



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

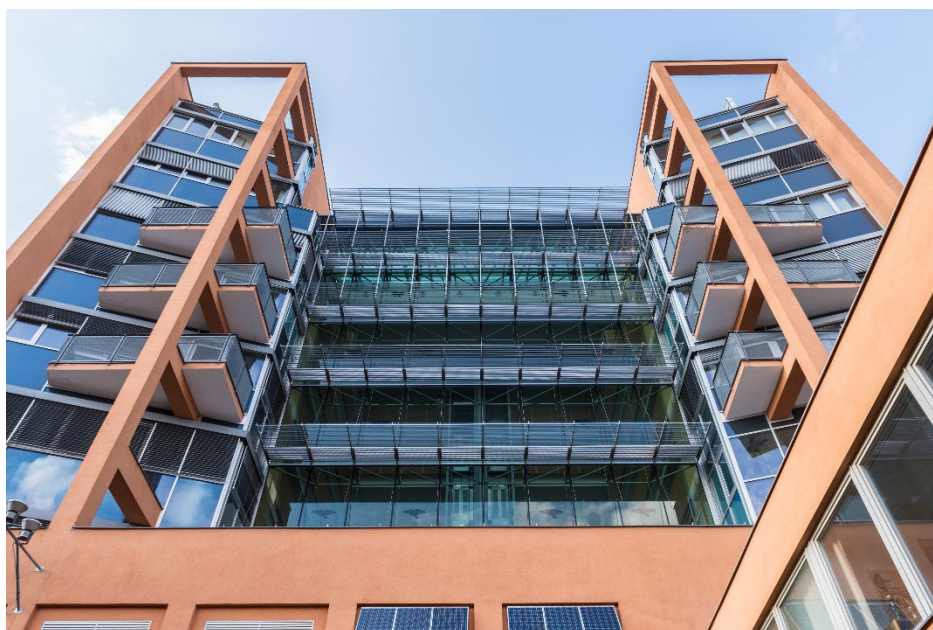
Žilinská univerzita v Žiline
Fakulta bezpečnostného inžinierstva

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta bezpečnostního inženýrství

Sborník přednášek

MLADÁ VĚDA 2024

XIX. ročníku mezinárodní konference mladých vědeckých pracovníků a doktorandů



22. – 23. dubna 2024

Zlín



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Žilinská univerzita v Žilině
Fakulta bezpečnostného inžinierstva

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta bezpečnostního inženýrství

Sborník přednášek

MLADÁ VĚDA 2024

XIX. ročníku mezinárodní konference mladých vědeckých pracovníků a doktorandů

22. – 23. dubna 2024

Zlín

MLADÁ VĚDA 2024

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

Editor: prof. Ing. Martin Hromada, Ph.D.

ISBN 978-80-7678-276-1

Nebyla provedena jazyková korektura.

Za věcnou správnost jednotlivých příspěvků odpovídají autoři.

Konference se koná pod záštitou

doc. Ing. Jiřího Vojtěška, Ph.D.

děkana Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně

ODBORNÝ GARANT KONFERENCE:

Martin HROMADA Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 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
Roman JAŠEK Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Česká republika
Petr KUČERA VŠB – Technická univerzita Ostrava, Česká republika
Tomáš LOVEČEK Žilinská univerzita v Žiline, Slovenská republika
Vladimír MÓZER Žilinská univerzita v Žiline, Slovenská republika
Balázs Vince NAGY Budapest University of Technology and Economics, Maďarsko
Jiří POKORNÝ VŠB – Technická univerzita Ostrava, Česká republika
Witalis PELLOWSKI Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych, Polsko
Marzena PÓLKA Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Polsko
David ŘEHÁK VŠB – Technická univerzita Ostrava, Česká republika
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:

Jana GARGULÁKOVÁ Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Česká republika
Stanislav KOVÁŘ Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Česká republika
Lukáš KOTEK Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Česká republika
Lukáš KRÁLIK Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Česká republika

Obsah

Posouzení teroristických útoků na železniční stanice Patricie Gamonová	8
Aspects of the application of risk managers in the sports business sector Kristián Furiak	17
Efektivita počtu členov Dobrovoľnej požiarnej ochrany Slovenskej republiky pre jednotlivé územia Adam Malatinský, Martin Hromada	28
Testování toxického účinku uhlíkatých sorbentů a jejich modifikací Melánie Barabášová, Petra Roupcová	39
Aplikácia požiarneho modelu pri určovaní odstupových vzdialeností stavieb Dorota Hodúlová, Stanislava Gašpercová, Michal Ballay	51
Best Practices for Authentication in Mobile Applications Mimi Enakome Oka, Martin Hromada, Radek Vala, Roman Jasek	60
Toxicita nanotextilií vznikajících jako odpad z respirátorů na korýších Daphnia Magna Jan Slaný, Petra Roupcová, Karel Klouda, Jiří Pavlovský	69
Riešenie evakuácie vybraných divadiel v historických objektoch Michal Huliak, Iveta Marková, Stanislava Gašpercová	77
Studium stárnutí otisků prstů Michal Indra	92
Hodnocení kultury bezpečnosti ve výrobních podnicích v ČR Hana Halíčková, Ivana Slováčková	103
Využitie dostupných online nástrojov na realizáciu simulovaných phishingových kampaní Matuš Madleňák, Katarína Kampová, Ľubomíra Sokolová	112
Implementace dokumentace zdolávání požáru pro objekty Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně: případová studie Centrum polymerních systémů Lenka Kouřilová	122

Plynné produkty tepelného rozkladu biologických materiálů spodního patra lesa, jako nová cesta detekce lesních požárů Kateřina Symonová, Hana Věžníková	130
Využitie digitálnych dvojčiat v oblasti kritickej infraštruktúry Michal Miške, Zdeněk Dvořák	139
Měření radiačního zatížení krajiny Aleš Navrátil	149
Vliv typu bezpečnostního značení na rychlost a pocit bezpečí osob při objektové evakuaci Stanisław Franek	173
Posudzovanie územných rizík s využitím informačných systémov Boris Kollár, Michal Tonhauser	181
Řešení následků mimořádných událostí v podnikovém prostředí Kristýna Schneiderová, Kamila Čížová	191
Hodnocení bezpečné evakuace při společenské hromadné akci Michal Dvořák	199
Optická hustota dymu polyuretánovej peny Katarína Košútová, Linda Makovická Osvaldová	209
Komunikace při řešení krizových situací v případě ochrany měkkého cíle Kamila Čížová, Kristýna Schneiderová	215
Východiska posuzování resilience Smart City Heidi Janečková	222
Vplyv elektromagnetického žiarenia na komunikáciu Bluetooth zariadení tvoriacich vnútorný polohovací systém Erika Skýpalová, Tomáš Loveček	228
Analýza důsledků a závislosti aktiv kybernetických útoků na energetickou infrastrukturu: Crashoverride a Stuxnet Ilja David	234
Laminární rychlost hoření hybridních směsí prachu kukuřičného škrobu a metanu při jiné než standardní počáteční teplotě Iris Helegda, Matouš Helegda, Jan Skřínský	244

Experimentálne testovanie variantov hasiacich diek pomocou veľko-rozmerových testov a termogravimetrickej analýzy Kristián Slašťan, Jozef Svetlík	251
Forenzní vědy: Van Goghovo tajemství a Monetova virtuální realita Irena Drofová, Milan Adámek	262
Prevention of secondary contamination in the intervention by analysing water from firefighting vehicle tanks Patrik Sirotiak	267
Posudzovanie a riadenie pracovných rizík. Aplikácia modelu ALrisk posudzovania a riadenia rizík BOZP Alena Kuricová	278
State of the art in capacitive multi-touch sensing used in large OLED displays Subramaniam Saravana Sankar, Stanislav Kovar	287
Prístup Českej republiky a vybraných zahraničných štátov k riešeniu problematiky negatívnej interakcie zariadenia na odvod dymu a tepla a sprinklerového stabilného hasiaceho zariadenia Alexandra Kardošová, Jiří Pokorný	294
Možnosti forenznej analýzy Blockchainovej siete pre verejný sektor Milan Feltovic	300
Strategické využití dopravních lost spaces pro řízení urbanizace Ondřej Ryška, David Řehák	307
Digitálne dvojča v ceste k zvyšovaniu bezpečnosti Bronislava Halúsková, Karin Nováková	315
Zlepšení možnosti ochrany dýchacích cest u dětí vytvořením prototypu dětského respirátoru Ružena Langová, Karel Klouda, Jiří Tílhon	327
Štatistický prieskum správ o závažných priemyselných haváriách za obdobie 2000–2020 v najrizikovejšom priemyselnom odvetví z databázy eMARS Samuel Kočkár	336

Posouzení teroristických útoků na železniční stanice

Patricie Gamonová¹

¹ VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství,
Lumírova 630/13, 700 30, Ostrava-jih - Výškovice, patricie.gamonova.st@vsb.cz

Abstrakt:

Vývoj terorismu sahá už 500 let před naším letopočtem, kde se objevovaly a postupně rozvíjely různorodé metody terorismu. Mezi metody se řadí například improvizovaná výbušná zařízení, střelba a útok z blízka, únosy, střela země-vzduch a chemické, biologické, radiologické a nukleární (CBRN) zařízení. Během etap se v terorismu inovoval modus operandi a vznikaly teroristické organizace, kdy na začátku 21. století se terorismus rozrostl do globálního měřítka. Teroristické útoky se zaměřují na měkké cíle, kde je vysoká koncentrace pohybu osob, a proto je důležité se zaměřit na jejich ochranu. Jedním takovým místem jsou železniční stanice. Teroristy lákají otevřené a nezabezpečené prostory a také vysoké množství osob. Není snadné zajistit jejich ochranu, aniž by to nezpůsobilo snížení úrovně pohodlí nebo dobu cestování. Příspěvek se zabývá posouzením teroristických útoků na železniční stanice na celou Evropu mezi roky 2000 a 2022. Současně článek obsahuje analýzu zjištěných informací se zaměřením na sumarizaci nedostatků v oblasti bezpečnosti železničních stanic. Závěrem článku, na základě provedené analýzy, jsou navržena opatření, která by zvýšila úroveň zabezpečení železničních stanic.

Klíčová slova: měkké cíle, terorismus, modus operandi, opatření

1 Úvod

Terorismus řadíme mezi problémy, které jsou v současné době neustále probírány. Vyvolává násilné emoce a odlišné názory. Teroristické útoky se zaměřují nejen na osoby, ale i také na instituce nebo země, s cílem vyvolat destrukci nebo paniku. Jedním z cílů je dopravní infrastruktura, zejména železniční doprava.

Železniční stanice znázorňují snadnou dostupnost, a proto je obtížnější jejich ochrana. V prostorách a jejich okolí je vysoká koncentrace pohybu osob a to dělá stanice zranitelné. Vlaky a samotné nádraží představují snadný přístup útočníkům a útoky tak mohou způsobit velkou újmu na životech. Důvody útoků mohou být osobní, politické nebo nenávisť vůči některé skupině či rase.

V článku nalezneme praktický přínos v provedené analýze teroristických útoků na železniční stanice, kdy stěžejní přínos je zaměřen na návrh opatření pro lepší zabezpečení železničních stanic. Primárním zdrojem pro zjištění informací je Global Terrorism Database (dále jen „GTD“).

2 Terorismus

Terorismus nemá jasnou definici, je chápán jako forma nátlaku, která může využít nebo hrozí použitím násilí za účelem šířit strach s cílem zisku cílů politických či ideologických. Terorismus se opírá o tzv. teroristickým „trojúhelníkem“ [1]:

- chtějí útočit, aby šířili strach,
- chtějí přesvědčit nebo přinutit,
- chtějí změnit postoj k nějaké věci nebo požadované politice.

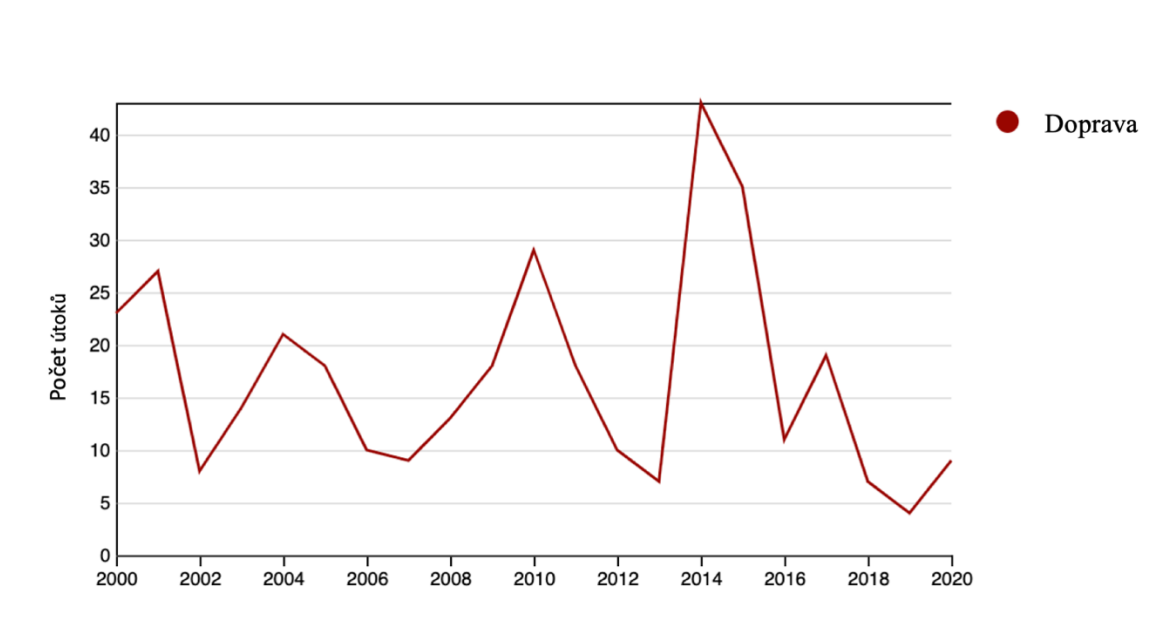
2.1 *Současný stav problematiky v České republice*

V České republice problematiku měkkých cílů shrnuje Koncepce ochrany měkkých cílů pro roky 2017- 2020 [2]. Cílem koncepce je vytvořit základ pro ochranu měkkých cílů a rychle reagovat na hrozby útoků. Jsou zde uvedeny pilíře ochrany měkkých cílů, mezi které spadá metodické vedení a vzdělávání, dotační podpora, komunikace, spolupráce a aktivní přístup Policie České republiky. Na prevenci útoků a omezování jejich dopadů se využívá Metodika základy ochrany měkkých cílů [3], kde se vyskytují opatření, která doplňují bezpečnostní předpisy nastavené státem. Metodika se primárně zaměřuje na opatření, která by měly být důsledně účelné, vzhledem ztrátám na životech, kreativní kvůli prostředkům, které mají měkké cíle k dispozici a flexibilní v závislosti na proměnlivosti prostředí. S tímto dokumentem je úzce spojen i dokument Vyhodnocení ohroženosti měkkých cílů [4], kde jsou obsaženy fáze postupu vyhodnocení míry ohroženosti měkkého cíle. Dále se zde popisují modus operandi pro jednotlivé zdroje hrozeb, které ohrožují měkké cíle v České republice. Přesto, že se Česká republika zabývá postupy, jak předejít teroristickým útokům, ne vždy je možné jim zamezit. Řešením následků proti incidentům, které nastaly existuje Metodika koordinace měkkého cíle pro fázi po bezpečnostním incidentu [5]. Cílem této metodiky je minimalizovat ztráty na životech a jejich škody. Dále je potřeba zabezpečit komunikaci se složkami integrovaného záchranného systému a dalšími institucemi. Nutností je zajistit základní potřeby zasaženému obyvatelstvu a shromáždit potřebné informace. Jak postupovat při takových nečekaných situacích se využívá tzv. koordinační plán (dále jen „KP“) Definuje postup managementu organizace, každý si KP zpracovává samostatně, při nastalé nečekané situaci. Při zpracování KP může probíhat konzultace s Policií České republiky, Hasičským záchranným sborem, obecním či krajským úřadem, případně dalšími subjekty.

