ochranu dýchacích cest, např. při likvidaci drobných ohnisek, určité riziko nákazy podstupuje. Při rozboru vod byly hodnoty vztaženy na 100 ml roztoku tzn. 100 gramů. Při práci s proudnicí byl zasahující hasič schopen aspirovat dýchacími cestami od 0,128 gramů do 2,119 gramů za 30 minut. Pozitivním poznatkem je možnost využití zachycené dešťové vody. Součástí byl také vzorek vody při dlouhodobém skladování. Dlouhodobě skladovaná vyčištěná voda splňuje limity všech legislativních předpisů zde uvedených.

Výsledkem práce je možné doporučení k využití recyklované odpadní vody po stránce technické, technologické a logistické, ale se zohledněním principu předběžné opatrnosti a patřičným stupněm ochrany dýchacích cest.

Reference

- [1] Severomoravské vodovody a kanalizace Ostrava a.s.: Voda v přírodě. *Severomoravské vodovody a kanalizace Ostrava a.s.* [online]. Ostrava: Severomoravské vodovody a kanalizace Ostrava, 2021 [cit. 2023-02-20]. Dostupné z: <https://smvak.cz/voda-v-prirode>
- [2] HRKAL, Zbyněk. *O lidech a vodě*. 1. Praha: Česká geologická služba, 2014. ISBN 978-80-7075-864-9
- [3] BRÁZDIL, Rudolf a Miroslav TRNKA. *Historie počasí a podnebí v Českých zemích: minulost, současnost, budoucnost*. Brno: Centrum výzkumu globální změny Akademie věd České republiky, 2015. ISBN 978-80-87902-11-0
- [4] ČSN 75 2411: Zdroje požární vody. 1. Praha: Český normalizační institut, 2021
- [5] ONDRAŠÍK, František. Posouzení využitelnosti vyčištěných městských odpadních vod k požárním účelům [online]. Ostrava, 2020 [cit. 2023-02-20]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/140210>. Diplomová práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
- [6] WANNER, Jiří. Čištění odpadních vod v ČR: vývoj a současná situace. *Vodní hospodářství* [online]. Praha: Vodní hospodářství, c2021 [cit. 2023-02-20]. Dostupné z: <https://vodnihospodarstvi.cz/cistení-odpadních-vod-cr/>
- [7] ČSN 75 6401. Čistírny odpadních vod pro ekvivalentní počet obyvatel (EO) větší než 500. Praha: Český normalizační institut, 2014

- [8] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 254/2001 Sb.: Zákon o vodách a o změně některých pojmů. In: Sbíрка zákonů ČR. Praha: Parlament ČR, 2001, ročník 2001, 98/2001, číslo 254
- [9] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 274/2001 Sb.: Zákon o vodovodech a kanalizacích
In: Sbíрка zákonů ČR. Praha: Parlament ČR, 2001, ročník 2001, 104/2001, číslo 274
- [10] FIREFIGHTING: TATRA pro hasiče. Tatra: tatra vás dostane dál [online]. Kopřivnice: TATRA TRUCKS, c2014 [cit. 2023-02-26]. Dostupné z: <https://www.tatra.cz/nakladni-automobily/odvetvovy-katalog/hasici/>
- [11] OČIMA HASIČŮ: Bambi vak je naplněn vodou během několika vteřin, silný vítr zasahujícím nevadí. *Požáry.cz: ohnisko žhavých zpráv* [online]. POŽÁRY.cz, 26. 7. 2014 [cit. 2023-02-26]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/90997-ocima-hasicu-bambi-vak-je-naplnen-vodou-behem-nekolika-vterin-silny-vitr-zasahujicim-nevadi/>
- [12] Ochranný filtr MOF - 6 kombinovaný. *Sigma* [online]. Sigma group, 2023 [cit. 2023-02-26]. Dostupné z: <https://www.sigmagroup.cz/ochranny-filtr-mof-6-kombinovany/produkt/32/>
- [13] Odpadní voda – popis kanalizace. *Vodovody a kanalizace Přerov a. s.* [online]. Přerov: VaK Přerov, c2023 [cit. 2023-02-26]. Dostupné z: <https://www.vakprerov.cz/zakaznici/odpadni-voda.html>
- [14] Baktérie ve vodě. *Čistá voda: pro každého* [online]. Žilina: ČistáVoda.cz, c2023 [cit. 2023-02-26]. Dostupné z: <https://www.cistavoda.cz/bakterie-ve-vode/>
- [15] ČESKÁ REPUBLIKA. Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.: o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. In: *Sbíрка zákonů*. Praha: Parlament ČR, 2015, ročník 2015, částka 166, číslo 401
- [16] ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška č. 238/2011 Sb.: o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch. In: *Sbíрка zákonů*. Praha: Parlament ČR, 2011, ročník 2011, částka 87, číslo 238
- [17] ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška č. 428/2001 Sb.: kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). In: *Sbíрка zákonů*. Praha: Parlament ČR, 2001, ročník 2001, částka 161, číslo 428
- [18] ČSN 75 7221: Kvalita vod – Klasifikace kvality povrchových vod. Praha: Český normalizační institut, 2017
- [19] ČSN 75 7143: Jakost vod. Jakost vody pro závlahu. Praha: Český normalizační institut, 1991

Testing the Monitoring and Tracking System in Terms of the Effect of Obstacles on Signal Propagation in a Confined Space

Erika Skýpalová¹, Tomáš Loveček²

¹ University of Žilina, Faculty of Security Engineering,
1. mája 32, 010 26 Žilina, erika.skypalova@uniza.sk

² University of Žilina, Faculty of Security Engineering,
1. mája 32, 010 26 Žilina, tomas.lovecek@uniza.sk

Abstract:

The importance of monitoring and tracking systems is increasing due to their necessary use within confined spaces. Currently, the justification for the implementation of systems designed to monitor and track the movement of people in confined spaces stems not only from the situation related to the coronavirus pandemic, but also from the spread of other infectious diseases. By means of an automated information system, it is possible to monitor and track the contacts of persons who have tested positive and thus limit the spread of the disease. Within the project APVV-20-0457, the research team of the Faculty of Security Engineering of the University of Žilina is involved in the design of a monitoring and tracking information system and the implementation of a series of tests aimed at its accuracy and reliability. The article is focused on the investigation of the accuracy and reliability of the designed prototype of the monitoring and tracking system based on Bluetooth Low Energy beacons in terms of the influence of obstacles made of different materials.

Key words: monitoring and tracking system, confined space, obstacles in space, signal propagation.

1 Introduction

Since time immemorial, people have had a need to know their location and to determine where they are in the environment. The first location systems were developed several millennia ago using natural landmarks to determine location. Subsequently, other methods of positioning based on celestial and astronomical methods were developed. However, many of the existing approaches have had limited range. As they depended on visual observation, it was necessary to ensure direct visibility between the light source and the user. However, the discovery of radio waves in the late 19th century was a breakthrough in the field of navigation and locating people and entities. Compared to visible light, radio signals have a greater range and are able to propagate over long distances [1].

Indoor positioning is still a current issue, as the most commonly used Global Positioning System (GPS) technology is not always possible within confined spaces. Different types of obstacles such as building elements, walls and other obstacles present in indoor spaces significantly reduce the strength of satellite signals and limit their propagation in a given space [2]. However, this limitation can be solved by the use of highly sensitive GPS receivers or GPS pseudolites, the implementation costs of which can be high [3].

Indoor location systems are made up of hardware and software components that are used to locate and track an entity [4]. Sensors, magnetic fields and other signals received by mobile devices are used for indoor positioning [5]. In indoor environments, higher localization accuracy is required than when localizing entities in outdoor environments [6].

Bluetooth is a wireless technology that has been in use for more than 20 years and has been refined several times to improve and expand features. In 2010, a low-power version of Bluetooth 4.0 was introduced, referred to as Bluetooth Low Energy (BLE) or Bluetooth Smart. It consumes low levels of energy and can be powered by small power supplies or energy harvesting. The technology operates in the 2.4 GHz band. The latest Bluetooth 5.0 update brings improvements in terms of greater range, faster data transfer speeds and greater transmitting capacity [7].

Bluetooth Low Energy (BLE) is one of the most widespread IoT technologies used to connect wearable devices such as watches, location devices, enable access to nearby devices such as access control bracelets, home and office automation, and closed-system communications [8].

A Bluetooth beacon is a device that wirelessly transmits signals, including location information, at regular intervals and sends user identifiers and Received Signal Strength Indicator (RSSI) as Bluetooth signals. When a smartphone user is within the beacon signal range, an application installed on the smartphone receives the beacon signal and then sends the user information to a cloud server, where the received user information is verified and the relevant information about the provided service is subsequently sent to the user [9].

iBeacon is a protocol designed by Apple. It is usable for indoor positioning systems. It allows smartphones or other BLE devices to receive signals [10]. Many companies are involved in the production of Bluetooth beacon devices with the iBeacon protocol. The variety and commercial availability of the devices allows consumers to choose a device according to their needs and financial capabilities. However, different devices from different manufacturers may vary in device performance, which may affect the accuracy of the data provided [11].