2.2 *Terorismus v dopravní infrastruktuře*

Dopravní infrastruktura je z pohledu útočníka velice zranitelná. Jedná se o otevřenou oblast, kde se vyskytuje v předvídatelnou dobu na předvídatelných místech velké množství lidí. A nepodléhá velké kvalitě bezpečnosti jako například letecká doprava.[6]

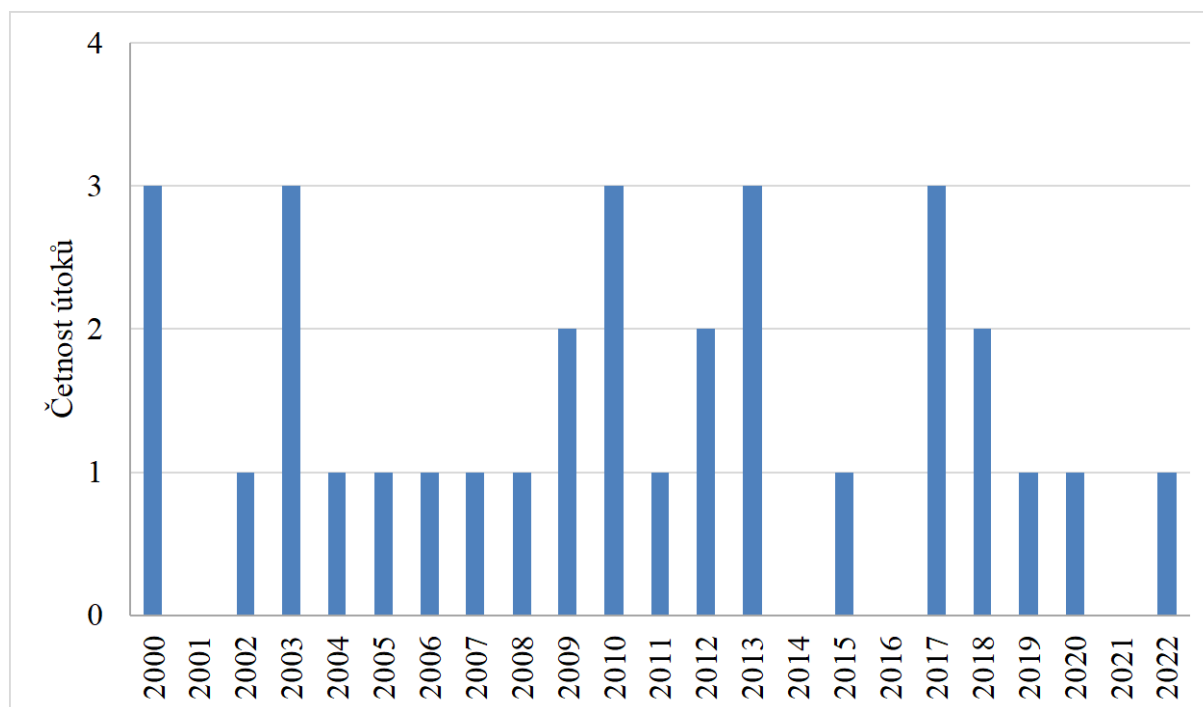
Pro evidenci teroristických útoků se využívá zdroj Global Terrorism Database (dále jen GTD). Obsahuje informace o teroristických útocích po celém světě od roku 1970 do roku 2020. Podle databáze GTD se mezi lety 2000 a 2020 odehrálo nejvíce teroristických útoků mezi rokem 2013 a 2015, jak zaznamenává obrázek 1. Dalo by se dedukovat, že šlo o válečný terorismus, jelikož na počátku dubna 2014 začala válka na východní Ukrajině. [7]



Obrázek 1. Teroristické útoky v dopravě v Evropě od roku 2000 do roku 2020. [7]

3 Posouzení teroristických útoků na železniční stanice

Na základě zjištěných skutečností z databáze GTD bylo mezi lety 2000 a 2022 zaznamenáno 32 teroristických útoků. [7] Po provedení analýzy bylo zjištěno 24 úspěšných teroristických útoků. Celkově bylo zaznamenáno přes 2000 zraněných a nejméně 250 obětí. Z obrázku 2 vyplývá, že nelze vypočítat žádnou závislost mezi počty útoků v jednotlivých letech. [6]



Obrázek 2. Graf počtu teroristických útoků na železniční stanice v Evropě od roku 2000 do roku 2022. [6]

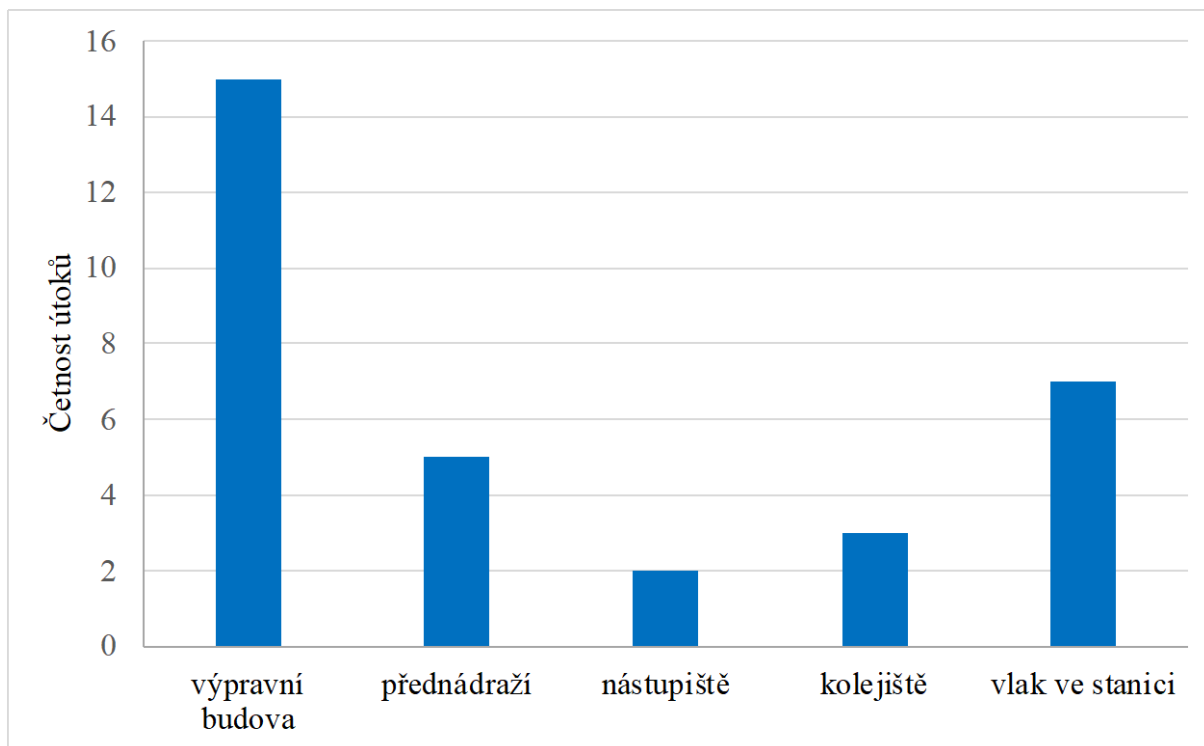
Teroristické útoky se odehrály celkově ve 12 zemích Evropy, mezi země patří Belgie, Francie, Chorvatsko, Irsko, Itálie, Nizozemsko, Německo, Rusko, Řecko, Španělsko, Ukrajina a Velká Británie. I přesto, že žádný teroristický čin nenastal v České republice, útoky se nenachází daleko jak znázorňuje obrázek 3. [6]



Obrázek 3. Počty teroristických útoků v konkrétních zemích. [6]

Mezi nejvíce zasaženou zemí teroristickými útoky je Španělsko. Mezi možné příčiny se může řadit například působení teroristické organizace ETA, spory mezi Katalánkem a Baskickem, vysoká koncentrace obyvatel a turistů a také fakt, že Španělsko patří mezi jednu z největších evropských destinací pro migranty. [6]

S ohledem na zranitelnost jednotlivých cílů je důležité zaměřit se také na samotné místo útoků. Bylo zjištěno, že nejčastějším místem útoku je výpravní budova, jak znázorňuje obrázek 4. [6]

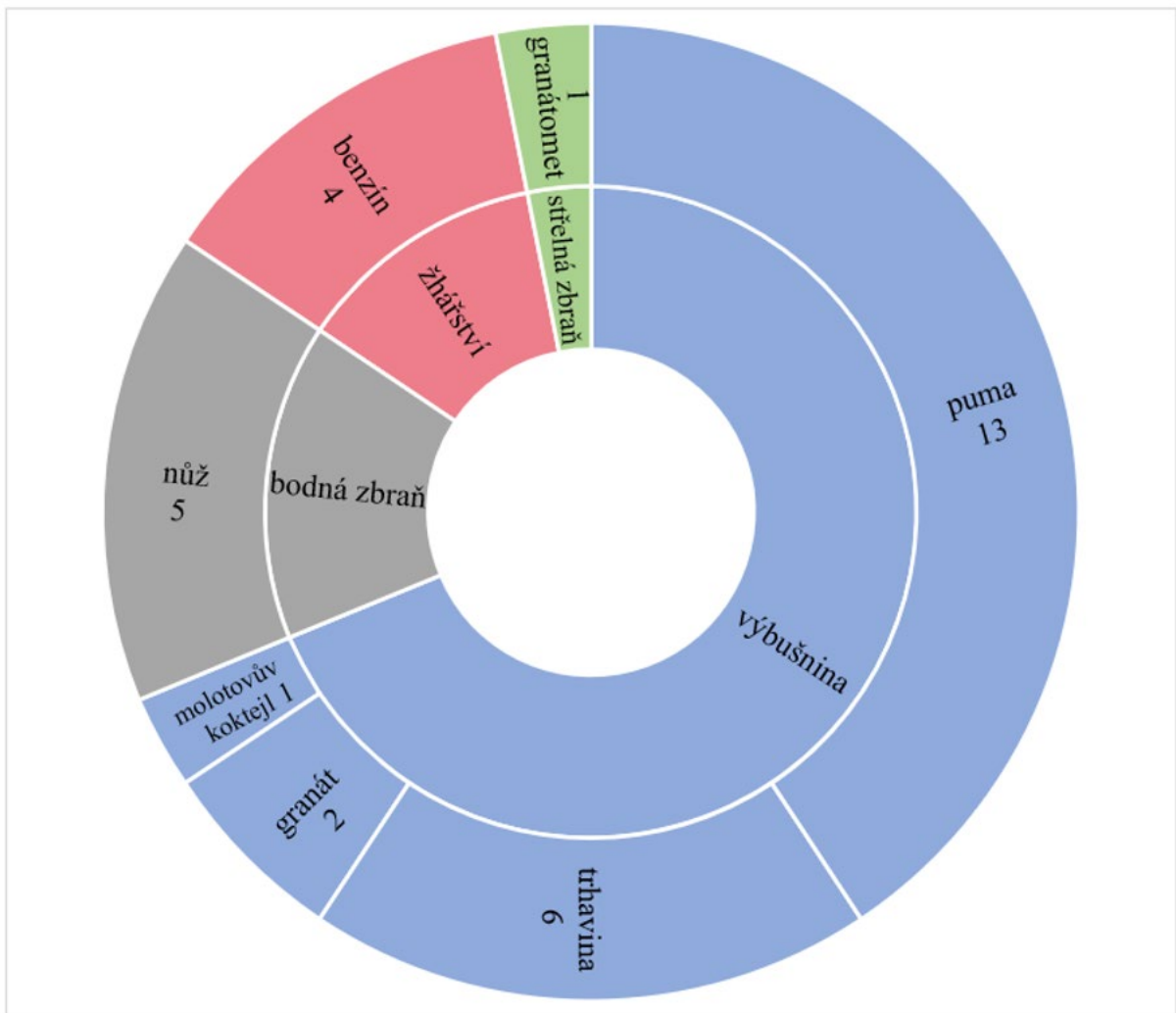


Obrázek 4. Graf nejčastějších míst útoků. [6]

Z celkového počtu 32 útoků byla skoro polovina, tj. 15 útoků provedených ve výpravní budově a jejím okolí. Důvodem vysokého počtu útoků může být z následujících důvodů [6]:

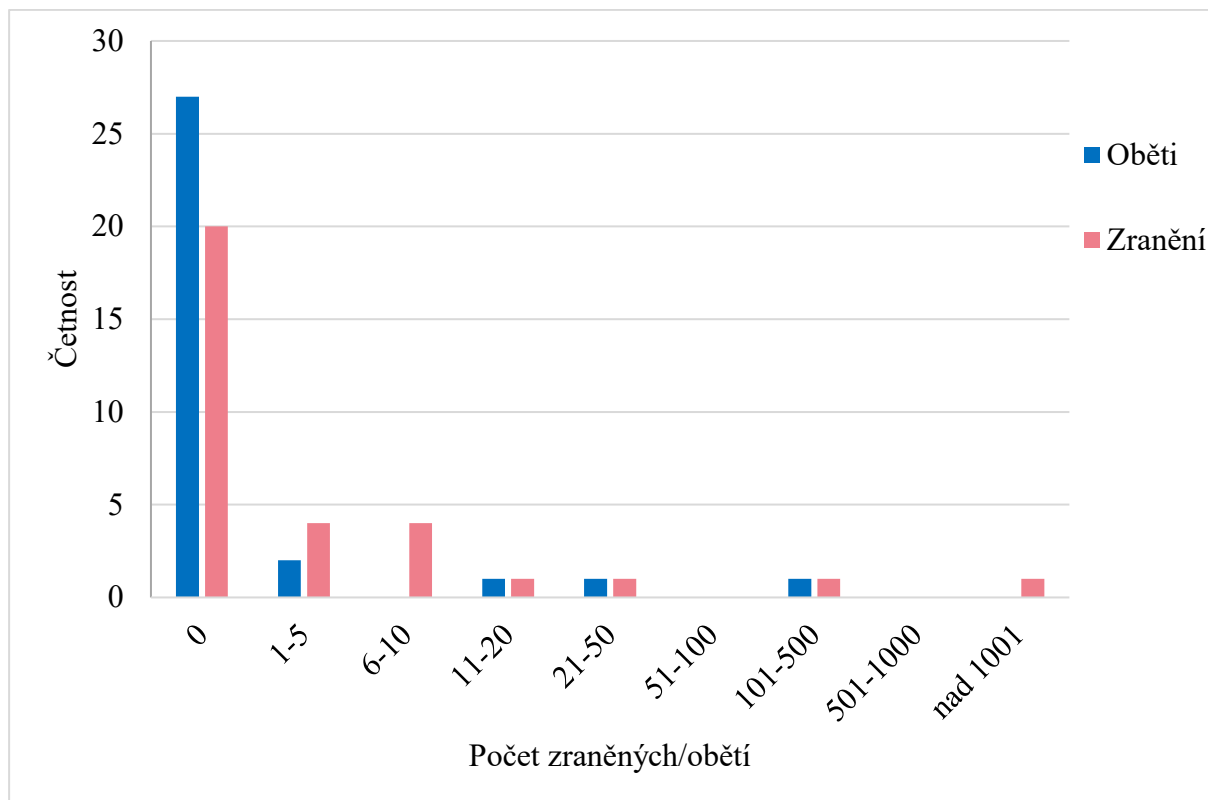
- vysoká frekvence a koncentrace pohybu osob,
- snadnost splnutí v davu,
- množství volně stojících zavazadel a dalších předmětů,
- síla útoku v uzavřeném prostoru,
- nízká míra zabezpečení,
- nehlídaný a nekontrolovaný vstup.

V následující fázi analýzy se lze zaměřit na jednotlivé teroristické útoky z pohledu modus operandi. Nejčastějším útokem je použití samotné výbušniny jak znázorňuje obrázek 5. Tento modus operandi způsobuje velké újmy na životech a majetku. Výbušninu lze uložit do batohu, tašky, obálky nebo také do odpadkového koše. V některých případech se lze setkat s výbušninou, která je upevněna na těle pachatele. Tyto činy můžeme řadit mezi předem připravené a často promyšlené. Dalším častým místem umístění výbušniny jsou samotná zavazadla nebo poštovní balíčky. Druhý nejvíce četný modus operandi je útok z blízka bodnou zbraní, za ním následuje žhářství a nakonec střelná zbraň. [6]



Obrázek 5. Graf modus operandi a využití zbraní. [6]

Obrázek 6 znázorňuje četnost obětí a zraněných, i přes vysoký počet zraněných a obětí útoků na železniční stanice mezi roky 2000 a 2022 nebyly všechny činy z pohledu útočníka úspěšné. Statistiku nejvíce ovlivňují teroristické útoky ze dne 11. března 2004, kdy byla uskutečněna série teroristických útoků na systém příměstských vlaků v Madridu. Zbytek útoků, které selhaly, nebyly dostatečně dobře naplánovány nebo nebyly dobře provedeny. [6]



Obrázek 6. Graf četností obětí a zraněných. [6]

3.1 Návrh opatření ke zvýšení bezpečnosti železničních stanic

Všechna navržená opatření nelze aplikovat plošně. Důvodem je zvýšení zabezpečení a tedy vysoké náklady ať už na zaměstnance, nové technologie nebo ochranné prostředky. Některá navržená opatření jsou určena spíše pro klíčové železniční stanice. [6]

Pro zavedení opatření je nutné se zaměřit na jednotlivé oblasti, například z pohledu modus operandi. První oblastí opatření je zabezpečení odpadkových košů, kde by se využila kovová mříž s dostatečně malou velikostí oka tak, aby bylo znemožněno vhození výbušniny skrze velikost mříže. Důležité je dbát také na to, aby byly dobře umístěny a nenacházely se v blízkosti hořlavých zařízení nebo ve skleněných prostorách, aby nedocházelo k větším škodám na majetku a ztrátám na životech. V dnešní době byly vyvinuty koše, které jsou odolné proti explozím. Jsou vyrobeny ze speciálního betonu, keramiky a oceli a tyto koše od roku 2010 se používají v České republice v pražském metru. [8] Při umístění výbušniny do zavazadel, je důležité být ostražitý a jakékoliv opuštěné zavazadlo nahlásit příslušným bezpečnostním složkám. K tomuto může pomoci plošné opatření formou tabule s návodem, které by se mohlo vyskytovat na stěnách ve výpravní budově, v čekárně nebo na nástupišti. Tabule by znázorňovaly postup, jak se zachovat při opuštěných zavazadlech. V návaznosti na to, je také důležité aplikovat pravidelná školení pro zaměstnance, aby měli zavedené postupy, které jsou potřeba dodržovat při zacházení s podezřelými předměty nebo osobami. Dalším možným, ale nákladnějším opatřením by byla kontrola železničních stanic bezpečnostními složkami s doprovodem psů, kteří umí vyhledávat výbušniny nebo nebezpečné látky. V neposlední řadě by se mohly využít detektory výbušnin, které umí vyhledávat výbušniny ve větším rozsahu. Nutno podotknout, že u těchto opatření

Lze opět spatřit vyšší náročnost na zavedení. Když se dostaneme k útoku z blízka lze znovu aplikovat opatření formou školení zaměstnanců a možnost využití speciální technologie na vyhledávání podezřelých osob a dokáže rozpoznat obličej. Kamery zaznamenávají podezřelé chování a identifikují osoby, které představují bezpečnostní hrozbu. S touto technologií pracuje letiště ve Spojených státech amerických. [9] Avšak, je důležité sestavit seznam podezřelých a nebezpečných osob. Proto byl sestaven akční plán [10] vytvořený Evropskou radou, kde mezi hlavní úkoly mimo jiné náleží vytvořit seznam podezřelých osob a organizací v Evropě. Proti žhářským útokům lze navrhnout využití protipožárních dveří, oken či jiných materiálů. Dále lze instalovat elektrickou protipožární signalizaci a sprinklery. [6]

Mezi další oblast pro navrhnutí dalších opatření je samotné místo útoku. Kromě již zmíněných navrhnutých opatření lze zařadit i další opatření jako jsou například [11]:

- zabezpečit místnosti určené pro zaměstnance proti vniknutí neoprávněných osob,
- implementace veřejných telefonů na stanici pro hlášení možných hrozeb,
- hlídkování a prohledávání stanice v častějších intervalech,
- monitorování vozidel, které se v blízkosti stanice nachází,
- přehled dodávek a dodavatelů pro zásobování ve stanici,
- detekční kontrola pomocí rentgenu nebo jiného detekčního zařízení zavazadel, které jsou uloženy v úschovně,
- vybudování nových nebo přestavba stávajících stanic pro zajištění lepší bezpečnosti,
- implementace místnosti pro kontrolu zavazadel,
- bližší spolupráce s integrovaným záchranným systémem zejména Policii České republiky
- turnikety pro vstup a výstup na/z nástupiště,
- vytvořit seznam možných hrozeb s následným proškolením personálu.

4 Závěr

Terorismus se nezaměřuje na železniční infrastrukturu v Evropě, ale po celém světě. Jejich útoky mají velký dopad na obyvatelstvo i majetek. Na základě zjištěných skutečností je zřejmé, že pachatelé zaměřují většinu svých útoků na cíle s nízkým nebo žádným zabezpečením. Z toho vyplývá, že bezpečnost měkkých cílů je důležitá a neměla by se podceňovat.

Článek se zaměřuje na posouzení teroristických útoků na železniční stanice. Stanovily se dvě hlavní charakteristiky a omezení. Oblast je zaměřena na celou Evropu, neboť Česká republika je součástí bezpečnostního prostředí Evropy. Aby byly výsledky co nejvíce kvalitní, stanovil se časový úsek mezi lety 2000 a 2022. Bylo zaznamenáno 32 teroristických útoků, z nichž 24 bylo úspěšných z pohledu pachatele. Na základě zjištěných informací byla navržena některá opatření, která by se dala aplikovat plošně a opatření, kde jsou vyžadovány větší finanční náklady pro klíčové železniční stanice.

Ačkoli žádný z teroristických útoků nebyl spáchán v České republice, tak se útoky odehrály v sousedních zemích. Z tohoto důvodu je nutné zvýšit pozornost a obezřetnost i v České republice. Článek může být nejen nápomocný k využití zabezpečení subjektům železničních stanic, ale také i v železniční infrastruktuře.

Poděkování

Tento výzkum byl podpořen VŠB – Technická univerzita Ostrava.

Reference

- [1] *Introduction to international terrorism*. United nations office on drugs and crime, 2018. 26 s.
- [2] *Koncepce ochrany měkkých cílů pro roky 2017-2020*. Ministerstvo vnitra České republiky, 2017. 32 s.
- [3] *Základy ochrany měkkých cílů - metodika*. Ministerstvo vnitra České republiky, 2016. 42 s.
- [4] KALVACH, Z. *Vyhodnocení ohroženosti měkkých cílů*. Ministerstvo vnitra České republiky, 2018. 40 s.
- [5] DAVID, BEN, K. *Metodika koordinace měkkého cíle pro fázi po bezpečnostním incidentu*, Centrum proti terorismu a hybridním hrozbám, 2001. 44 s.
- [6] GAMONOVÁ, P. *Posouzení teroristických útoků na železniční stanice*. Ostrava, 2023. Diplomová práce. Vysoká škola báňská. Fakulta bezpečnostního inženýrství. Katedra ochrany obyvatelstva. Vedoucí diplomové práce Simona Jemelková.
- [7] GTD [online]. Global terrorism database. [cit. 2024-04-04]. Dostupné z: <https://www.start.umd.edu/gtd/>
- [8] *Češi vyvinuli speciální koše odolné proti explozím* [online]. Česká televize. [cit 2023-02- 02] Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/domaci/1086429-cesi-vyvinuli-specialni-kose-odolne-proti-explozim>
- [9] *Video Surveillance for Airport Terminals* [online] CaseGuard [cit 2024-04-04] Dostupné z: <https://caseguard.com/articles/video-surveillance-for-airport-terminals/>
- [10] *Conclusions and Plan of Action of the extraordinary European Council meeting*. European Council, 2001. 5 s.
- [11] *Light Rail Security Recommended Best Practise*. London: Department for transport, United Kingdom, 2014. 69p.

Aspects of the application of risk managers in the sports business sector

Ing. Kristián Furiak¹

¹ Katedra krízového manažmentu, Fakulta bezpečnostného inžinierstva UNIZA, 1. mája 32, 010 26 Žilina, E-mail: kristian.furiak@uniza.sk

Abstract: The current sports industry is experiencing rapid development and growth in popularity both nationally and internationally. However, the development of this sector is associated with an increase in risk factors arising from the global economic, political and social situation. In this context, there is an increasingly urgent need to assess and strengthen the capacity of sports clubs to face these risks and the threats they pose. The positive impact of applying elements of risk management and risk managers is one of the best practice methods in other business sectors. Therefore, also in the context of sports organisations, it appears as one of the options to achieve a high level of resilience and sustainability. The aim of this paper is to identify aspects of the application of the risk manager in the sports business sector and ways of implementing elements of risk management with regard to the need to increase the level of resilience and sustainability of end sports clubs. The paper aims to identify the main functional areas of a sports organisation that determine the way risk management elements are applied. The conclusions will identify the main areas of the process of preparing and applying a risk manager in a sports club.

Keywords: Risk Management, Sports Business, Resilience, Sustainability, Sports Clubs

1 Introduction

Both professional and amateur forms of sport are currently experiencing a high increase in popularity among the general professional and lay public, making it possible to consider this phenomenon an integral part of modern society. Within it, sport and sporting activities fulfil several important functions in economic, social, psychological and health terms. With the growing popularity of both professional and amateur sport, the importance of sports entrepreneurship as a specific approach to the activities of sports organisations is also increasing. It is sport entrepreneurship that contributes significantly to the performance of the national economy, whether through job creation or supply chains in relation to sport-related goods and services. However, this rapid development is also associated with an increase in the importance of various factors that have significant impacts on the sport sector. With increasing globalisation, the international nature of sport is also growing. This brings to the fore the importance of systems of organisation of sport at national levels, which have a significant impact on the success of clubs in a competitive environment. The competition between clubs is thus growing, which affects not only the sporting results, but also the economic results, competition for sponsors and funding or the recruitment of quality athletes for their own clubs. The influence of other factors, both global and local, that affect the sport sector is also not negligible. Recent events such as pandemics, sports ground closures and event cancellations have caused significant economic

problems, increasing the need for effective risk management. In addition, sports organisations have to cope with the consequences of war conflicts and political decisions, further complicating their situation. All these aspects further highlight the current need for the sports sector to effectively implement tools capable of helping the organisation to ensure the achievement of desired results and sustainable development in the future. Although the mechanisms affecting sports organisations may be similar to those in other business areas, the environment in which these organisations operate has its own specificities that need to be considered when seeking solutions [1, 2, 3, 4, 5].

One way to ensure the resilience and sustainability of business continuity factors is to integrate elements of crisis management and business continuity management (BCM) into corporate structures to improve the management system [6]. BCM is a key management discipline that establishes measures to ensure the long-term resilience of an enterprise through a defined framework. Its incorporation into the corporate management system contributes to enhancing the performance of the enterprise while enabling a systematic approach to the organization of its resources and inventories. These resources and stocks can thus be effectively managed and used in the event of a crisis, contributing to the rapid stabilisation of the enterprise. Another important element in the context of global crises is crisis management and risk management systems. These systems are already well established in practice in ensuring business resilience [7, 8, 9, 10]. Crisis management, risk management and BCM are considered as key tools to strengthen resilience and protect companies and enterprises from various crisis situations as well as from human errors [11].

Empirical research methods will be used to achieve the stated objectives, in particular observation, study of literature and publications, and structured interviews where appropriate. These methods will enable a comprehensive view of the issue to be obtained. The subsequent application of analytical methods and scientific synthesis will be used to identify and define the main areas in the structure of the sports organisation that need to be targeted for risk management. Through the formulation of conclusions, the main areas that will need to be emphasised in the process of preparing and applying a risk manager in the management structure of a sports club will be identified, as well as aspects of the training of a risk manager within a sports club. This will ensure effective and purposeful risk management in the sporting environment.

2 Identification of significant factors of the sports sector in Slovakia

The current environment of sports organizations not only in Slovakia is determined by a large number of different factors acting on the organizations as a whole but also on their individual components. These factors may act independently or in complex synergistic relationships. In general, the factors at work can be divided into two main groups (Figure 1). External environmental factors originate outside the organisation itself and include the subcategories of the macro-environment and the sector environment. Internal environmental factors, on the other hand, have their origins within the sport organisation itself and are further divided into the subcategories of club processes, club resources and club culture [3]. From a risk management perspective, external and internal environmental factors can be considered as potential sources of risk and drivers of change taking place throughout the environment. Understanding the nature of these factors and applying the appropriate measures -

prevention or preparedness to respond - based on this understanding is key to the correct application of the relevant management tools.