Received Signal Strength Indicator (RSSI) is a measurement of the strength that is present in the received radio signal [12]. RSSI is often used due to its ease of implementation and no additional hardware is required [13]. The RSSI value expresses the relative quality of the received signal in the device. The stronger the signal, the higher the RSSI value [14]. Since the Bluetooth beacon transmits radio signals, there is an oscillation in the RSSI value due to absorption, interference and diffraction effects [15].

2 Methodology

Testing of the monitoring and tracking system was aimed at investigating the effect of selected obstacles on the received signal strength (RSSI). The receiving device was a Raspberry Pi Zero 2 W microcomputer and the transmitting device was an FSC-BP103B beacon. The obstacles were an OSB board and a glass-filled door. The receiving device was installed at heights of 1.6 m, 1.8 m and 2 m. At a distance of 1 m from the receiving device, 4 transition points were marked and placed around the receiving device at 90° clockwise. At each installation height of the receiving device, a series of transitions were made along selected points located 1 m from the receiving device with and without obstacles. Individual obstacles were placed in front of the person holding the FSC-BP103B beacon.

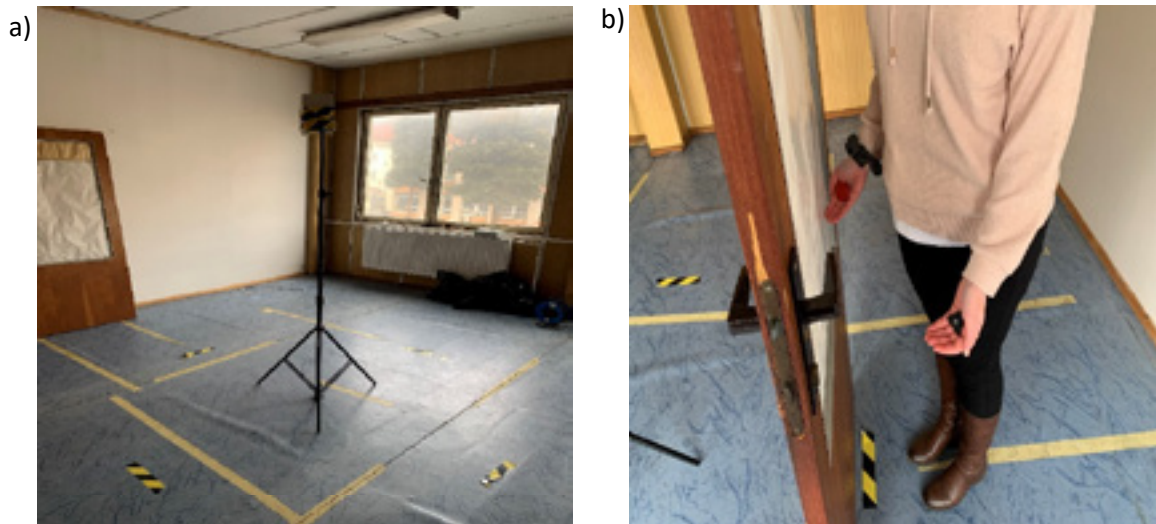


Figure 1. a) Preparing the testing area b) Using the door as an obstacle

3 Results

The RSSI values shown in Table 1 were obtained by taking the arithmetic average of 5 values for the FSC-BP103B beacon at individual points at installation heights of 1.6 m, 1.8 m and 2 m at a distance of 1 m from the receiving device.

Table 1. RSSI values of the FSC-BP103B beacon with and without obstacles

Type of obstacle	Point	Height (m)		
		1,6	1,8	2
OSB board	1	-71	-72	-72
	2	-68	-83	-83
	3	-70	-75	-75
	4	-75	-69	-69
Door	1	-71	-81	-81
	2	-72	-80	-81
	3	-73	-73	-74
	4	-77	-75	-76
No obstacle	1	-56	-67	-63
	2	-62	-61	-59
	3	-74	-72	-77
	4	-53	-59	-68

Arithmetic averages of the RSSI values shown in Table 1 were produced at all selected points with and without obstacles for each installation height with consideration of the beacon distance of 1 m from the receiving device. The results are presented in Table 2.

Figure 2 shows the average RSSI values of the FSC-BP103B beacon at each installation height and at all transition points at 1 m from the receiving device without obstacles and using different obstacles.

Table 2. Arithmetic averages of RSSI values of all transition points

Type of obstacle	Height (m)		
	1,6	1,8	2
OSB board	-71	-75	-76
Door	-73	-77	-78
No obstacle	-61	-65	-67

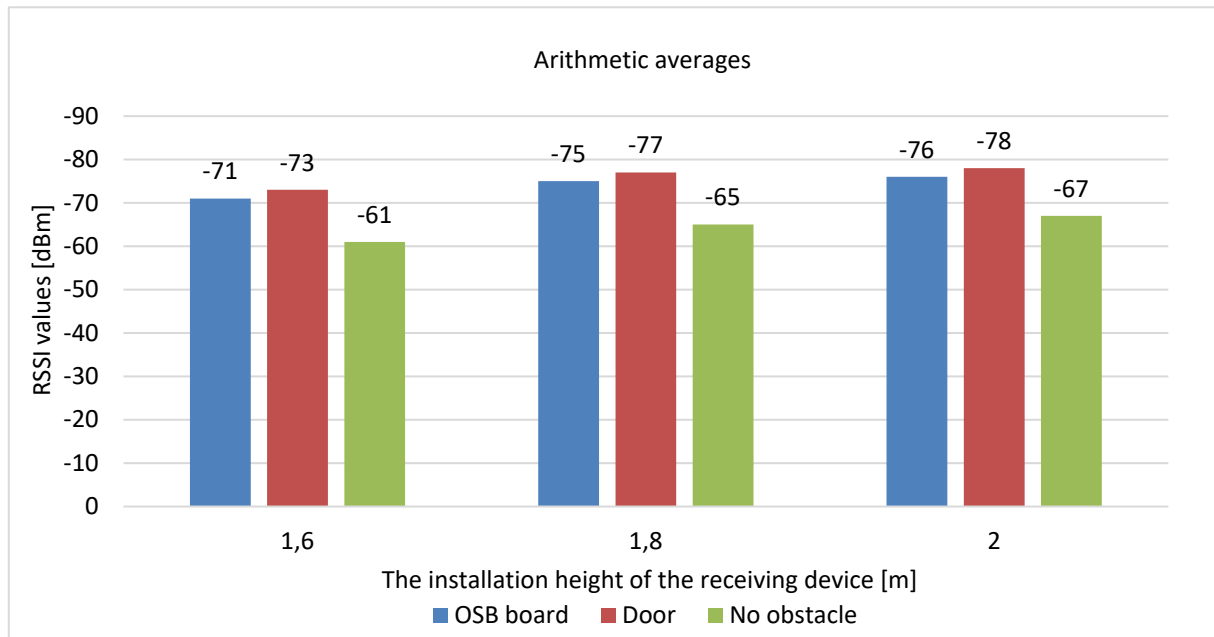


Figure 2. Average RSSI values of the FSC-BP103B beacon with and without obstacles

The obtained test results show that there was a decrease in signal when obstacles were used. When the receiving device was installed at a height of 1.6 m without an obstacle, the FSC-BP103B beacon reached **-61 dBm**. When an OSB board was used, the RSSI value dropped by **-10 dBm** and when a door obstruction was present, the RSSI value was lower by **-12 dBm**.

When the receiving device was placed at a height of 1.8 m, the beacon achieved an average RSSI value of **-65 dbm** without the use of obstacles. With the use of OSB, the signal dropped by **-10 dBm**, and with the use of a door, there was a signal drop of **-12 dBm**, the same as at the 1.6 m installation height.

At a height of 2 m, the average beacon value without the use of obstacles was **-67 dBm**. By using an OSB obstacle, the RSSI value dropped by **-9 dBm**, and in the case of the door as an obstacle, there was a **-11 dBm** drop in RSSI value.

It can be concluded that the use of the selected obstacles affected the propagation of the signal in space. However, based on the comparison of the average values of the FSC-BP103B beacon when using the given obstacles, there was no significant decrease in contrast to the RSSI values without obstacles.

Based on the results obtained, it can also be concluded that, depending on the varying installation height of the receiving equipment, there was a decrease in the beacon signal for both obstacle and obstacle-free transitions. When using an OSB board at a distance of 1 m from the receiving device at an installation height

of 1.6 m, the FSC-BP103B beacon achieved **-71 dBm**. At an installation height of 1.8 m, the FSC-BP103B beacon achieved **-75 dBm**, and thus there was a decrease of **-4 dBm** compared to the 1.6 m installation height. The RSSI value when the receiving device was placed at a height of 2 m was **-76 dBm**, with a decrease of **-1 dBm**.