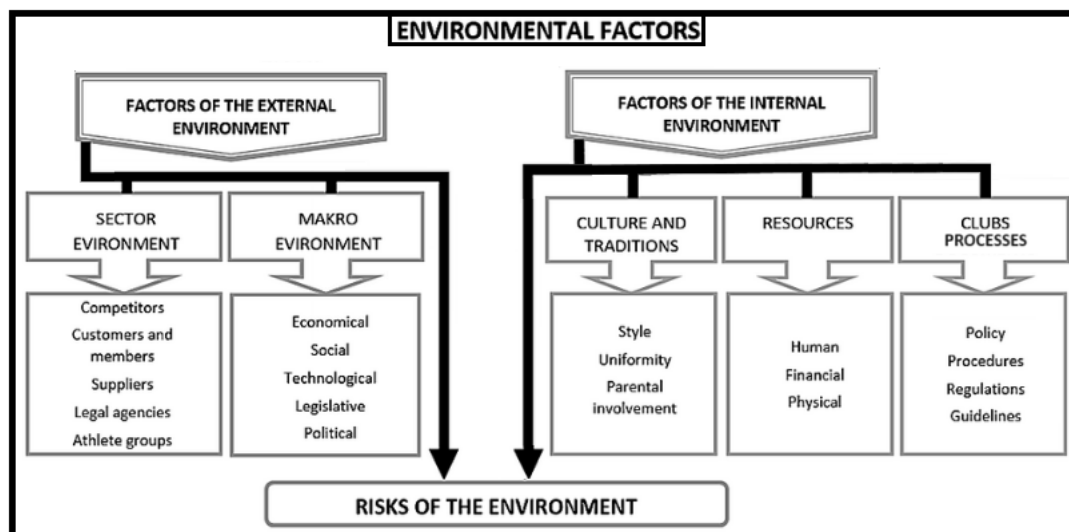


Figure 1 Schematic of the influence of environmental factors of sports organisations (adapted from Buganova et al. 2021, Varmus et al. 2019)

In the environment of the Slovak Republic, the issue of sports organisations and their functioning has become a socially significant topic, especially in the context of the crisis caused by the COVID-19 pandemic, when sports organisations found themselves in an unprecedented situation that fundamentally affected almost all areas of their functioning. However, based on data from the National Register of Sports Organisations, it can be stated that the sports sector has managed to recover quickly from the problems and has been able to continue to grow thanks to the popularity of sport. This fact is evidenced by the fact that within 9 months the number of sports organisations registered in the Slovak Republic increased from 7233 entities to 7749 entities, which represents an increase of more than 7%. Registered organisations are currently divided into seven categories according to their nature and functions, with different types of organisations having different representation (Table 1) [12, 13].

Table 1 Current status of registered sports organisations in the Slovak Republic

TYPE OF ORGANISATION	PRESENCE WITHIN THE SR
	Quantity
National Sports Organisation	7
National Sports Association	78
Provider of public funds	0
Recipient of public funds	0
Other sports organisations	514
Sports club	5993
Sports association	222
Uncategorised organisation	935

According to the Slovak Sports Portal administered by the Ministry of Education, Science, Research and Sport, there are currently a total of 349,358 natural persons registered in the Slovak Republic who are active in the field of sport, either within sports organizations or independently of them. A large number of these persons can be considered employees of sports organizations in various positions. According to the information from the portal, the activities of these persons are classified into several groups. As in the case of the register of organizations, a single natural person can be registered under several types of activity [12, 13].

2.1 Sport organisation and funding system

The organisational structure of sport plays an important role in the financing of sport itself, as it is the elements of the organisational structure that define the financial flows between them. In a context of increasing globalisation and competition between sports organisations at international level, the importance of these systems is also growing, especially in terms of the conditions they create for sports clubs. In general terms, four main types of organisational structure of sport at national level can now be distinguished [14]:

- State sector,
- Private sector,
- Active society sector,
- Voluntary sector.

From the point of view of the system of organisation and financing of sport, the system in force within the Slovak Republic can be classified as public sector. In such a composed system, the dominant position of state and public administration bodies with a significant influence of finances from the state budget and public sources is strongly manifested. State and public administration bodies participate in this system primarily at the national level through the involvement of ministries. At the regional level, public authorities are represented by municipalities, and at the local level mainly by cities and municipalities. The other major component of the system is represented by NGOs, which are represented at all three levels: national, regional and local. This system, in turn, forms the entire organisational scheme of sport within the Slovak Republic (Figure 2) and determines the main financial flows in the sport sector [5].

The financing of sport and sport organisations is one of the most important areas that have a direct impact on the development of sport in Slovakia. Recognised sports have the opportunity to receive a contribution from public sources, to collect membership fees and to raise funds through the organisation's own activities [15, 16]. Funding from public sources is implemented within the Slovak Republic by redistributing funds intended for this purpose according to the formula defined by Act No. 440/2015 Coll. as amended. Funding in this way applies only to the so-called recognised sports [15]. Act No 440/2015 Coll. states this formula in the form (Table 2):

$$P = (A \times KVVD + A \times KVVM) \times (B \times ZD + C \times ZZ) + (1 - 2 \times A) \times M23$$

Table 2 Coefficients of the formula for public funding of recognised sport

P	the proportion of the recognised sport concerned
A	the percentage weighting of the sporting achievement
B	percentage weighting of domestic interest in sport
C	percentage weighting of foreign interest in the sport
KVVD	the coefficient of significance of the result for sporting success in the adult category
KVVM	coefficient of the importance of the result for sporting success in the youth category
ZD	domestic interest in the sport concerned, based on opinion polls
ZZ	foreign interest in the sport concerned based on audience surveys
M23	the average number of active athletes in a recognised sport aged under 23

Further, public funding of sport is dependent on a funding scheme based on the organisational structure of sport and the relationships between them. This determines the direction of financial flows between public authorities and non-governmental (sport) organisations at national, regional and local levels [5]. The scheme of public funding of sport within the Slovak Republic is presented in Figure 2.

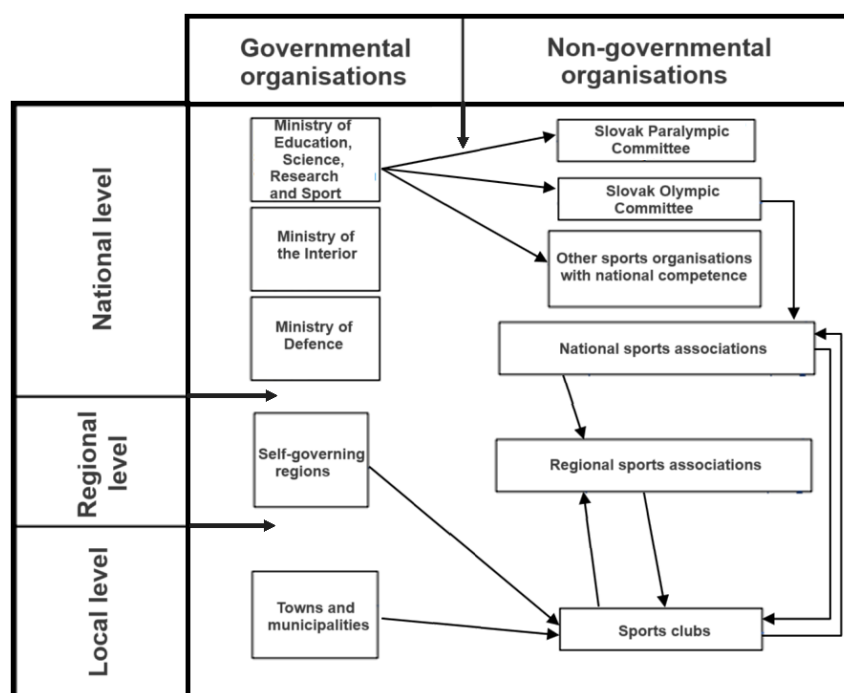


Figure 2 Organisational chart of the sports sector in Slovakia (adapted from Adámik 2020)

2.2 The main functional areas of sports organisation risk management

Contemporary sports business is a highly multidisciplinary sector and combines many aspects and areas. In such an environment it is important to perceive not only the individual factors acting on the organisation itself but also their synergies and the development of possible scenarios. In terms of management, sport organisations are specific in that they combine both business and sport aspects. These two aspects are ideally complementary and mutually supportive, so both should be considered

when managing an organisation. The sporting aspect of achieving good sporting results is primarily determined by the interest of fans, sponsors, public authorities and other stakeholders, who are a potential source of financial and other resources for the organisation to operate. The business aspect of good economic performance of an organisation further determines the interest and motivation of the athletes, the quality of the staff, the quality of the sports and training facilities and other factors that have a direct impact on the achievement of sporting results (Figure 3) [17, 18].

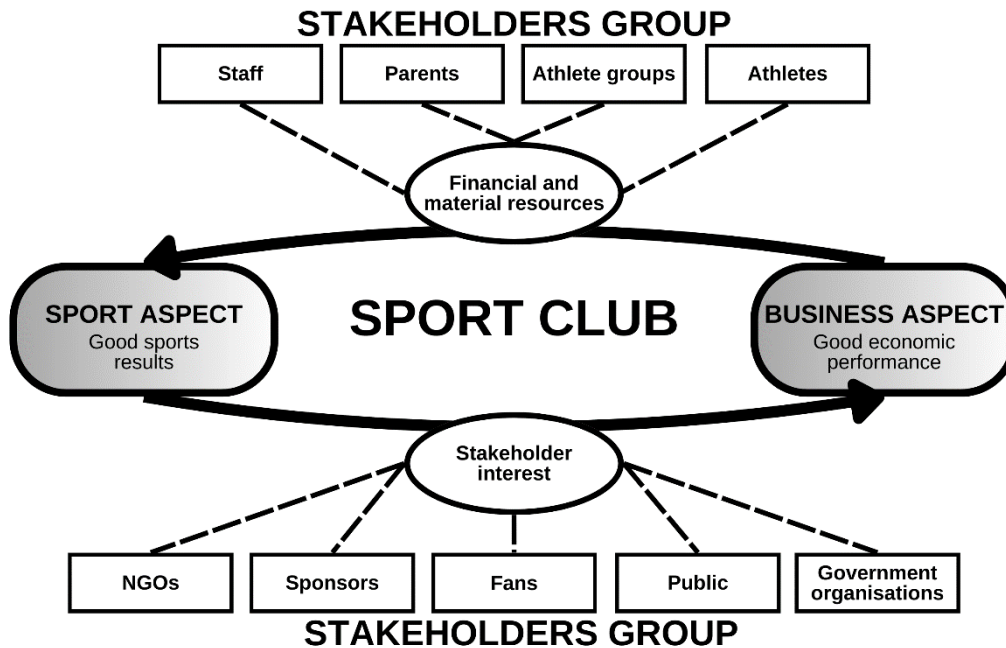


Figure 3 The dual nature of sports business with respect to stakeholder engagement

These two aspects characteristic of the functioning of sport organisations are further exposed to the strong influence of the environmental factors of the sport sector described in Figure 1. Their influence on sport organisations can be either direct or mediated by a stakeholder from the external or internal environment [18]. Similarly to conventional business organisations, the influence of the different environmental components on sport organisations can be observed from several perspectives determining the variability of their effects on different areas of the organisation. In addition to the economic, business, sport and performance areas, other areas such as research, development or technology are now significantly increasing in importance. Based on the differences in the national systems of organization and financing of sport, the influence of state authorities must be ranked among these factors, especially in terms of changes in legislation concerning sport organizations [19].

Based on the above described aspects and environmental factors of sports organisations, it is possible to identify the main functional areas that can act as potential sources of risk for sports clubs. These functional areas originate from external and internal environmental factors of sport organisations, from factors of the dual nature of sport organisations and from factors of the systems of financing and organising sport. Of these, a distinction is made between business risks, financial risks, regulatory risks, operational risks and other risks. Each category contains several subcategories and a division into external or internal risks (Figure 4) [19].

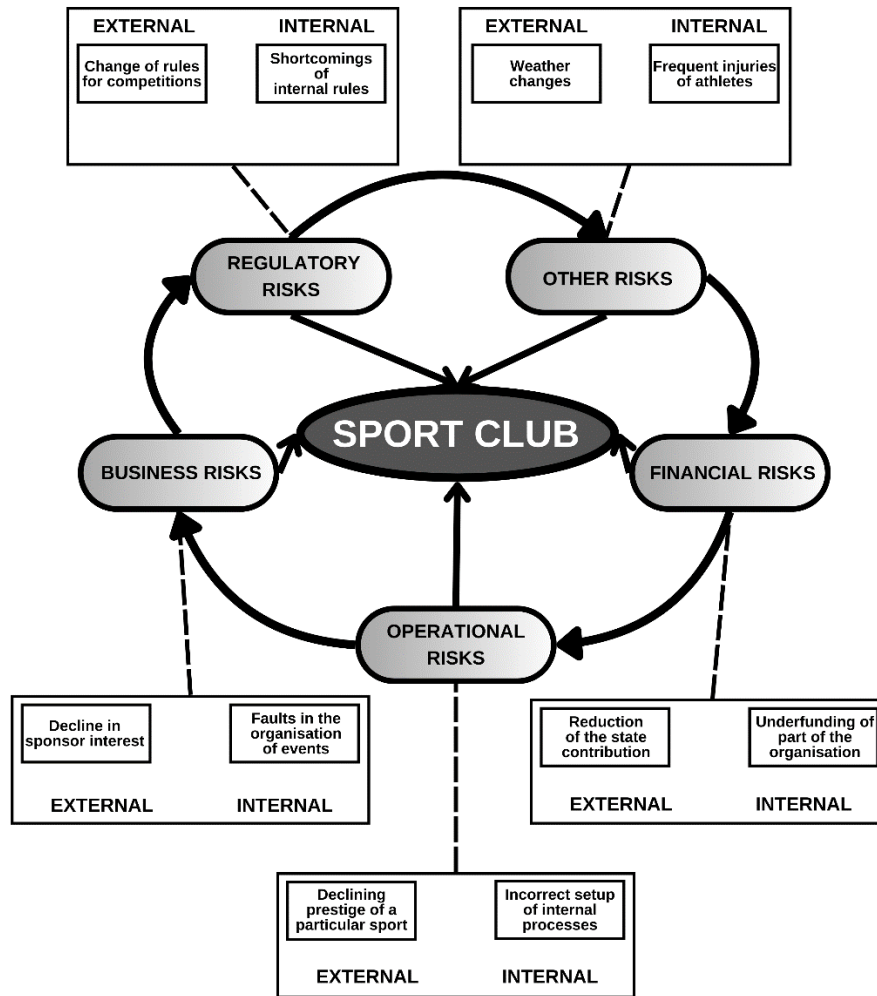


Figure 4 The main functional areas of risk management of a sports organisation and examples of specific risks (adapted from Beech et al. 2004)

Given the synergistic relationships in the environment of sport organisations, a high degree of variability in the risks themselves is also evident, which may be categorised into more than one of the defined risk groups given their variability. The variability of the environment itself also plays a major role, which is linked in particular to political changes and changes in the level of popularity of a particular sport among the general public.

2.3 Implementation of risk management elements

As a strongly multidisciplinary sector, the sports business sector is rapidly developing and changing in the context of current dynamic developments. In parallel with this development, the number of factors that directly enter the sector is also growing. In such a situation, risk management is also growing in importance as a tool for early preparation, prevention and streamlining the ability to cope with new situations. The idea of implementing risk management methods in a sports business environment is primarily based on the search for similarities between ordinary business and specific sports business. In general, those organisations that are able to achieve business success and good economic results are better placed to succeed in sport. However, it is also necessary to consider a number of specific

features that characterise entrepreneurship in sport. These include, for example, the relatively large number of stakeholders and interest groups whose satisfaction is a key aspect for the organisation itself [20, 21, 22]. There is now a wide range of principles, standards and practices that can be implemented into the risk management process. These include STN ISO 31000:2019, which is generally widely used and applied worldwide. Given the similarities between businesses and sporting organisations operating in the sport sector, it is possible to find some parallels that could be used when considering the application of this approach in a sporting organisation environment. Other approaches that represent potential resources for the application of risk management in the environment of sports organisations in the Slovak Republic include ARMS approaches and, in the case of large sports organisations, EWRM approaches [23].

Like businesses, sports organisations operate in a competitive environment that brings a range of risks affecting their operations. This creates scope for the application of risk management systems, the main role of which is to identify possible changes as potential sources of risk and to implement measures aimed at minimising them in terms of prevention or response. This system further helps to adapt ongoing activities so that, based on warning signals, the organization is able to take the necessary measures to treat a specific risk [24]. Based on previous research, it is possible to identify the main risks in which the management of sports clubs differs from the management of ordinary business entities. The most significant of these can be broadly classified as the following [14]:

- Lack of management skills and low knowledge of the environment,
- Insufficient evaluation of the achievement of objectives,
- Changes in legislation,
- Sports sanctions,
- Level and objectives of competition,
- Inappropriate management ambition,
- Limited resources.

Thus, the specific factors of the sports sector also place specific demands on sports club management. The risk manager in a sports organisation must understand the synergy of risk aspects and perceive the common context [25]. The application of a risk manager in a club depends on his/her position in the management structure, competencies, professional qualities and personality. Risk management processes require the manager to possess the necessary level of professionalism and to be able to apply formal methods and procedures. In specific situations, he/she is expected to be able to make independent decisions and come up with creative solutions. This is where his/her position and authority in the management structure of the organisation play an important role. His personality, willingness to take risks, and ability to bring unconventional solutions play an important role [26]. The current sports business environment places demand on innovation attractive to stakeholders. In this environment, the management of a sports organization must strive for innovative management in order to bring forward-looking ideas.

3 Conclusion

The environment of sports organisations as a dynamically developing segment of the national economy and social life carries a number of specific aspects that distinguish sports business from ordinary business. In the current era associated with increasing levels of globalisation, crises and adverse events, sports business has reached a point that requires an active search for elements and tools to ensure the sustainability and resilience of sports clubs. As the current state of this issue is, with few exceptions, unaddressed and thus there are no coherent specific crisis and risk management frameworks for sports business, it is necessary to examine the specificities of this segment and, based on these, to formulate requirements for the development of such a framework.

The results of the empirical research presented in this paper have highlighted the strong multidisciplinary nature of the sport organisation environment, which combines many aspects of business and sport, combining them into a unique whole. In particular, this combines four main forces acting on sports clubs:

- The state,
- Fans and the public,
- Athletes and sports professionals,
- Sponsors and the private sector.

Moreover, as the sports sector develops, the importance of sports business is becoming increasingly recognised and now plays as important a role as the sporting activities themselves and their outcomes. Business results determine sporting success, and sporting success is a fundamental pillar for achieving good business results. Stakeholders, divided into two main groups, enter significantly into this equation (Figure 3). The degree of realisation and the importance of business outcomes are directly influenced by the systems of funding and organisation of sport, which vary from country to country.

Based on the nature of the environment of sport organisations, it is possible to identify and define the main functional areas of crisis and risk management of the organisation. However, given the high degree of environmental variability, the risk factors contained in these areas may change over time, creating synergies and migrating between different areas. Therefore, the future risk management framework for sport organisations needs to be adapted to these realities. In particular, both the risk management framework and the risk managers themselves working in sport organisations need to be prepared to work in a multidisciplinary and variable environment that is highly susceptible to change. An important factor is that the risks inherent in the business nature of a sports club itself must also be viewed in terms of potential opportunities, not just threats. The management of a sports club must therefore also have a considerable degree of creativity and a willingness to take risks. Ideally, assuming that specific internal and external conditions allow it, they should be able to use risky changes in the environment to their advantage and bring about innovations that will give them a competitive advantage. With these assumptions in place, and given the right use of the future crisis and risk management framework for sports organisations, the long-term sustainability and resilience of the entire sports sector can be significantly enhanced.

Acknowledgement

The article was prepared with the support of the project APVV-20-0481 - Strategy of Sustainability of Sports Organization in the Slovak Republic; grant project UNIZA number 18765 and KEGA 034ŽU-4/2023 Implementation of the results of scientific research activities into the teaching process and the creation of new study materials at the II. level in the study programme Crisis Management.

References

- [1] Bganová, K., Hudáková, M., Furiak, K., 2022. Uplatnenie manažmentu rizík a krízového manažmentu v športovom podnikaní. In: Krízový manažment, vol. 21, iss. 2, pp.11-17. <https://doi.org/10.26552/krm.C.2022.2.11-17> citace 2
- [2] Bugarová, K., Brutovský, M., Slepecky, J., 2022. Increasing the competitiveness and sustainability of sports organizations through risk management. In: 86th International Scientific Conference on Economic and Social Development. Lisbon: Varazdin Development and Entrepreneurship Agency and University North, pp. 200-207.
- [3] Bugarová, K., Hudáková, M., Lusková, M., 2021. Manažment rizík v športových organizáciách [online]. FBI UNIZA, 2021 [cit.2023-05-18]. Retrieved at: <https://fbi.uniza.sk/uploads/files/1638890212-Bugarova-Hudakova-Luskova.pdf>
- [4] Hutchens, S., Stokowski, S., Lasater, K., Dittmore, S., 2020. Transformational Leadership in Club Sports. In: Kentucky SHAPE Journal, vol. 58, iss. 1, pp. 22-37.
- [5] Brázda, P., 2020. Komparace financování sportu České republiky a Slovenska s konkrétním příkladem financování na municipální úrovni (Brno – Bratislava). Master thesis. Brno: Fakulta sportovních studií, Masarykova univerzita.
- [6] Vasović, D., Stojanović, A. & Janačković, G. (2022). Analysis of risk and crisis management guidelines defined by various system standards and regulations at the glance of business continuity management. In: M&S 2022, vol. 17, iss. 1, pp. 1-6. ISBN 978-953-48331-5-5 (online). Retrieved at: https://www.european-safety-engineer.org/MS2014/MS-2022_Zbornik%201.pdf
- [7] Riglietti, F. G. (2022). Business continuity management as a key enabler of supply chain resilience: a conceptual paper. In: IFAC PapersOnLine, vol. 55, iss. 10, pp. 2197-2202. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.10.034>
- [8] Bajgorić, N., Turulja, L. & Alagić, A. (2022). Business Continuity Management, Disaster Recovery Planning: Compliance in Practice. In: Always-On Business. https://doi.org/10.1007/978-3-030-93959-5_4
- [9] Alshehhi, M. A., & Hamdan, M. N. Bin. (2022). Evaluating the Impact of Crisis Management Leadership on Business Continuity from An Islamic Perspective. In: International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences, vol. 12, iss. 9, pp. 122 – 142. Doi:10.6007/IJARBS/v12-i9/14743
- [10] Nyakato, E. & Alasan, I. I. (2022). Crisis Management Planning as a Management Technique for the Survival of Small and Medium Enterprises (SMES) in Uganda Crisis Management Planning.

- In: International Journal of Innovative and Research Technology, vol. 7, iss. 7, pp. 1370-1381.
Doi: 10.5281/zenodo.7003813
- [11] Ewertowski, T. (2022). A Standard-Based Concept of the Integration of the Corporate Recovery Management Systems: Coping with Adversity and Uncertainty during a Pandemic. In: Sustainability, vol. 14, iss. 3, pp. 1254. <https://doi.org/10.3390/su14031254>
- [12] Register právnických osob v športe [online]. Slovenský športový portál, 2023 [cit. 2023-05 18]. Retrieved at: https://sport.iedu.sk/Company/List?ActivityID=nat_sport_ass_apprvd_sport
- [13] Register fyzických osob v športe [online]. Slovenský športový portál, 2023 [cit. 2023-05 18]. Retrieved at: <https://sport.iedu.sk/Company/List>
- [14] Adámik, R. Strategické riadenie v športových organizáciách. Dissertation thesis. Žilina: Fakulta riadenia a informatiky, Žilinská univerzita v Žiline.
- [15] Zákon č. 440/2015 Z.z. o športe, v znení neskorších predpisov
- [16] Baroš, D., 2018. Management v športovom klube. Bachelor thesis. Brno: Vysoká škola Karla Engliša.
- [17] Čáslavová, E., 2020. Management a marketing sportu 21. století. Jesenice: Ekopress. ISBN 978-80-87865-62-0
- [18] Varmus, M., P. Ferenc, M. Kubina, 2019. Manažment športových organizácií. Žilina: Edis - vydavateľské centrum ŽU. ISBN 978-80-554-1570-3
- [19] Beech, J., Chadwick, S., 2004. The business of sport managment. Harlow: Pearson Education Limited. ISBN 978-0-273-72133-8
- [20] Hutchens, S., Stokowski, S., Lasater, K., Dittmore, S., (2020). Transformational Leadership in Club Sports. In: Kentucky SHAPE Journal, vol. 58, iss. 1, pp. 22-37.
- [21] Pellegrini, M.M. et al., 2020. Sport entrepreneurship: A synthesis of existing literature and future perspectives. In: International Entrepreneurship and Management Journal. Vol. 16, iss. 3, pp. 795-826. ISSN 1554-7191
- [22] Tükel, Y., 2020. SPORTS ENTREPRENEURSHIP [online]. [cit. 2023-01-11]. Retrieved at: https://www.researchgate.net/publication/344339115_SPORTS_ENTREPRENEURSHIP
- [23] Furiak, K., 2022. . Manažment rizík pri realizácii projektu v podniku. Master thesis. Žilina: Faculty of Safety Engineering, University of Žilina.
- [24] Janasová, D., 2016. Možnosti systému včasného varovania ako nástroja identifikácie zmien v prostredí podniku [online]. FBI UNIZA, 2016 [cited 2022-05-30]. Retrieved at: <https://www.fbi.uniza.sk/uploads/Dokumenty/weby/rks-archiv/2016/articles/Janasova.pdf>
- [25] Ratten, V., 2018. Sport Entrepreneurship. Melbourne: Springer. ISBN 978-3-319-73009-7
- [26] Hudáková, M., Bugarová, K., Míka, V. T., Masár, M., 2021. Integrovaný systém manažmentu rizík v podniku. Žilina: EDIS. ISBN 978-80-554-1759-2

Efektivita počtu členov Dobrovoľnej požiarnej ochrany Slovenskej republiky pre jednotlivé územia

Ing. Adam Malatinský, doc. Ing. Martin Hromada, Ph.D.²

¹ Ústav bezpečnostního inženýrství, Fakulta aplikované informatiky, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Nad Stráněmi 4511, 760 05 Zlín, a_malatinsky@utb.cz

² Ústav bezpečnostního inženýrství, Fakulta aplikované informatiky, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Nad Stráněmi 4511, 760 05 Zlín, hromada@utb.cz

Abstrakt:

Dobrovoľná požiarňa ochrana SR ako záchranná zložka, ktorá je v úzkom spojení s Hasičským a záchranným zborom SR a integrovaným záchranným systémom SR vykonáva svoju činnosť dobrovoľne. V súčasnosti nie je žiadnou právnou legislatívou stanovený minimálny alebo odporúčaný počet členov Dobrovoľnej požiarnej ochrany SR pre dané územie. Legislatíva v rámci Dobrovoľnej požiarnej ochrany SR rieši iba minimálne počty členov pre hasičské jednotky a pre vznik dobrovoľných hasičských zborov. Článok sa zaoberá problematikou ohľadom počtu členov a prostredníctvom konkrétnych kritérií pre jednotlivé územia SR vyhodnocuje efektivitu počtu členov Dobrovoľnej požiarnej ochrany SR. Celkovo ide o 3 druhy kritérií v rámci Dobrovoľnej požiarnej ochrany SR aplikovaných na 3 typy konkrétnych území – oblasti, kraje a okresy SR. Výsledok článku má okrem vyhodnocovacej časti i komparačný charakter medzi jednotlivými územia SR. Konkrétne výsledky pre jednotlivé územia SR majú v súčasnosti informačný charakter pre určovanie efektívnosti členov Dobrovoľnej požiarnej ochrany SR, ktoré taktiež vyhodnocujú potrebu zvýšenia počtu členov alebo v opačnom prípade charakterizujú významnosť dopadu v rámci zníženia počtu členov. V budúcnosti v rámci výskumu je plánom tvorba komplexnej metodiky hodnotenia členskej základne Dobrovoľnej požiarnej ochrany SR, ktorá by obsahovala radu ďalších koeficientov pre konkrétnejšie a presnejšie výsledky.

Kľúčové slová: Požiarňa ochrana; Dobrovoľná požiarňa ochrana; Počet členov; Územie; Efektivita

1 Úvod

Článok sa zaoberá analýzou a hodnotením efektivity počtu členov Dobrovoľnej požiarnej ochrany Slovenskej republiky (skratka DPO SR), kde v prvej kapitole popisuje DPO SR, jej základné úlohy a hlavné typy činností. Ďalšia kapitola definuje jednotlivé územia SR na ktorú úzko nasleduje ďalšia časť samotného počtu členov DPO SR pre jednotlivé územia SR. Nasledujúca kapitola sa zaoberá stanovením jednotlivých kritérií a ich aplikácia pre jednotlivé územia SR. Posledná kapitola vyhodnocuje a popisuje celkový výsledný stav na základe daných kritérií.