The use of the door as a barrier limiting the propagation of the signal also caused a decrease in signal quality due to the changing height of the receiving equipment installation. Beacon FSC-BP103B at a height of 1.6 m reached **-73 dBm**. At a height of 1,8 m, the beacon's average RSSI was **-77 dBm**, which is **-4 dBm** less than at 1.6 m. The RSSI value at 2 m height also decreased by **-1 dBm** compared to 1.8 m height.

As with the use of obstacles, the RSSI value tended to decrease with varying height of the receiving device placement, even without them. When the receiving device was installed at a height of 1.6 m, the beacon reached **-61 dBm**, while at a height of 1.8 the average RSSI value was **-65 dBm** and at a height of 2 m the beacon reached **-67 dBm**.

4 Conclusion

The paper focused on testing the monitoring and tracking system in terms of the effect of obstacles of different materials on signal propagation in a confined space. The testing was carried out using 2 types of obstacles of different materials in order to investigate the mutual comparison of the individual obstacles and their influence on the quality of the propagating signal. Testing was also carried out without using the selected obstacles. The aim of testing the system without obstacles was to show that obstacles in space have an impact on the propagation of the signal and can significantly affect its quality.

It was shown by testing that the selected obstacles affected the propagation of the signal in space. The average RSSI values of the FSC-BP103B beacon decreased significantly when obstacles were used compared to the obstacle-free condition. When comparing the RSSI values of the given obstacles with each other, it was found that the RSSI values were lower when using the door compared to using the OSB, however, the decrease in RSSI values was not significant.

In addition to examining the impact of obstacles on signal propagation, the location of transmitting and receiving equipment has also been shown to affect propagation and signal quality. From the tests carried out, it was found that changing the location of the receiving equipment at 3 heights had an effect on the RSSI values. As the height of the receiving equipment installation increased, there was a decrease in the RSSI values with and without the use of obstacles for each change.

Testing the monitoring and tracking system for the influence of various obstacles present in the space is important because of the accuracy of determining the location of persons and entities in confined spaces. Obstacles made of different materials limit the propagation of the signal, which negatively affects the positioning accuracy. Within confined spaces, the emphasis is on positioning accuracy as opposed to the outdoor environment. Therefore, it is necessary to investigate how individual elements may limit signal propagation capability. Therefore, prior to the actual implementation of the monitoring and tracking system, a comprehensive assessment of each space in which the tracking system will be installed is required, taking into account building structures, door openings and other materials that may reduce signal quality, which can lead to various errors and inaccuracies in positioning. The testing of the system must take into account the fact that the different obstacles in the space are different in terms of the material they are made of and may therefore affect the propagation of the signal differently. Therefore, it is necessary to calibrate the system depending on the types of obstacles in the space or the height and distance of the location of the individual components of the system. At the same

time, it is necessary to implement multiple receiving devices in order to increase the accuracy of positioning in a particular space.

Acknowledgements

This work was supported by the research project APPV-20-0457 Monitoring and Tracing of Movement and Contacts of Persons in Medical Facilities.

References

- [1] Sesyuk, A., Ioannou, S., Raspopoulos, M. A Survey of 3D Indoor Localization Systems and Technologies. *Sensors* 2022, 1-33, DOI: 10.3390/s22239380
- [2] Barsocchi, P., Girolami, M., La Rosa, D. Detecting Proximity with Bluetooth Low Energy Beacons for Cultural Heritage. *Sensors* 2021, 1-24, DOI: 10.3390/s21217089
- [3] Kunboth, J., Karkar, A., Al-Maadeed, S., Al-Ali, A. Indoor positioning and wayfinding systems: a survey. *Human-centric Computing and Information Sciences* 2020, DOI: <https://doi.org/10.1186/s13673-020-00222-0>
- [4] Furfari, F., Crivello, A., Baronti, P. et al. Discovering location based services: A unified approach for heterogeneous indoor localization systems. *Internet of Things* 2021, 1-14, DOI: 10.1016/j.iot.2020.100334
- [5] Sehto, A. R. Beacon Based Indoor Positioning System. *Beacon Based Indoor Positioning System* 2018, DOI: 10.13140/RG.2.2.17361.79200
- [6] Fei, H., Xiao, F., Sheng, B. et al. Motion Path Reconstruction in Indoor Environment Using Commodity Wi-Fi. *IEEE Transactions on Vehicular Technology* 2019, 7668-7678, DOI: 10.1109/TVT.2019.2921408
- [7] Karvonen, H., Hämäläinen, M., Linatti, J. Coexistence of Wireless Technologies in Medical Scenarios. *EUCNC* 2017, DOI: 10.1109/EuCNC.2017.7980744
- [8] Yordanov, Y., Haka, A. Bluetooth Low Energy Technology Simulators. *JCIEES* 2022, 7-11, DOI: 10.48149/jciees.2022.2.1.1
- [9] Jung, J., Choi, Y. Measuring Transport Time of Mine Equipment in an Underground Mine Using a Bluetooth Beacon System. *Minerals* 2017, 1-10, DOI: 10.3390/min7010001
- [10] Huang, Ch. J., Chi, Ch. J., Hung, W. T. Hybrid-AI-Based iBeacon Indoor Positioning Cybersecurity: Attacks and Defenses. *Sensors* 2023, 1-19, DOI: 10.3390/s23042159
- [11] Fachri, M., Khumaidi, A. Positioning Accuracy of Commercial Bluetooth Low Energy Beacon. *INCITEST* 2019, 1-4, DOI: 10.1088/1757-899X/662/5/052018
- [12] Dong, Y., Shan, F., Dou, G., Cui, Y. The research and application of indoor location algorithm based on wireless sensor network. *IEEE 3rd International Conference on Communication Software and Networks* 2011, DOI: 10.1109/ICCSN.2011.6014369
- [13] Subedi, S., Pyun, J. Y. A Survey of Smartphone-Based Indoor Positioning System Using RF-Based Wireless Technologies. *Sensors* 2020, 2-32, DOI: 10.3390/s20247230
- [14] Maaloul, K., Lejdel, B., Clementini, E., Abdelhamid, N. Bluetooth beacons based indoor positioning in a shopping malls using machine learning. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics* 2023, 911-921, DOI: 10.11591/eei.v12i2.4200
- [15] Mussina, A., Aubakirov, S. Improving Indoor Positioning via Machine Learning. *Data* 2019, 190-195, DOI: 10.5220/0007916601900195

Hasiace deky na zdolávanie požiarov automobilov v cestnej doprave

Kristián Slašťan¹, Jozef Svetlík²

¹ Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva,
ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina, kristian.slastan@uniza.sk

² Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva,
ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina, jozef.svetlik@uniza.sk

Abstrakt:

V súčasnosti sú automobily neoddeliteľnou súčasťou života mnohých ľudí. Pokrok vo vývoji priniesol na automobilový trh nové typy pohonov automobilov. Avšak krízové situácie spojené s požiarimi automobilov na elektrický alebo hybridný pohon priniesli veľa otázok z hľadiska ich hasenia. V rámci spolupráce Hasičského a záchranného zboru SR a Fakulty bezpečnostného inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline sa bude realizovať výskum zameraný na skúmanie účinnosti hasenia vozidiel na rôznych pohonov v cestnej doprave s využitím hasiacich diek. V úvode článku sme sa zamerali na analýzu požiarovosti v cestnej premávke od roku 2017 do roku 2021. Vstupné údaje boli získavané z dokumentov požiarovosti v jednotlivých rokoch získaných od Požiarnotechnického a expertízneho ústavu Ministerstva vnútra Slovenskej republiky. Súhrnné informácie sú uvedené v tabuľke v článku. V druhej časti článku sú rozobrané bližšie hasiace deky z hľadiska zloženia, vlastností, princípu fungovania a aplikácie. V súčasnosti existuje viacero typov hasiacich diek, ktoré sa môžu odlišovať najmä materiálovo a rozmerovo. Aby bolo možné adekvátne zhodnotiť použiteľnosť hasiacich diek pri zdolávaní požiarov automobilov je nevyhnutné vykonať testovania. Testovania budú realizované v rámci výskumu dizertačnej práce. Výskumné otázky budú zamerané najmä na identifikovanie personálnej a časovej náročnosti aplikácie hasiacich diek, efektivity hasenia a možnosti ich využitia kombinácie so zaužívanými postupmi hasenia požiarov automobilov.

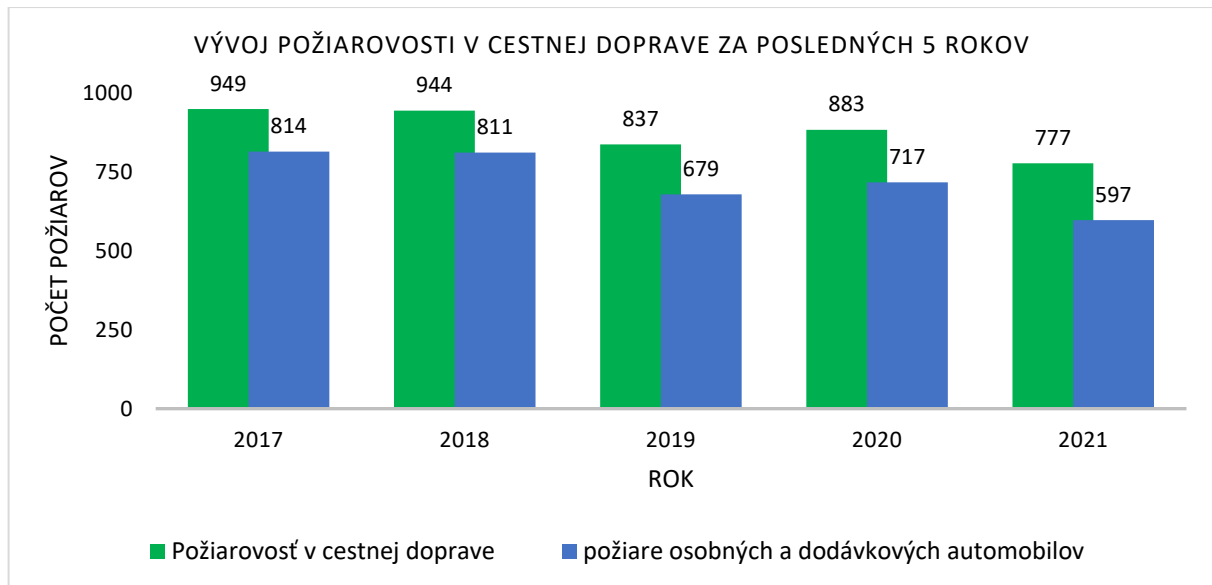
Kľúčová slova: hasiace deky, požiar, cestná doprava, osobné automobily.

1 Úvod

Vzhľadom na zameranie príspevku a návrhu výskumu sme sa rozhodli oboznámiť so súčasnou situáciou požiarovosti v cestnej doprave. Bohužiaľ sme sa nemohli dopracovať k štatistike požiarovosti automobilov na elektrický a hybridný pohon. Vzhľadom na tento fakt sme pracovali s celkovou štatistikou požiarovosti v cestnej doprave so zameraním na osobné automobily.

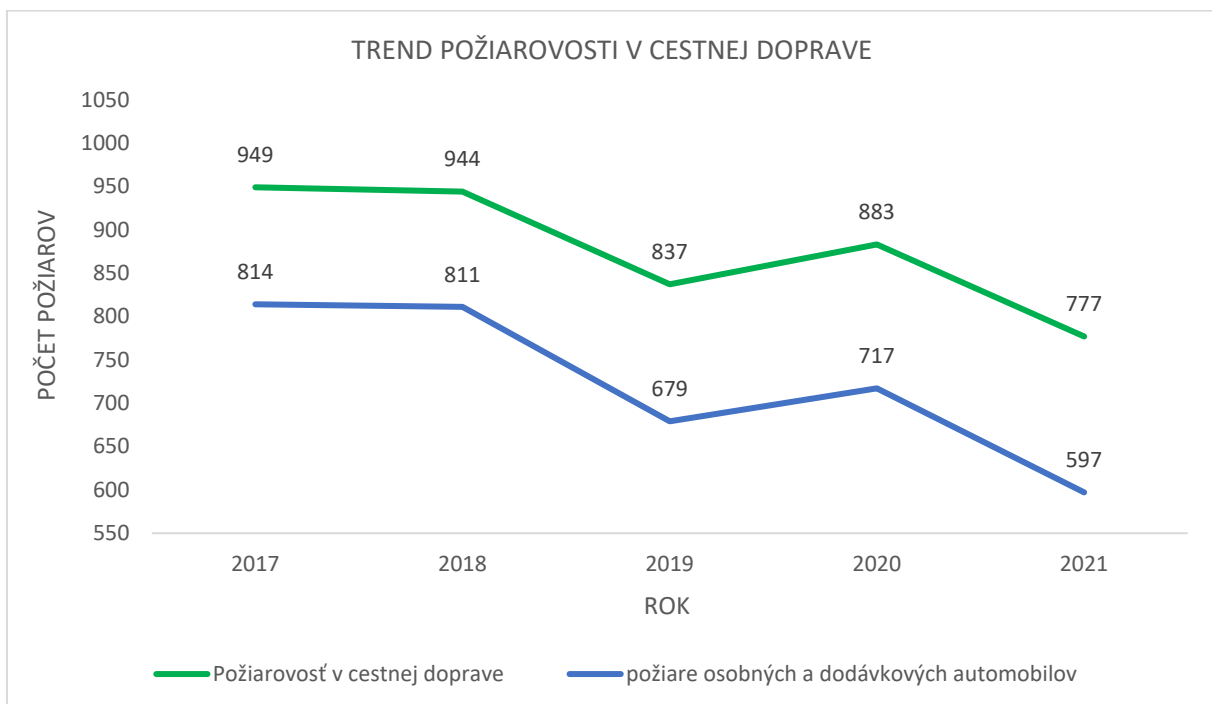
V rámci Slovenskej republiky bolo k 31. 12. 2021 evidovaných celkovo 3 528 096 automobilov z čoho 42 326 je elektromobilov a hybridných vozidiel. Počet osobných automobilov je 2 493 183 z čoho 40 637 je na elektrický alebo hybridný pohon [1, 2].

Z prieskumu sme získali informácie z Požiarnotechnického a expertízneho ústavu Ministerstva vnútra Slovenskej republiky (2020), že za posledných 5 rokov došlo v cestnej doprave celkovo k 4 390 požiarom z čoho 82 % boli požiare osobných a dodávkových automobilov. Pre lepšie predstavenie sú na Obrázku 1 stĺpcovom grafe zobrazené požiare v cestnej doprave a požiare osobných a dodávkových automobilov [3].



Obrázok 1. Graf požiarovosti v cestnej premávke

Positívom je klesajúci trend v požiarovosti vozidiel v cestnej premávke vyobrazený na Obrázku 2.



Obrázok 2. Trend požiarovosti v cestnej doprave a osobných a dodávkových automobilov

V dôsledku týchto požiarov prišlo o život 14 ľudí a 79 bolo zranených. Celkové škody dosiahli sumu 26 031 580 €. Najbežnejšími príčinami vzniku požiarov osobných automobilov a dodávkových automobilov boli prevádzkové-technické príčiny a úmyselné zapálenie. Podrobný prehľad požiarovosti v cestnej premávke je uvedený v Tabuľke 1. Na základe dát štatistických súborov je možné dedukovať, že aplikácia požiarneho diek do výbavy Hasičského a záchranného zboru by mala využitie [3].

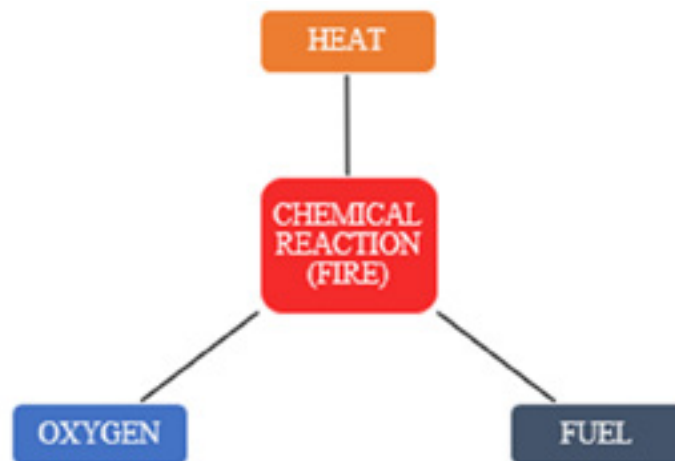
Tabulka 1. Požiarovosť v cestnej doprave v rokoch 2017 až 2021

Rok	Celkový počet požiarov	Požiare osobných a dodávkových automobilov	Škody (€)	Úmrtia	Zranený
2017	949	814	5 351 280	4	21
2018	944	811	5 892 640	2	10
2019	837	679	5 042 560	1	17
2020	883	717	5 350 455	3	13
2021	777	597	4 394 645	4	18
Σ	4 390	3618	26 031 580	14	79

2 Hasiace deky

Základný princíp hasenia spočíva v odstránení aspoň jednej alebo viacerých podmienok horenia zobrazených na Obrázku 3. Hasiace deky na autá pracujú na princípe odizolovanie požiaru od prívodu kyslíka vo vzduchu. Táto izolačná vrstva zároveň blokuje únik splodín horenia a toxínov do okolia. Pri hasení nie je potrebné použiť ďalšie hasiace látky ako vodu, prášok alebo penu. To znamená, že použitím deky sa taktiež minimalizuje znečistenie miesta vzniku požiaru vodou a parou, ktoré by obsahovali toxíny a nebezpečné látky vznikajúce alebo uvoľňujúce sa pri požiari. Súčasne, hasiace deky dokážu vďaka svojmu materiállovému vyhotoveniu znížiť tepelný tok a tým zabrániť rozšíreniu požiaru do okolia [4, 5].