2 Dobrovolná požiarňa ochrana Slovenskej republiky

DPO SR sa zaoberá ochranou zdravia, života a majetku, ktorú vykonávajú jej členovia [1]. Do DPO SR patria obecné alebo mestské hasičské zbory nazývané ako dobrovoľné hasičské zbory alebo dobrovoľné hasičské zbory obce alebo mesta. Taktiež do tejto kategórie patria závodné hasičské zbory, ktoré vykonávajú svoju činnosť primárne v rámci svojho podniku. Medzi zákony a vyhlášky, ktoré upravujú DPO SR patria zákony týkajúce sa ochrany pred požiarimi, Hasičského a záchranného zboru SR, prevencii, Integrovaného záchranného systému SR a dobrovoľnej požiarnej ochrany [2]. Medzi základné úlohy patria: zásahová činnosť členov pre likvidáciu a zníženie pôsobenia mimoriadnych udalostí, civilná ochrana obyvateľov, konanie preventívnych a taktických cvičení, vzdelávacia, sociálna a kultúrna činnosť, organizovanie športovej činnosti zameranej na ochranu pred požiarimi, cezhraničná spolupráca, výchova obyvateľstva pre deti a mládež v rámci požiarnej ochrany, ochrana a obnova životného prostredia, vykonávanie prevencie pre prípad mimoriadnych udalostí a ďalšie iné činnosti. Medzi hlavné typy činností členov DPO SR patria: hasenie požiaru, riešenie dopravnej nehody, povodne a záplavy, evakuácia, likvidačné činnosti, riadenie prevádzky na ceste, poskytnutie prvej pomoci a veľa ďalších činností. DPO SR veľmi intenzívne spolupracuje s Hasičským a záchranným zborom SR a taktiež s Integrovaným záchranným systémom SR [3].

3 Územia Slovenskej republiky s počtom členov DPO SR

Pre stanovenie výsledného stavu počtu členov DPO SR je dôležité stanoviť merané územia. Pre potreby vyhodnotenia sa budú hodnotiť počty členov oblastí, krajov a okresov Slovenskej republiky.

3.1 Slovenská republika

Slovenská republika má evidovaných 80 106 členov DPO SR [4]. Z toho vyplýva, že priemerný počet členov DPO SR pre 1 oblasť je 26 696 členov, pre 1 kraj 10 011 členov a pre 1 okres 1014 členov DPO SR.

3.2 Oblasť

Oblasti sa rozdeľujú na 3 časti: západné Slovensko, stredné Slovensko a východné Slovensko. Západné Slovensko sa skladá zo 4 krajov (Bratislavský, Trnavský, Trenčiansky a Nitriansky), stredné Slovensko z 2 krajov (Žilinský a Banskobystrický) a východné Slovensko taktiež z 2 krajov (Prešovský a Košický). Západné Slovensko má 27 717 členov DPO SR, čo predstavuje podiel 34,61%, stredné Slovensko má 27 683 členov DPO SR čo predstavuje podiel 34,57% a východné Slovensko má 24 686 členov DPO SR, čo predstavuje podiel 30,82% [4].

3.3 Kraj

Kraj je definovaný ako vyšší územný celok samosprávy SR [5]. Slovenská republika má 8 krajov podľa jednotlivých krajských miest: Bratislavský, Trnavský, Trenčiansky, Nitriansky, Žilinský, Banskobystrický, Prešovský a Košický. Bratislavský kraj má 8 okresov, Trnavský kraj má 7 okresov, Trenčiansky kraj má 9 okresov, Nitriansky kraj má 7 okresov, Žilinský kraj má 11 okresov, Banskobystrický kraj má 13 okresov. Prešovský kraj má 13 okresov a Košický kraj má 11 okresov. Konkrétne počty členov DPO SR jednotlivých krajov i s podielmi sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 1. Počet členov DPO SR jednotlivých krajov SR [4, upravené]

Oblasť	Kraj	Počet členov DPO SR	Podiel (%)
západné Slovensko	Bratislavský	2 791	3,49
	Trnavský	8 414	10,51
	Trenčiansky	10 983	13,71
	Nitriansky	5 549	6,93
stredné Slovensko	Žilinský	16 796	20,97
	Banskobystrický	10 887	13,59
východné Slovensko	Prešovský	17 571	21,94
	Košický	7 115	8,86
SPOLU		80 106	100

3.4 Okres

Okres je územný celok patriaci ku kraju. Slovenská republika má 79 okresov. Počet členov DPO SR pre jednotlivé okresy i s podielom je uvedený v evidencii DPO SR. Niektoré okresy sú pospájané ako celkové obvody pre nižšie počty jednotiek.

3.5 Obec

Obec je základná jednotka územnej samosprávy SR [5]. SR má 2927 obcí. Územie obce sa nebude vyhodnocovať v rámci počtu členov DPO SR, pretože nie každá obec má zriadenú jednotku DPO SR a zároveň by išlo o veľmi komplexné výsledky.

Celkový počet členov DPO SR sa neustále mení, no z dlhodobejšieho časového horizontu ide o veľmi malé percento nakoľko tak ako prichádzajú noví členovia, tak i ubúdajú. Zmeny počtu členov DPO SR sa výraznejšie môžu meniť na úrovni jednotlivých obcí, ale len minimálne na úrovniach okresov, krajov alebo oblastí.

4 Stanovenie kritérií počtu členov DPO SR

Na základe početných stavov jednotlivých území SR je dôležité určiť potrebné kritéria. Kritéria sa budú určovať pre každý typ územia zvlášť. Kritéria podľa ktorých sa bude určovať výsledný stav sú:

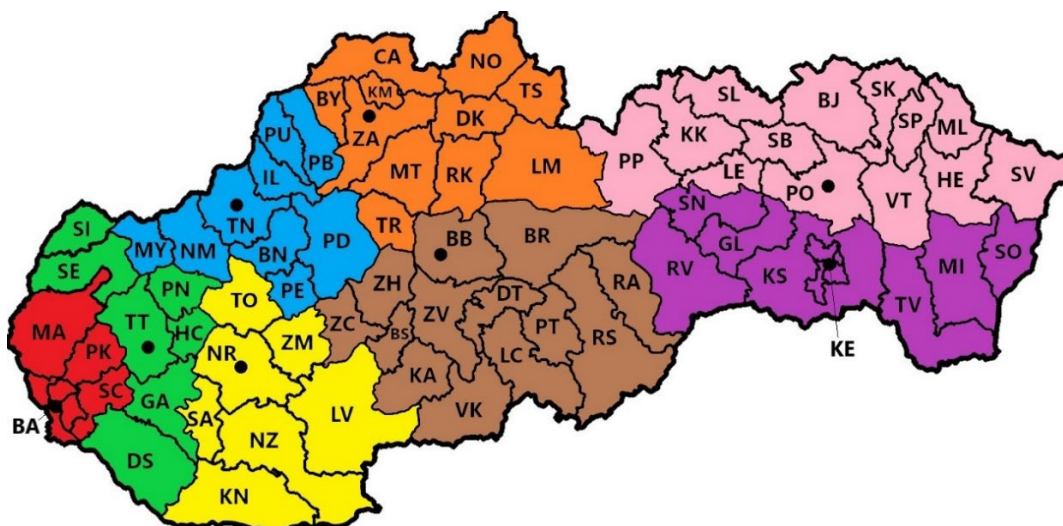
- Kritérium A – počet obyvateľov územia (K_A),
- Kritérium B – rozloha územia (K_B),
- Kritérium C – počet zásahov hasičských jednotiek DPO SR (K_C).

K vyhodnoteniu celkového výsledného stavu boli vybrané tieto kritéria, nakoľko ide o dostupné informácie, či už zo štatistického úradu, evidencie DPO SR alebo z prezídia DPO SR.

Celkový výsledný stav je vyjadrený zjednotením všetkých troch kritérií.

$$\text{Celkový výsledný stav} = K_A + K_B + K_C \quad (1)$$

Výsledné stavy jednotlivých kritérií a celkový výsledný stav budú taktiež zobrazené graficky na mapách SR. Na obrázku 1 je zobrazená Slovenská republika s kraji a okresmi. Kraje sú zobrazené v rozličných farbách a okresy 2 písmenami.



Obrázok 1. Slovenská republika s označením krajov a okresov

Na obrázku 1 sú zobrazené jednotlivé okresy a kraje. Bratislavský kraj je zobrazený v červenej farbe, Trnavský kraj v zelenej farbe, Trenčiansky kraj v modrej farbe, Nitriansky kraj v žltej farbe, Žilinský kraj v oranžovej farbe, Banskobystrický kraj v hnedej farbe, Prešovský kraj v ružovej farbe a Košický kraj vo fialovej farbe. Označenie jednotlivých skratiek okresov je pre prehľadnosť zobrazené v tabuľke 2.

Tabuľka 2. Skratky okresov

Skratka	Okres	Skratka	Okres	Skratka	Okres
BA	Bratislava	LM	Liptovský Mikuláš	SA	Šaľa
BB	Banská Bystrica	LV	Levice	SB	Sabinov
BJ	Bardejov	MA	Malacky	SC	Senec
BN	Bánovce nad Bebravou	MI	Michalovce	SE	Senica
BR	Brezno	ML	Medzilaborce	SI	Skalica
BS	Banská Štiavnica	MT	Martin	SK	Svidník
BY	Bytča	MY	Myjava	SL	Stará Ľubovňa
CA	Čadca	NR	Nitra	SN	Spišská Nová Ves
DK	Dolný Kubín	NM	Nové Mesto nad Váhom	SO	Sobrance
DS	Dunajská Streda	NO	Námestovo	SP	Stropkov
DT	Detva	NZ	Nové Zámky	SV	Snina
GA	Galanta	PB	Považská Bystrica	TT	Trnava
GL	Gelnica	PD	Prievidza	TN	Trenčín
HC	Hlohovec	PE	Partizánske	TO	Topoľčany
HE	Humenné	PK	Pezinok	TR	Turčianske Teplice
IL	Ilava	PN	Piešťany	TS	Tvrdošín
KA	Krupina	PO	Prešov	TV	Trebišov
KE	Košice	PP	Poprad	VK	Veľký Krtíš
KK	Kežmarok	PT	Poltár	VT	Vranov nad Topľou
KM	Kysucké Nové Mesto	PU	Púchov	ZA	Žilina
KN	Komárno	RA	Revúca	ZC	Žarnovica
KS	Košice – okolie	RK	Ružomberok	ZH	Žiar nad Hronom
LC	Lučenec	RS	Rimavská Sobota	ZM	Zlaté Moravce
LE	Levoča	RV	Rožňava	ZV	Zvolen

Mesto Bratislava má 5 okresov I – V a mesto Košice má 4 okresy I – IV.

4.1 Kritérium A – počet obyvateľov územia

Kritérium počtu obyvateľov územia sa vyhodnotí na základe počtu obyvateľov daného územia na 1 člena DPO SR. Z daných výsledkov je vytvorená priemerná hodnota počtu obyvateľov na 1 člena DPO SR a táto priemerná hodnota je daným kritériom. Kritérium počtu obyvateľov sa určuje pre oblasti, kraje a okresy Slovenskej republiky.

4.1.1 Oblasť

Priemerná hodnota a zároveň kritérium počtu obyvateľov 1 oblasti na 1 člena DPO SR je 68 členov. Toto kritérium spĺňajú 2 oblasti: stredné a východné Slovensko. Ak sa okres nachádza v oblasti, ktoré spĺňa toto kritérium, je mu priradená hodnota 1 bodu.

4.1.2 Kraj

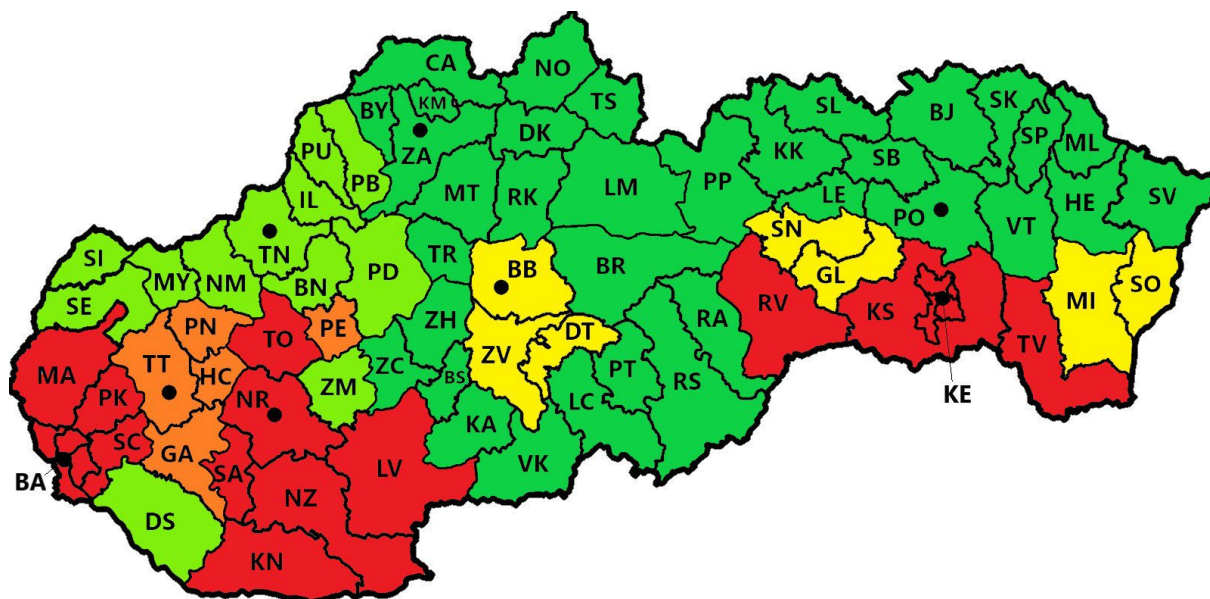
Priemerná hodnota a zároveň kritérium počtu obyvateľov 1 kraja na 1 člena DPO SR je 93 členov. Toto kritérium spĺňajú: Trnavský kraj, Trenčiansky kraj, Žilinský kraj, Banskobystrický kraj a Prešovský kraj. Ak sa okres nachádza v kraji, ktoré spĺňa toto kritérium, je mu priradená hodnota 2 bodov.

4.1.3 Okres

Priemerná hodnota a zároveň kritérium počtu obyvateľov 1 okresu na 1 člena DPO SR je 81 členov. Toto kritérium spĺňa 45 okresov. Ak okres spĺňa toto kritérium, je mu priradená hodnota 3 bodov.

4.1.4 Výsledný stav kritéria A

Okres môže získať za splnenie všetkých kritéria 6 bodov. Ak má okres 6 bodov je zobrazený v tmavozelenej farbe, ak má okres 5 bodov, je zobrazený v bledozelenej farbe. Ak má okres 3 alebo 4 body, je zobrazený v žltej farbe. Ak má okres 2 body je zobrazený v oranžovej farbe a ak má okres 1 alebo 0 bodov, je zobrazený v červenej farbe - viz. obrázok 2.



Obrázok 2. Kritérium A – výsledný stav

4.2 Kritérium B – rozloha územia

Kritérium rozlohy územia sa vyhodnotí na základe počtu členov DPO SR na 10 kilometrov štvorcových daného územia. Z daných výsledkov je vytvorená priemerná hodnota počtu členov DPO SR na 10 kilometrov štvorcových daného územia a táto priemerná hodnota je daným kritériom. Kritérium počtu obyvateľov sa určuje pre oblasti, kraje a okresy Slovenskej republiky.

4.2.1 Oblasť

Priemerná hodnota a zároveň kritérium počtu členov DPO SR na 10 kilometrov štvorcových pre 1 oblasť je 17 členov DPO SR. Toto kritérium spĺňa len stredné Slovensko. Ak sa okres nachádza v oblasti, ktoré spĺňa toto kritérium, je mu priradená hodnota 1 bodu.

4.2.2 Kraj

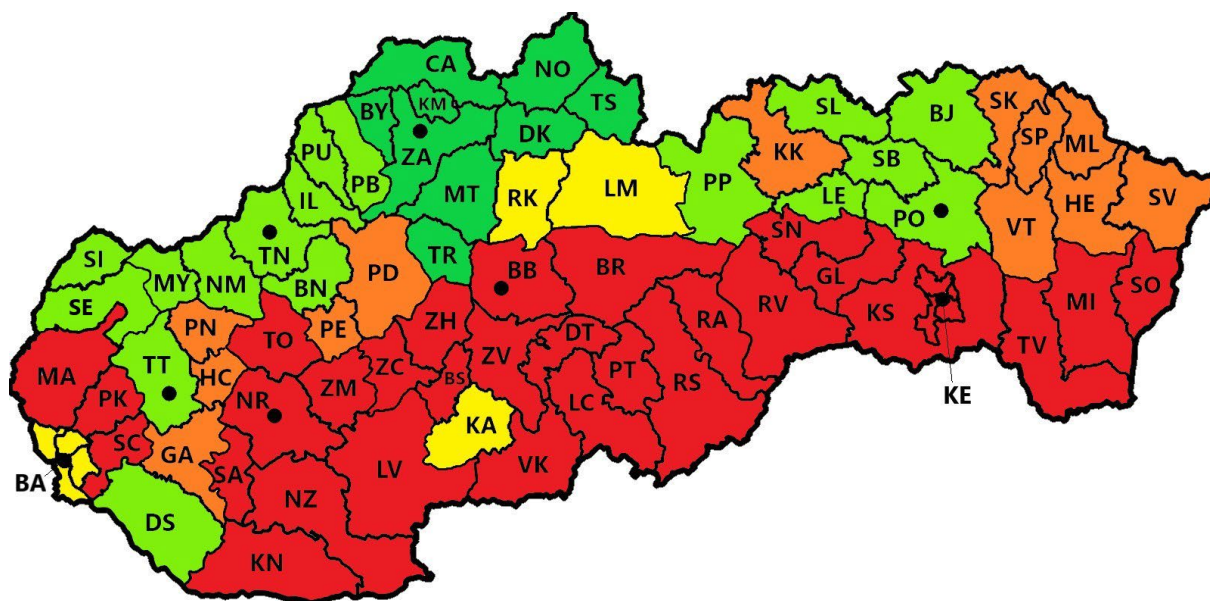
Priemerná hodnota a zároveň kritérium počtu členov DPO SR na 10 kilometrov štvorcových pre 1 kraj je 17 členov. Toto kritérium spĺňajú: Trnavský kraj, Trenčiansky kraj, Žilinský kraj a Prešovský kraj. Ak sa okres nachádza v kraji, ktoré spĺňa toto kritérium, je mu priradená hodnota 2 bodov.

4.2.3 Okres

Priemerná hodnota a zároveň kritérium počtu členov DPO SR na 10 kilometrov štvorcových pre 1 okres je 19 členov. Toto kritérium spĺňa 32 okresov. Ak okres spĺňa toto kritérium, je mu priradená hodnota 3 bodov.

4.2.4 Výsledný stav kritéria B

Okres môže získať za splnenie všetkých kritérií 6 bodov. Ak má okres 6 bodov je zobrazený v tmavozelenej farbe, ak má okres 5 bodov, je zobrazený v bledozelenej farbe. Ak má okres 3 alebo 4 body, je zobrazený v žltej farbe. Ak má okres 2 body je zobrazený v oranžovej farbe a ak má okres 1 alebo 0 bodov, je zobrazený v červenej farbe - viz obrázok 3.



Obrázok 3. Kritérium B – výsledný stav

4.3 Kritérium C – počet zásahov hasičských jednotiek DPO SR

Kritérium počtu zásahov hasičských jednotiek DPO SR sa vyhodnotí na základe počtu členov DPO SR na 1 zásah. Z daných výsledkov je vytvorená priemerná hodnota počtu členov DPO SR na 1 zásah a táto priemerná hodnota je daným kritériom. Kritérium počtu obyvateľov sa určuje pre oblasti, kraje a okresy Slovenskej republiky.

4.3.1 Oblasť

Priemerná hodnota a zároveň kritérium počtu členov DPO SR na 1 zásah je 21 členov. Toto kritérium spĺňa 1 oblasť – východné Slovensko. Ak sa okres nachádza v oblasti, ktoré spĺňa toto kritérium, je mu priradená hodnota 1 bodu.

4.3.2 Kraj

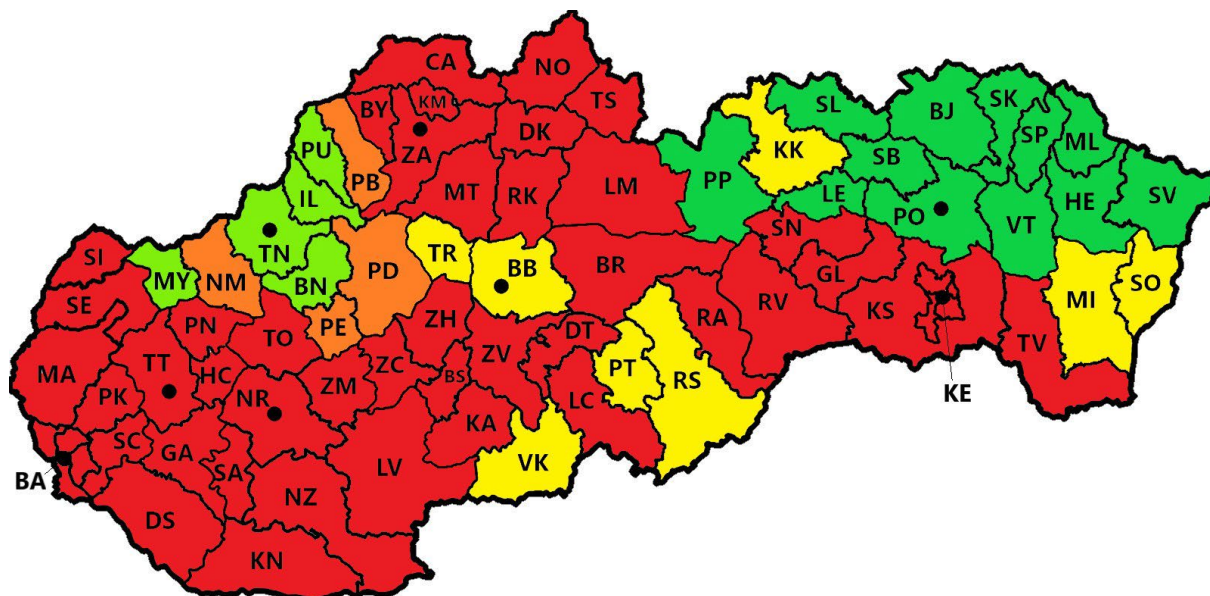
Priemerná hodnota a zároveň kritérium počtu členov DPO SR na 1 zásah je 20 členov. Toto kritérium spĺňajú 2 kraje – Trenčiansky a Prešovský kraj. Ak sa okres nachádza v kraji, ktoré spĺňa toto kritérium, je mu priradená hodnota 2 bodov.

4.3.3 Okres

Priemerná hodnota a zároveň kritérium počtu členov DPO SR na 1 zásah je 26 členov. Toto kritérium spĺňa 21 okresov. Ak okres spĺňa toto kritérium, je mu priradená hodnota 3 bodov.

4.3.4 Výsledný stav kritéria C

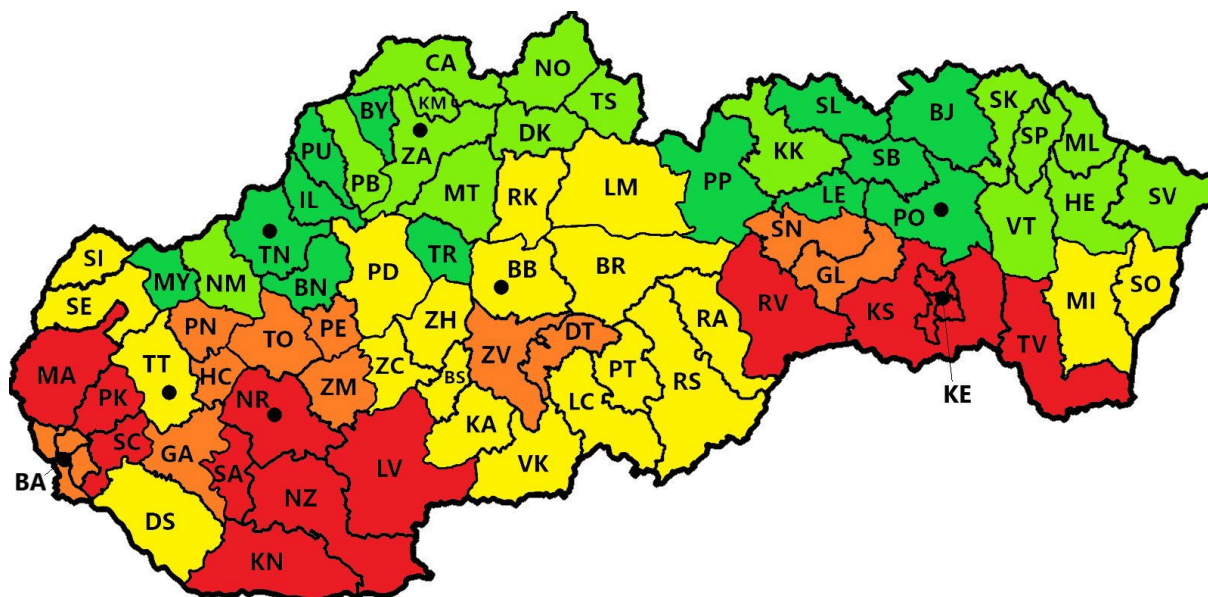
Okres môže získať za splnenie všetkých kritérií 6 bodov. Ak má okres 6 bodov je zobrazený v tmavozelenej farbe, ak má okres 5 bodov, je zobrazená v bledozelenej farbe. Ak má okres 3 alebo 4 body, je zobrazený v žltej farbe. Ak má okres 2 body je zobrazený v oranžovej farbe a ak má okres 1 alebo 0 bodov, je zobrazený v červenej farbe - viz obrázok 4.



Obrázok 4. Kritérium C – výsledný stav

5 Vyhodnotenie celkového výsledného stavu

Za základe všetkých 3 kritérií je vyhodnotený celkový výsledný stav na základe celkového súčtu zo všetkých kritérií. Maximálny počet bodov, ktoré môže okres získať je 18. Ak má okres 15 až 18 bodov, je zobrazený v tmavozelenej farbe, ak má okres 11 až 14 bodov, je zobrazený v bledozelenej farbe, ak má okres 7 až 10 bodov, je zobrazený v žltej farbe, ak má okres 3 až 6 bodov je zobrazený v oranžovej farbe a ak má okres 0 až 2 body, je zobrazený v červenej farbe, viz. obrázok 5.



Obrázok 5. Celkový výsledný stav

Prehľad hodnôt jednotlivých kritérií pre jednotlivé územia je zobrazený v nasledujúcej tabuľke 3.

Tabuľka 3. Hodnoty kritérií

Kritérium	Hodnoty kritérií		
	Oblasť	Kraj	Okres
A	68	93	81
B	17	17	19
C	21	20	26

Kritérium A vyjadruje počet obyvateľov daného územia na 1 člena DPO SR daného územia. Kritérium B vyjadruje počet členov DPO na 10 km² daného územia. Kritérium C vyjadruje počet členov DPO SR na 1 zásah v danom území.

Tabuľka 4. Okresy spĺňajúce kritéria v danom území

Kritérium	Okresy spĺňajúce kritéria v danom území					
	Oblasť		Kraj		Okres	
	Počet	Podiel (%)	Počet	Podiel (%)	Počet	Podiel (%)
A	48	61	54	68	50	63
B	24	30	40	51	32	41
C	24	30	22	28	26	33

V rámci oblastí s najlepším stavom je stredné Slovensko a s najhorším stavom je západné Slovensko. V rámci krajov s najlepším stavom je Prešovský kraj a s najhorším stavom je Nitriansky kraj. Medzi

najlepšie okresy patria (17 z 18 bodov): Prešov, Bardejov, Levoča, Poprad, Sabinov a Stará Ľubovňa. Medzi najhoršie okresy patria (0 z 18 bodov): Malacky, Senec, Pezinok, Nitra, Šaľa, Komárno, Levice a Nové Zámky.

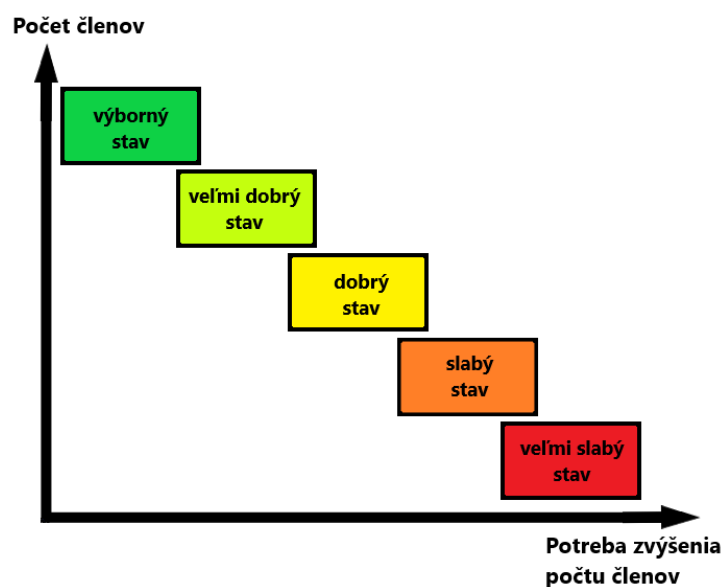
Tabuľka 5. Celkové stavy s počtom území

Počet bodov	Celkový stav	Počet území					
		Oblasť	Podiel (%)	Kraj	Podiel (%)	Okres	Podiel (%)
15 až 18	výborný	0	0	1	12,5	13	16,5
11 až 14	veľmi dobrý	0	0	2	25,0	16	20,2
7 až 10	dobrý	2	66,7	2	25,0	20	25,3
3 až 6	slabý	1	33,3	1	12,5	15	19,0
0 až 2	veľmi slabý	0	0	2	25,0	15	19,0

Tabuľka 6. Celkové stavy pre Slovenskú republiku, oblasti a kraje

Územie		Priemerný počet bodov	Celkový stav
Slovenská republika		8	dobrý
Oblasť	západné Slovensko	6	slabý
	stredné Slovensko	10	dobrý
	východné Slovensko	10	dobrý
Kraj	Bratislavský	2	veľmi slabý
	Trnavský	7	dobrý
	Trenčiansky	13	veľmi dobrý
	Nitriansky	1	veľmi slabý
	Žilinský	12	veľmi dobrý
	Banskobystrický	8	dobrý
	Prešovský	15	výborný
	Košický	4	slabý

Na základe celkového výsledného stavu je zrejmé, že je vysoká rôznorodosť ohľadom počtu členov DPO SR. Lepšie výsledné stavy sa prevažne nachádzajú v severnejších okresoch Slovenskej republiky.