Tepelnoizolačné vlastnosti nadobúdajú vďaka sklolaminátu alebo kremennej tkaniny, z ktorých sú vyrábané. Rozdiel v týchto dvoch materiáloch je v obsahu oxidu kremičitého. Sklolaminát má nominálne 60 % oxidu kremičitého a „kremičité“ priadze majú asi 94 % čistého oxidu kremičitého. Čistota kremennej priadze umožňuje tomuto materiálu odolávať veľmi vysokým teplotám. Vo veľa prípadoch sa používajú navyše aj silikónový povlak spomaľujúci horenie. Celkovo sa tepelná odolnosť hasiacich diek líši v závislosti od výrobcu [6].



Obrázok 3. Trojuholník horenia

Hasiace deky dokážu dlhodobo odolať teplote približne od 1 000 °C do 1 500 °C a krátkodobo od 1 600 °C do 2 500 °C. Obdobne sa odlišujú v závislosti od výrobcu aj rozmery a hmotnosť. Najčastejšie varianty majú rozmery 6x8 metrov alebo 6x9 s hmotnosťou približne od 24 kg do 30 kg. Niektorí výrobcovia majú v ponuke aj iné rozmery. S veľkosťou hasiacej plachty sa samozrejme priamoúmerne mení aj jej hmotnosť [7-9].



Obrázok 4. Aplikácia hasiacej deky [10]

Hasiace deky sú predurčené najmä na požiare automobilov na parkoviskách, v parkovacích domoch, garážach, čerpacích staniciach, tuneloch, autoservisoch a iných priestoroch, kde hrozí v pomerne krátkom čase rozšírenie požiaru do okolia [1, 11].

2.1 Zameranie výskumu

V rámci testovania hasiacich diek pri požiaroch automobilov je potrebné sa zamerať na niekoľko oblastí. V prvom rade sa jedná o personálnu a časovú náročnosť aplikácie od príchodu hasičskej jednotky na miesto udalosti. Ďalej je nevyhnutné posúdiť efektivitu hasenia z hľadiska času a množstva hasiacej látky. Veľký potenciál má ich využitie najmä pri požiaroch automobilov v uzatvorených priestoroch. Práve preto je dôležité pri výskume a testovaní identifikovať do akej miery dokážu hasiace deky zamedziť tepelnému toku do okolia. Zároveň z hľadiska aplikácie je vhodné posúdiť aj prácu s hasiacimi dekami v priestoroch ako sú garáže alebo parkoviská, kde nemusí byť vždy dostatočný priestor k ich aplikácii. V poslednom rade je vhodné posúdiť a odskúšať kombináciu hasiacich diek so zaužívanými postupmi hasenia požiarov automobilov. Výsledkom kombinácie by mohla byť dosiahnutá lepšia efektivita hasenia.

3 Závěr

Implementácia hasiacich diek do výbavy Hasičského a záchranného zboru si vyžaduje zvypracovať a zrealizovať výskum so zameraním na aplikáciu hasiacich diek pri požiaroch automobilov na rôznych pohonoch. Očakáva sa, že práve výsledky z experimentov budú potvrdiť pôvodné predpoklady alebo budú využité k vytvoreniu návrhov pre úpravu aplikácie, a upresnenie základných technických parametrov hasiacich diek. Implementácia hasiacich diek bude navrhnutá v súlade s legislatívou a vnútornými predpismi platnými v rámci Slovenskej republiky.

Problematikou aplikácie hasiacich diek sa zaoberali výskumníci v publikácii [5]. Ich zámer a spôsob realizácie experimentu považujeme za prínosný pre plánované experimenty. Avšak je potrebné výskum rozšíriť najmä o určenie tepelného prestupu.

Ako naznačujú výskumníci Li [12], Jiang [13] a Svetlík [14] vo svojich publikáciách, požiare vozidiel na parkoviskách, garážach a iných uzavretých priestoroch majú vysoké riziko rozšírenia sa do okolia. Práve hasiace deky majú veľký potenciál pri hasení požiarov automobilov na rôznych pohonoch s dôrazom na zamedzenia možnosti šírenia požiaru v pomerne krátkom časovom intervale.

Reference

- [1] Prezídium Policajného zboru, Ministerstvo vnútra Slovenskej republiky, 2021. Celkový počet elektromobilov a hybridov evidovaných v SR. [WWW Document], URL <https://www.minv.sk/?pocet-evidovanych-elektromobilov-a-hybridov>
- [2] Prezídium Policajného zboru, Ministerstvo vnútra Slovenskej republiky, 2021. Celkový počet vozidiel evidovaných v SR. [WWW Document], URL <https://www.minv.sk/?celkovy-pocet-evidovanych-vozidiel-v-sr>
- [3] Požiarnotechnický a expertízny ústav Ministerstva vnútra Slovenskej republiky, Ministerstvo vnútra Slovenskej republiky, 2021. Celkový počet vozidiel evidovaných v SR. [WWW Document], <https://www.minv.sk/?statistika-poziarovosti-na-slovensku-2>
- [4] Bridgehill, 2022. Car fire blanket. Official website. URL <https://bridgehill.com/fire-blankets/car/>
- [5] Kwon, J., Kim, H., Lee, S., Kim, S., Park, T., Kim T., Kim, S., 2021. Application of Car Fire Blankets to Car Fires. In: Fire Science and Engineering, Vol. 35, No. 1, pp. 143-149. <https://doi.org/10.7731/KIFSE.2513d05f>
- [6] W.F. Lake Corp, 2021. Why is quartz sewing thread so expensive?!. URL <https://wflake.com/why-is-quartz-so-expensive/>
- [7] Lion Care, 2023. BRIDGEHILL EXTREME Series - MULTIPURPOSE PRO XL Löschdecke / Brandschutzdecke für Elektrofahrzeuge / E-Autos und Verbrenner. URL <https://www.lion-care.com/loeschmittel/loeschdecken/bridgehill-loeschdecken/195/bridgehill-extreme-series-multipurpose-pro-xl-loeschdecke/brandschutzdecke-fuer-elektrofahrzeuge/e-autos-und-verbrenner?c=52>
- [8] Lion Care, 2023. JUTEC 6x8 KFZ Brandschutzdecke / Löschdecke für Elektrofahrzeuge / E-Autos und Verbrenner. URL <https://www.lion-care.com/loeschmittel/loeschdecken/jutec-loeschdecken/294/jutec-6x8-kfz-brandschutzdecke/loeschdecke-fuer-elektrofahrzeuge/e-autos-und-verbrenner?c=52>
- [9] Lion Care, 2023. VLITEX Löschdecke / Brandschutzdecke Premium ML 600x800 (mit 2. langem Griff) - für Elektrofahrzeuge / E-Autos und Verbrenner. URL <https://www.lion-care.com/loeschmittel/loeschdecken/vlitex-loeschdecken/279/vlitex-loeschdecke/brandschutzdecke-premium-ml-600x800-mit-2.-langem-griff-fuer-elektrofahrzeuge/e-autos-und-verbrenner?c=52>
- [10] Bridgehill, 2023. Car fire blanket – Product information. [WWW Document], URL <https://www.totech.ch/files/1648803196-bridgehill-2-1025.pdf>
- [11] Padtex insulation, 2023. Car fire Blanket. [WWW Document], URL https://padtex.lv/wp-content/uploads/2022/04/Padtex-car-blanket_2021.pdf
- [12] Jiang, X., Zhu, G., Zhu, H., Li, D., 2018. Full-scale Experimental Study of Fire Spread Behavior of Car, Elsevier Science Direct, Procedia Engineering 211, pp. 297-305. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.12.016>
- [13] Li, D., Zhu, G., Zhu, H., Yu, Z., Gao, Y., Jiang, X., 2017. Flame Spread and Smoke Temperature of Full-Scale Fire Test of Car, Case Studies in Thermal Engineering Fire, Vol. 10, pp. 315-324. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2017.08.001>
- [14] Svetlík, J., Veľas, A., 2017. Vehicle fire safety on the static traffic. International Scientific Conference Transport Means 2017. Conference Paper, Kaunas University of Technology, pp. 636-639
- [15] Svetlík, J., Konárik, M., Šullová, M., 2021. Preparation of voluntary fire brigades for interventions in traffic accidents. ICERI2021 Proceedings, pp. 7873-7877. <https://doi.org/10.21125/iceri.2021.1770>

Bezpečnostní aspekty blockchainu

Miroslav Tomšů¹, Nikola Čajková², Veronika Rosíková³

1 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky,
Nad Stráněmi 4511, 760 05 Zlín, tomsu@utb.cz

2 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky,
Nad Stráněmi 4511, 760 05 Zlín, n_cajkova@utb.cz

3 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Rektorát, CVT,
nám. T. G. Masaryka 5555, 760 01 Zlín, vrosikova@utb.cz

Abstrakt:

Blockchain je jednou z nově vznikajících technologií v posledních letech v oblasti informačních technologií. Blockchain je decentralizovaný, sledovatelný, odolný a důvěryhodný distribuovaný databázový systém provozovaný více uzly. Blockchain se využívá nejen v kryptoměně nebo elektronické hotovosti, ale také v dalších aplikacích, jako jsou finanční transakce, zdravotnictví, pojišťovnictví, IoT, výroba, vzdělávání atd., s příslibem více dovedností a vyšší odolnosti.

Blockchain má schopnost minimalizovat rizika kybernetické bezpečnosti a odolnost sítě, aby nebyla kompromisem selhání jednoho bodu. Blockchain využívá mechanismus konsenzu, který zajišťuje transparentnost a integritu sítě. Pro hackery nebo útočníky je tak velmi obtížné vložit nebo nasadit škodlivý software nebo malware. Nelze však ignorovat některé z hlavních bezpečnostních hrozeb blockchainu, jako je koncový bod, škálovatelnost, regulace, dodavatelé třetích stran a nedostatečné testování.

Článek popisuje principy fungování blockchainu, vysvětluje jeho možné využití v základních oblastech života. Zaměřuje se na jeho hlavní problémy a nedostatky, které trpí většina vyvíjejících se technologií. Článek upozorní na konkrétní bezpečnostní hrozby a výzvy, které s sebou technologie blockchain nese díky svým specifickým.

Klíčová slova: blockchain, bezpečnost, hrozby, šifrování, kryptoměny.

1 Úvod

Technologie blockchain má potenciální prostor pro transformaci způsobu podnikání, komunikaci se svými zákazníky, jinými podniky a regulátory. Osoba nebo skupina lidí, která v roce 2009 používala pseudonym Satoshi Nakamoto, zveřejnila článek a představila novou kryptoměnu s názvem „bitcoin“ a navrhla řešení sítě peer-to-peer pro online převod prostředků z jedna strana druhé bez jakékoli třetí nebo důvěryhodné strany [1]. Je to ekosystém, který roste rychleji, aby změnil technologický koncept po celém světě. Blockchain je typ technologie distribuované účetní knihy, která je distribuovanou a neměnnou účetní knihou pro převod vlastnictví, uchování záznamů o transakcích, sledování aktiv, zajištění transparentnosti, důvěry a bezpečnosti pro různé typy transakcí [2]. Ačkoli většina lidí věří, že jednou z jejích výhod je neodmyslitelná odolnost kybernetické bezpečnosti, stále se nejedná o plně zabezpečenou technologickou platformu bez kybernetických útoků.

Blockchain je jednou z největších technologických inovací 21. století. Blockchain je schopen přinést podstatné pozitivní změny ve finančních sektorech, IoT, dodavatelském řetězci, hlasování ve volbách, lékařské péči, vzdělávání a dalších odvětvích [3]. Na druhou stranu nelze ignorovat některé z hlavních bezpečnostních problémů blockchainu, jako je koncový bod, škálovatelnost, regulace, dodavatelé třetích stran a nedostatečné testování

[4]. 51% útok je dalším typem útoku na blockchain, kde útočníci nebo skupiny lidí mohou převzít kontrolu nad blockchainovou sítí [5]. Tento článek upozorní na bezpečnostní hrozby a výzvy technologie blockchain.

2 Blockchain – databáze budoucnosti

Blockchain je distribuovaná databáze nebo účetní kniha, která je sdílena mezi uzly počítačové sítě. Blockchain jako databáze ukládá informace elektronicky v digitálním formátu. Blockchainy jsou nejlépe známé pro svou klíčovou roli v systémech kryptoměn, jako je bitcoin, pro udržování bezpečného a decentralizovaného záznamu transakcí. Inovace u blockchainu spočívá v tom, že zaručuje věrnost a bezpečnost záznamu dat a vytváří důvěru bez potřeby důvěryhodné třetí strany.

Jedním z klíčových rozdílů mezi typickou databází a blockchainem je struktura dat. Blockchain shromažďuje informace dohromady ve skupinách, známých jako bloky, které obsahují sady informací. Bloky mají určité úložné kapacity a po naplnění jsou uzavřeny a propojeny s dříve vyplněným blokem, čímž se vytvoří řetězec dat známý jako blockchain. Všechny nové informace, které následují po tom, že čerstvě přidaný blok se zkompilují do nově vytvořeného bloku, který bude po naplnění také přidán do řetězce.

Databáze obvykle strukturuje svá data do tabulek, zatímco blockchain, jak jeho název napovídá, strukturuje svá data do bloků (bloků), které jsou spojeny dohromady. Tato datová struktura ze své podstaty vytváří nevratnou časovou osu dat, je-li implementována v decentralizovaném charakteru. Když je blok zaplněn, je zasazen do kamene a stává se součástí této časové osy. Každému bloku v řetězci je přiřazeno přesné časové razítko, když je přidán do řetězce [6].

2.1 Principy fungování blockchainu

Cílem blockchainu je umožnit digitální informace zaznamenávat a distribuovat, ale ne upravovat. Tímto způsobem je blockchain základem pro neměnné účetní knihy nebo záznamy o transakcích, které nelze změnit, odstranit nebo zničit. To je důvod, proč jsou blockchainy známé také jako technologie distribuované účetní knihy (DLT).

Koncept blockchainu, který byl poprvé navržen jako výzkumný projekt v roce 1991, předcházela své první široce používané aplikaci: Bitcoin v roce 2009. V letech od té doby používání blockchainů explodovalo prostřednictvím vytváření různých kryptoměn, aplikací decentralizovaných financí (DeFi), nezaměnitelné tokeny (NFT) a chytré smlouvy [6].

3 Využití blockchainu

Jak nyní víme, bloky na blockchainu bitcoinu ukládají data o peněžních transakcích. Dnes na blockchainu běží více než deset tisíc dalších kryptoměnových systémů. Ukazuje se ale, že blockchain je ve skutečnosti spolehlivým způsobem ukládání dat i o jiných typech transakcí.

Mezi některé společnosti, které již začlenily blockchain, patří Walmart, Pfizer, AIG, Siemens, Unilever a řada dalších. Například společnost IBM vytvořila svůj blockchain Food Trust, aby sledovala cestu, kterou potravinářské produkty absolvují, aby se dostaly do jejich umístění [7].

3.1 Bankovníctví a finance

Snad žádné odvětví nemá z integrace blockchainu do svých obchodních operací větší prospěch než bankovníctví. Finanční instituce fungují pouze v pracovní době, obvykle pět dní v týdnu. Blockchain nikdy nespí.

Díky integraci blockchainu do bank mohou spotřebitelé vidět své transakce zpracované již za 10 minut – v podstatě čas, který zabere přidání bloku do blockchainu, bez ohledu na svátky nebo denní či týdenní dobu. Díky blockchainu mají banky také možnost rychleji a bezpečněji směřovat finanční prostředky mezi institucemi. Například v obchodování s akciemi může proces vypořádání a zúčtování trvat až tři dny (nebo déle, pokud se obchoduje mezinárodně), což znamená, že peníze a akcie jsou na tuto dobu zmrazeny [8].

3.2 Měna

Blockchain tvoří základ pro kryptoměny, jako je bitcoin. Americký dolar je kontrolován Federálním rezervním systémem. V rámci tohoto systému ústřední autority jsou data a měna uživatele technicky na rozmaru jejich banky nebo vlády. Pokud je banka uživatele napadena, jsou soukromé informace klienta ohroženy. Pokud klientova banka zkolabuje nebo klient žije v zemi s nestabilní vládou, může být ohrožena hodnota jeho měny.

Rozložením svých operací po síti počítačů umožňuje blockchain bitcoinu a dalším kryptoměnám fungovat bez potřeby centrálního úřadu. To nejen snižuje riziko, ale také eliminuje mnoho poplatků za zpracování a transakce. Může také poskytnout obyvatelům zemí s nestabilními měnami nebo finanční infrastrukturou stabilnější měnu s více aplikacemi a širší sítí jednotlivců a institucí, s nimiž mohou obchodovat na domácím i mezinárodním trhu [8].

3.3 Zdravotní péče

Poskytovatelé zdravotní péče mohou využít blockchain k bezpečnému ukládání lékařských záznamů svých pacientů. Když je lékařský záznam vygenerován a podepsán, může být zapsán do blockchainu, což pacientům poskytuje důkaz a jistotu, že záznam nelze změnit. Tyto osobní zdravotní záznamy by mohly být zakódovány a uloženy na blockchainu pomocí soukromého klíče, takže k nim mají přístup pouze někteří jednotlivci, čímž je zajištěno soukromí [8].

3.4 Evidence majetku

Proces zaznamenávání vlastnických práv je jednak zatěžující, tak neefektivní. Fyzická listina musí být doručena státnímu zaměstnanci na místněpříslušný úřad, kde je ručně vložena do centrální databáze katastru.

Blockchain má potenciál eliminovat potřebu skenování dokumentů a sledování fyzických souborů v místní nahrávací kanceláři. Pokud je vlastnictví nemovitosti uloženo a ověřeno na blockchainu, majitelé se mohou spolehnout, že jejich skutek je přesný a trvale zaznamenaný [8].

3.5 Chytré smlouvy

Inteligentní smlouva je počítačový kód, který lze zabudovat do blockchainu za účelem usnadnění, ověření nebo vyjednání smluvní dohody. Inteligentní smlouvy fungují za určitých podmínek, se kterými uživatelé souhlasí. Jsou-li tyto podmínky splněny, automaticky se plní podmínky smlouvy.

Například: potenciální nájemce by si chtěl pronajmout byt pomocí chytré smlouvy. Pronajímatel se zavazuje předat nájemci kód dveří do bytu, jakmile nájemce zaplatí kauci. Nájemce i pronajímatel by poslali své příslušné části dohody do chytré smlouvy, která by podržela a automaticky vyměnila kód dveří za bezpečnostní zálohu v den zahájení pronájmu. Pokud pronajímatel neposkytne kód dveří do data pronájmu, inteligentní smlouva vrátí bezpečnostní zálohu [9].

3.6 Řetězec dodavatelů

Stejně jako v příkladu IBM Food Trust mohou dodavatelé použít blockchain k zaznamenání původu materiálů, které zakoupili. To by společně umožnilo ověřit pravost nejen svých produktů, ale také běžných štítků oznamujících původ regionálních potravin či fair-trade potravin [8].

3.7 Volby

Jak bylo uvedeno výše, blockchain by mohl být použit k usnadnění moderního systému hlasování. Hlasování pomocí blockchainu má potenciál eliminovat volební podvody a zvýšit volební účast. Použití blockchainu tímto způsobem by téměř znemožnilo manipulaci s hlasy. Protokol blockchainu by také zachoval transparentnost volebního procesu, snížil by personál potřebný k vedení voleb a úředníkům by poskytl téměř okamžité výsledky. To by odstranilo potřebu přepočítávání nebo jakékoli skutečné obavy, že by podvody mohly ohrozit volby [8].

4 Hlavní problémy blockchainu

Blockchain je příslibem znovuzrození obchodních procesů, je to stále vyvíjející se technologie s několika produkčními systémy na místě, nemluvě o problémech správy a zranitelnosti, které je třeba pochopit.

Zatímco blockchain poskytuje zabezpečení ve vztahu k integritě dat zaznamenaných na blockchainu, blockchain sám o sobě se, bez dalších technologií nebo systémů, nemůže chránit před neoprávněným přístupem, jako je narušení dat.

4.1 Mladý blockchain s mnoha softwarovými nedostatky

Dvě nejrozšířenější blockchainové platformy, Hyperledger a Ethereum, postrádají vyzrálou, což by mohlo představovat nepředvídatelné problémy při nasazení. Pro příklad lze možno uvést, že skript Etherea pro provádění chytrých kontraktů – Solidity – v současnosti nepodporuje použití desetinných teček, což by od vývojářů vyžadovalo, aby vytvořili řešení nebo začali znovu [10].

4.2 Problém s porozuměním blockchainu

Blockchain se často používá jako zkratka pro řadu doprovodných technologií, architektur, případů použití, a dokonce i filozofií.

Ve své nezákladnější podobě je to distribuovaná tokenizovaná aktiva, kryptoměny, kryptopeněženky, distribuované účetní knihy, chytré smlouvy a vlastní suverénní identity nebo databáze založená na peer-to-peer organizovaná sadou protokolů kombinovaných s blockchainem.

Stále je však mnoho společností, které tuto technologii zavádí ve fázi vysvětlování svým uživatelům, jak tato technologie funguje [11].

4.3 Ukládání dat

Jednou z největších předností blockchainu je jeho distribuovaná povaha typu zápis jednou, více připojení; lze jej snadno nasadit napříč různými uzly na webu, a přesto každý záznam obsahuje vlastní hash, díky čemuž je neměnný.

Distribuovaná účetní kniha prostřednictvím sítě založené na blockchainu může poskytnout bohatší a komplexnější historii transakcí, než jakou mohou uživatelé získat selektivním pohledem, pokud mají pouze interní systémy a možná nějaké černé listiny ke kontrole.

To však neznamená, že data související s transakcemi musí být součástí tohoto řetězce.

Pokud například uživatelé blockchainu zahrnou obrázky jako součást svých transakcí, objem dat by rychle rostl – stejně jako režie sítě, vzhledem k tomu, že úložiště dat pouze pro připojení se postupem času zvětšuje. Vzhledem k distribuované povaze blockchainu musí být všechna data replikována do všech uzlů v řetězci [11].

4.4 Problém škálování

Jedním z hlavních problémů, kterým blockchain čelí, je škálovatelnost neboli jeho schopnost růst bez spotřebovávání stále většího množství kapacity CPU a provádění transakcí téměř v reálném čase, jako je zúčtování plateb prostřednictvím kreditních karet.

Vzhledem ke své řetězové povaze musí být každý nový záznam vložený do blockchainu serializován, což znamená, že rychlost aktualizací je pomalejší než u tradičních databází, které mohou aktualizovat data paralelně [12].

4.5 Provozní problémy

Blockchain ze své podstaty neodstraňuje centrální orgány. Namísto důvěry v centrální orgán, jako je broker nebo centrální banka, aby usnadnili výměnu, musí účastníci důvěřovat designu a technologii blockchainového systému a pravidlům sítě.

Neeliminuje to potřebu nějaké formy správního orgánu pro stanovení, implementaci a vymáhání pravidel a pro reakci na neočekávané systémové výzvy a výjimky. Zatímco členové takového správního orgánu mohou být distribuovaní nebo decentralizovaní, bodem správy je stále potřeba řešit provozní problémy.

Řešení sporů nebo způsob, jak dosáhnout dohody, když se něco pokazí, také zůstává klíčovou otázkou správy. Účastníci blockchainu se například musí dohodnout na tom, jak budou dodržovat způsob fungování chytré smlouvy a co se stane v případě sporné smlouvy [13].

4.6 Sdílení informací

Veřejné blockchainy – nejrozšířenější forma – jsou otevřené a transparentní, což znamená, že každý v řetězci vidí každou transakci. To je případ bitcoinu.

Veřejné blockchainya mají také rodící se schopnost být odolnější proti neoprávněné manipulaci, protože se mohou rozrůst na tisíce (hypoteticky, dokonce miliony) uzlů, jako obrovský distribuovaný počítač. Čím více uzlů, tím obtížnější je pro špatného aktéra převzít kontrolu nad většinou výpočetního výkonu a buď zabránit novým transakcím v získání potvrzení, nebo vytvořit a potvrdit své vlastní záznamy; být toho schopen by umožnil hanebné chování, jako je dvojnásobné utrácení bitcoinů nebo jiných kryptoměn.

V dalším příkladu, pokud výrobce používá blockchain jako otevřenou účetní knihu pro své dodavatele, umožní jednomu dodavateli vidět všechny ostatní subdodavatele v řetězci.

Existují metody pro vytvoření exkluzivity na blockchainech, aby důvěrná nebo citlivá data viděli jen někteří uživatelé. Například Hyperledger, open-source blockchainový projekt pod Linux Foundation, používá „kanály“ nebo podřetězce, aby zajistil, že citlivé informace uvidí pouze někteří oprávnění uživatelé [11].

4.7 Chytré smlouvy nejsou ani chytré, ani smlouvy

Inteligentní nebo samovykonatelné smlouvy jsou obchodním automatizačním nástrojem postaveným na blockchainu. Jsou jednou z atraktivnějších funkcí technologie v tom, že jsou schopny odstranit administrativní režii. V podstatě, jakmile jsou splněny určité podmínky smlouvy, informace o příjmu, peníze, majetek nebo zboží jsou uvolněny automaticky.

Pojišťovna by například mohla pomocí chytrých smluv uvolnit peníze na pojistná plnění na základě událostí, jako jsou rozsáhlé povodně, vichřice nebo sucha. Nebo jakmile se nákladní zásilka dostane do vstupního přístavu a senzory IoT uvnitř kontejneru potvrdí, že obsah nebyl otevřen, skladován při správné teplotě atd., mohl by být automaticky vystaven nákladní list.

Chytré smlouvy však nejsou ani chytré, ani smlouvy v právním smyslu. V kombinaci s nedostatečnou vyspělostí blockchainového skriptovacího jazyka existuje pro programátory přirozeně strmější křivka učení, která by mohla vést k chybám nebo zranitelnostem.

Účastníci blockchainu se také musí dohodnout na tom, jak budou dodržovat způsob fungování smlouvy a co se stane v případě sporné smlouvy. Vytvoření nového obchodního procesu také vyžaduje dohodu o těchto podmínkách mezi různými uživateli a již nyní existují případy blokování projektů blockchainu, protože se lidé nemohou dohodnout na podmínkách, za kterých by měly fungovat. Jak je tedy blockchain o technologiích, je také o smluvních ujednáních [9].

5 Bezpečnostní hrozby

Technologie blockchain se v posledních letech stala populární. S výjimkou počáteční aplikace v kryptoměně se v současné době používá v oblasti nemovitostí, zdravotnictví, chytrých kontraktů a mnoha dalších oblastech.

Blockchain je založen na konceptech konsensu, decentralizace a kryptografie k potvrzení důvěry v jednání. Kvůli chybné implementaci technologie však vyvstalo několik bezpečnostních problémů blockchainu.

Mnoho lidí má pravdu poté, co věří, že blockchain je ze své podstaty bezpečný. Blockchain je jistě pro organizace přínosný, ale má značné nevýhody kvůli specifickým bezpečnostním hrozbám.

5.1 Útok Sybil

Při útoku Sybil hackeři generují různé falešné síťové uzly. pomocí těchto uzlů hacker získá většinový konsensus a naruší transakce řetězce. Výsledkem je, že rozsáhlý útok na Sybil není tak docela 51 % útokem [14].

5.2 Zranitelnosti koncových bodů

Zranitelnost koncových bodů blockchainu je dalším zásadním bezpečnostním problémem v zabezpečení blockchainu.

Konec blockchainové sítě je všude tam, kde uživatelé jednají s blockchainem: na elektronických zařízeních, jako jsou počítače a mobilní telefony. Hackeři budou sledovat chování uživatelů a zaměří se na zařízení, aby ukradli klíč uživatele. To může být jeden z nejviditelnějších bezpečnostních problémů blockchainu [14].

5.3 51 % útok

K 51 % útoku dochází, když jeden jednotlivec nebo organizace (zlomyslní hackeři) shromáždí 1/2 hash rate a zmocní se kontroly nad celým systémem, což může být zničující. Hackeři mohou změnit pořadí transakcí a zabránit jejich potvrzení. dokonce stornují dříve dokončené transakce, což povede ke dvojnásobné útratě [15].

5.4 Phishingové útoky

Cílem hackera při velmi phishingovém útoku je ukrást přihlašovací údaje uživatele. pošlou legitimně vypadající e-maily vlastníkovi klíče k peněžence. Uživatel je povinen zadat přihlašovací údaje prostřednictvím přiloženého falešného hypertextového odkazu. Přístup k přihlašovacím údajům uživatele a dalším citlivým informacím může vést k poškození jak uživatele, tak i blockchainové sítě. jsou také náchylné k následným útokům [16].

5.5 Směrování útoků

Blockchainová síť a aplikace spoléhají na pohyb obrovského množství znalostí v reálném čase. Hackeři mohou využít anonymitu účtu k zachycení dat, protože jsou přenášena poskytovatelům internetových služeb.

V případě směrovacího útoku si účastníci blockchainu obvykle neuvědomují hrozbu, protože přenos dat a operace probíhají tak, jak bylo běžné. Nebezpečí spočívá v tom, že tyto útoky často odhalí důvěrná data nebo získají měnu bez vědomí uživatele [14].

5.6 Soukromé klíče

Soukromý klíč nebo počáteční fráze je hlavním klíčem k vašim prostředkům. Pokud je váš soukromý klíč slabý, může to být pro hackera snadné uhodnout. To znamená, že by mohli získat přístup k vašim prostředkům.

Soukromé klíče by měly být uchovávány v tajnosti a dostatečně silné, aby je nebylo možné snadno uhodnout [16].

5.7 Problémy se škálovatelností

Technologie blockchain je stále v plenkách, a tak má problémy s kvantifikovatelností. To znamená, že síť bude v daném okamžiku zpracovávat pouze omezenou škálu transakcí. Existuje několik offline řešení (L2) a postranních řetězců, které můžete použít, abyste se vyhnuli problémům se škálovatelností [14].

5.8 Škodlivé uzly

Dalšími bezpečnostními problémy, kterým technologie blockchain čelí, je nebezpečí škodlivých uzlů. To se stane, jakmile se k síti připojí mizerný herec a pokusí se ji narušit. Zkusí to tak, že zaplaví síť transakcemi nebo se pokusí zvrátit platné transakce [14].

6 Závěr

Není pochyb o tom, že blockchain je v posledních letech nastupující technologií, zejména v oblasti informačních technologií díky své decentralizované platformě a peer-to-peer síti. Existuje pozoruhodný a významný prostor pro blockchain pro různé organizace, což podpoří vývoj takového spolehlivého, bezpečného a neměnného systému v této funkci.

Ačkoli to má problémy, které je třeba řešit, některé problémy již byly vylepšeny spolu s novým technologickým konceptem blockchainové aplikace, který se stává stabilnější. Přestože se jedná o značný počet výhod, obsahuje některé bezpečnostní problémy, které byly zdůrazněny v tomto článku.

Organizace musí řešit odpovídající problémy pro tuto novou špičkovou technologii a zároveň by měly být připraveny na přijetí technologie blockchain, která může snížit dopad na vedení jejich současných neefektivních systémů.

7 Poděkování

Tento článek byl podpořen grantovým projektem IGA/FAI/2023/002 „Ochrana obyvatelstva, měkké cíle a informační prostředí“ řešený v letech 2023-2024.

Reference

- [1] NAKAMOTO, Satoshi. *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. 2008. HN Publishing. ISBN 9781509491353
- [2] COLLOMB, Alexis a Klara SOK. Blockchain/Distributed Ledger Technology (DLT): What Impact on the Financial Sector? *Communications & Strategies*. Institut de l'Audiovisuel et de Telecommunications en Europe (IDATE), 2016, (103)
- [3] LIN, luon-Chang a Tzu-Chun LIAO. A Survey of Blockchain Security Issues and Challenges. *International Journal of Network Security*. 2017, 10(5), 53-659,. Dostupné z: doi:0.6633/IJNS.201709.19(5).01
- [4] SENGUPTA, Jayasree, Sushmita RUJ a Sipra DAS BIT. A Comprehensive Survey on Attacks, Security Issues and Blockchain Solutions for IoT and IIoT. *Journal of Network and Computer Applications*. 2020, 149. ISSN 10848045. Dostupné z: doi:10.1016/j.jnca.2019.102481

- [5] CAI, Cynthia Weiyi. *Disruption of financial intermediation by FinTech: a review on crowdfunding and blockchain*. 2018, 58(4), 965-992. ISSN 0810-5391. Dostupné z: doi:10.1111/acfi.12405
- [6] SHRIER, David. *Basic Blockchain: An Introduction to Blockchain and How It Will Change the Way We Work and Live*. Little, Brown Book Group, 2020, 224 s. ISBN 147214483X)
- [7] DALEY, Sam. *Blockchain Applications and Real-World Use Cases. Built In* [online]. 2022. Dostupné z: <https://builtin.com/blockchain/blockchain-applications>
- [8] MEOLA, Andrew. *The growing list of applications and use cases of blockchain technology in business and life. Insider Intelligence* [online]. Dostupné z: <https://www.insiderintelligence.com/insights/blockchain-technology-applications-use-cases/>
- [9] CONG, Lin William a Zhiguo HE. *Blockchain Disruption and Smart Contracts. The Review of Financial Studies*. 2019, 32(5), 1754-1797. ISSN 0893-9454. Dostupné z: doi:10.1093/rfs/hhz007
- [10] CACHIN, Christian. *Architecture of the hyperledger blockchain fabric. Workshop on distributed cryptocurrencies and consensus ledgers*. 2016, 4(310)
- [11] ATLAM, Hany F., Ahmed ALENEZI, Madini O. ALASSA a Gary B. WILLS. *Blockchain with Internet of Things: Benefits, Challenges, and Future Directio. I.J. Intelligent Systems and Applicatio*. 2018, (6), 40-48. Dostupné z: doi:10.5815/ijisa.2018.06.0
- [12] YANG, Rebecca, Ron WAKEFIELD, Sainan LYU, et al. *Public and private blockchain in construction business process and information integration. Automation in Construction*. 2020, 118. ISSN 09265805. Dostupné z: doi:10.1016/j.autcon.2020.103276
- [13] SCHAUPP, Ludwig Christian a Mackenzie FESTA. *Cryptocurrency adoption and the road to regulation. Proceedings of the 19th Annual International Conference on Digital Government Research: Governance in the Data Age*. New York, NY, USA: ACM, 2018, 2018-05-30, 1-9. ISBN 9781450365260. Dostupné z: doi:10.1145/3209281.3209336
- [14] OKSIIUK, Oleksandr a Iryna DMYRIEVA. *Security and privacy issues of blockchain technology. 2020 IEEE 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET)*. IEEE, 2020, 2020, 1-5. ISBN 978-1-7281-5566-1. Dostupné z: doi:10.1109/TCSET49122.2020.235489
- [15] SAYEED, Sarwar a Hector MARCO-GISBERT. *Assessing Blockchain Consensus and Security Mechanisms against the 51% Attack. Applied Sciences*. 2019, 9(9). ISSN 2076-3417. Dostupné z: doi:10.3390/app9091788
- [16] DE, Nikhilesh. *Bee Token ICO Stung by \$1 Million Phishing Scam. Coin Desk* [online]. 2018. Dostupné z: <https://www.coindesk.com/markets/2018/02/01/bee-token-ico-stung-by-1-million-phishing-scam/>