Obrázok 6. Výsledné stavy

Výborný stav – počet členov DPO SR splňuje kritéria vo veľmi vysokej miere, či už z pohľadu počtu obyvateľov, rozlohy územia alebo počtu zásahov. Nie je potreba žiadnej zmeny v personálnej alebo organizačnej stránke. Zvýšenie počtu členov DPO SR nie je potrebné v dlhodobom časovom horizonte. Zníženie počtu členov DPO SR v tomto stave by malo minimálnu mieru dopadu úrovne DPO SR v danom území.

Veľmi dobrý stav – počet členov DPO SR splňuje kritéria v nadštandardnej miere, či už z pohľadu počtu obyvateľov, rozlohy územia alebo počtu zásahov. Potreba zmeny v personálnej alebo organizačnej stránke je minimálna. Zvýšenie počtu členov DPO SR nie je potrebné v krátkodobom časovom horizonte, ale zároveň je dôležité v tomto stave sledovať, aby sa nezačal znižovať daný potrebný počet členov DPO SR. Zníženie počtu členov DPO SR v tomto stave by malo nízku mieru dopadu úrovne DPO SR v danom okrese.

Dobrý stav - počet členov DPO SR splňuje kritéria v štandardnej miere, či už z pohľadu počtu obyvateľov, rozlohy územia alebo počtu zásahov. Potreba zmeny v personálnej alebo organizačnej stránke je odporúčaná. Zvyšovanie počtu členov DPO SR je odporúčané a je vhodné ho zvyšovať prostredníctvom reklamy, ako sú: rozhlas, internet, letáky a plagáty. Zníženie počtu členov DPO SR v tomto stave by malo strednú mieru dopadu úrovne DPO SR v danom okrese.

Slabý stav - počet členov DPO SR splňuje kritéria v nižšej miere, či už z pohľadu počtu obyvateľov, rozlohy územia alebo počtu zásahov. Potreba zmeny v personálnej alebo organizačnej stránke je potrebná. Zvyšovanie počtu členov DPO SR je potrebné a je vhodné ho zvyšovať priamym náborom nových členov, napr. priamo v školách, kultúrno-spoločenských akciách a pod. alebo reklamou: rozhlas, internet, letáky, plagáty. Zníženie počtu členov DPO SR v tomto stave by malo vysokú mieru dopadu úrovne DPO SR v danom okrese.

Veľmi slabý stav - počet členov DPO SR splňuje kritéria v nedostatočnej miere, či už z pohľadu počtu obyvateľov, rozlohy územia alebo počtu zásahov. Potreba zmeny v personálnej alebo organizačnej stránke je veľmi potrebná. Zvyšovanie počtu členov je veľmi potrebné a vhodné ho zvyšovať komplexnejším priamym náborom nových členov, napr. priamo v školách, kultúrno-spoločenských akciách a pod. alebo reklamou: rozhlas, internet, letáky, plagáty. Zníženie počtu členov DPO SR v tomto stave by malo kritickú mieru dopadu úrovne DPO SR v danom okrese.

Tabuľka 7. Celkové stavy so zvýšením a znížením počtu členov DPO SR

Celkový stav	Zvýšenie počtu členov DPO SR	Zníženie počtu členov DPO SR
Výborný	Nie je potrebné v dlhodobom časovom horizonte	Minimálna miera dopadu úrovne DPO SR
Veľmi dobrý	Nie je potrebné v krátkodobom časovom horizonte	Nízka miera dopadu úrovne DPO SR
Dobrý	Je odporúčané	Stredná miera dopadu úrovne DPO SR
Slabý	Je potrebné	Vysoká miera dopadu úrovne DPO SR
Veľmi slabý	Je veľmi potrebné	Kritická miera dopadu úrovne DPO SR

6 Záver

Zákony a vyhlášky ohľadom DPO SR nedefinujú ideálny počet členov DPO SR, ale len minimálny. Preto je dôležité vytvárať analýzy jednotlivých počtov a vyhodnocovať výsledné stavy. Článok sa zaoberal

analýzou počtu členov DPO SR na území Slovenskej republiky, kde v prvej kapitole popisoval DPO SR, jej základné úlohy a hlavné typy činností. Ďalšia kapitola definovala jednotlivé územia Slovenskej republiky na ktorú úzko nasledovala časť samotného počtu členov DPO SR pre jednotlivé územia Slovenskej republiky. Nasledujúca kapitola sa zaoberala stanovením jednotlivých kritérií a ich aplikácia pre jednotlivé územia. Posledná kapitola vyhodnocovala a popisovala celkový výsledný stav na základe daných kritérií. Pre každú oblasť bolo vyhodnotené kritérium s výsledným stavom. Na základe všetkých 3 kritérií (počet obyvateľov, rozloha a počet zásahov) sa vyjadril celkový výsledný stav pre jednotlivé územia, kde s najväčším percentuálnym zastúpením počtu okresov v Slovenskej republiky je celkový výsledný stav – dobrý stav. Z výsledného obrázku, kde je zobrazený graficky celkový výsledný stav jednotlivých okresov podľa všetkých kritérií je zrejmé, že lepšie výsledné stavy sa nachádzajú v severnejších okresoch, primárne v okolí krajských miest Trenčín, Žilina a Prešov. Oproti tomu najhoršie výsledné stavy sa nachádzajú v južnejších okresoch, primárne v okolí krajských miest Nitra a Košice. Daný model určovania stavov počtu členov DPO SR je taktiež vhodný aplikovať na ďalšie štáty alebo určité územné celky po určitej modifikácii kritérií. Limitom výskumu výsledných stavov je neustála aktualizácia počtu členov dobrovoľnej požiarnej ochrany pre jednotlivé oblasti. V rámci budúceho výskumu je vhodné aplikovať ďalšie kritéria pre podrobnejšie výsledky s cieľom tvorby komplexnej metodiky hodnotenia členskej základne DPO SR, ktorá by obsahovala radu ďalších koeficientov pre konkrétnejšie a presnejšie výsledky.

Pod'akovanie

Tento výskum bol vytvorený za podpory Ústavu bezpečnostného inžénrství, Fakulty aplikované informatiky, Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně.

Referencie

- [1] Zákon č. 37/2014 Z. z. Zákon o Dobrovoľnej požiarnej ochrane Slovenskej republiky a o zmene niektorých zákonov. [Zakonypreludi.sk](http://zakonypreludi.sk) [online], [cit. 2024-03-17]. Dostupné z: <https://www.zakonypreludi.sk/zz/2014-37>
- [2] Informácie o DPO SR. Dobrovoľná požiarňa ochrana SR [online], [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: <https://dposr.sk/index.php/dpo-sr/info-o-dpo-sr>
- [3] MALATINSKÝ, Adam. Zefektívnenie pracovných vzťahov a spolupráce jednotiek požiarnej ochrany. Zlín, 2020. Diplomová práca. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
- [4] Evidencia DPO SR. Kanet DPO SR [online], [cit. 2024-03-19]. Dostupné z: <http://dpo.kanet.sk/>
- [5] Ústavný zákon č. 460/1992 Zb. Ústava Slovenskej republiky. [Zakonypreludi.sk](http://zakonypreludi.sk) [online], [cit. 2024-03-20]. Dostupné z: <https://www.zakonypreludi.sk/zz/1992-460>

Testování toxického účinku uhlíkatých sorbentů a jejich modifikací

Melanie Barabášová¹, Petra Roupcová²

¹ VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Lumírova 630/13, 700 30 Ostrava-Výškovice, melanie.barabasova@vsb.cz

² VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Lumírova 630/13, 700 30 Ostrava-Výškovice, petra.roupcova@vsb.cz

Abstrakt: Příspěvek je zaměřen na posouzení toxického účinku uhlíkatých sorbentů a jejich modifikací prostřednictvím vybraných testů ekotoxicity. Byly vybrány uhlíkaté sorbenty a jejich modifikace. Tyto materiály byly vybrány z důvodu, že mají potenciál v oblasti čištění odpadních vod od nechtěných polutantů, jako jsou například částice RNA a DNA, drogy, léčiva, těžké kovy a mikroplasty. Pro stanovení toxicity uhlíkatých sorbentů a jejich modifikací byl zvolen test semichronické toxicity podle modifikovaného postupu provedený na semenech hořčice bílé (*Sinapis Alba* L.). K testování fytotoxicity na semenech hořčice bílé bylo vybráno celkem osm vzorků uhlíkatých sorbentů a jejich modifikací, kdy byl sledován přímý a nepřímý kontakt. Výsledky fytotoxicity ukázaly nejvhodnější sorbenty pro dočištění odpadních vod a nejméně vhodné sorbenty pro dočištění odpadních vod. Pro detailnější představu o uhlíkatých sorbentech a jejich modifikací byla provedena analýza pomocí SEM snímků, která ukázala strukturální rozdíl mezi uhlíkatými materiály z rodiny grafenu a biocharem.

Klíčová slova: Fytotoxicita, uhlíkaté nanomateriály, biochar, grafen oxid, SEM

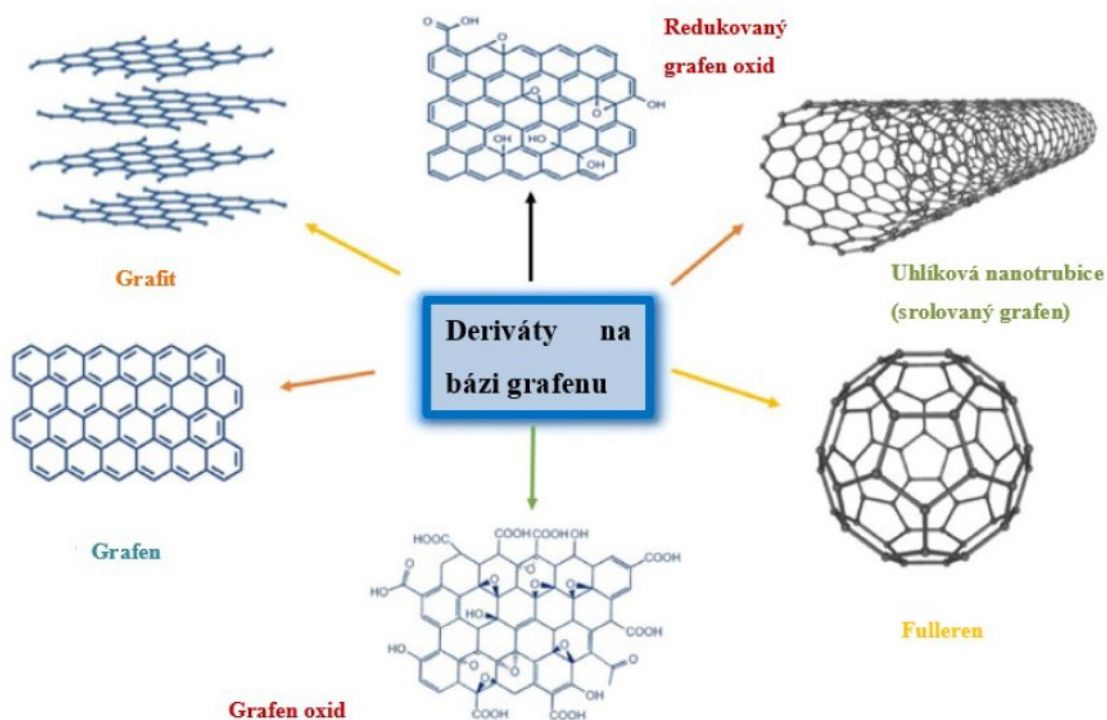
1 Úvod

Rozvoj, potřeba a pokrok uhlíkatých nanomateriálů nelze zastavit, a tak se dostávají do podvědomí našich životů, kdy je v běžném životě používáme stále častěji, aniž bychom si to uvědomovali. Jejich uplatnění roste v letectví, energetice, průmyslu, biomedicíně i pro dočištění odpadních vod od znečišťujících látek. Je třeba brát v úvahu jejich environmentální a zdravotní dopady, kterými jsou nanočástice. Ty mohou představovat riziko v jejich velikosti, koncentraci, množství a toxicitě. Příkladem lze uvést nanočástice vyskytující se v půdním prostředí, kdy se mohou dostat do rostlin, dále do zvířat a tím až do potravního řetězce. K zajištění bezpečného zacházení s uhlíkatými nanomateriály je třeba zkoumat a znát jejich fytotoxicitu a jejich toxický účinek.

Představení uhlíkatých nanomateriálů v rámci působení toxického účinku vůči životnímu prostředí byli vybráni zástupci z tzv. rodiny grafenu, kdy všichni mají společný základ a tím je grafit (viz Obrázek 1). Jednalo se o grafen, grafen oxid (GO), redukovaný grafen oxid (rGO), fullereny a uhlíkové nanotrubicce. K těmto zástupcům byl zařazen i biochar z důvodu velké strukturální podobnosti ke grafenu oxidu, protože je taktéž řazen mezi porézní uhlíkaté materiály.

Uhlíkaté nanomateriály a biochar jsou aplikovatelné i ve vztahu k životnímu prostředí, kdy mohou zcela významně přispět k udržení zdravého životního prostředí. Grafen lze využít při odstraňování těžkých

kovů z vody [1]. Rovněž k čištění odpadních vod od těžkých kovů lze využít grafen oxid přidáním do membránových filtrů. Jeho využití je i v medicíně jako brzdny nosič pro terapii rakoviny. [2] Uhlíkaté nanotrubičky mají své využití jako součást elektrochemických biosenzorů [3]. Pro odsolování mořské vody lze použít redukovaný grafen oxid, kdy to může být cesta, jak zajistit pitnou vodu [4]. Biochar zvyšuje úrodnost půdy, lze upravit pH půdy a redukovat kyselost půdy [5]. Dalším jeho využitím je při čištění odpadních vod od těžkých kovů, barviv, farmak, fragmentů RNA nebo DNA [6]. Cílem článku je posoudit fytotoxicitu uhlíkatých sorbentů, které budou mít potenciál pro dočištění odpadních vod od zbytkových léčiv, bakterií, drog, těžkých kovů a mikroplastů.



Obrázek 1. Systematický diagram grafenu a derivátů na bázi grafenu [7]

2 Vzorčky a metody experimentu

2.1 Vzorčky k provedení testu

Pro provedení testu byly vybrány uhlíkaté sorbenty a jejich modifikace, u kterých byla testována fytotoxicita na semenech hořčice bílé. Základním vstupním materiálem pro přípravu byl biochar a grafen oxid. Pro přípravu sorbentů a jejich modifikací byly použity následující chemikálie (dopamin, peroxid vodíku 30 %, kyselina peroctová a kyselina askorbová), které mají za cíl zlepšit schopnosti a vlastnosti testovaných sorbentů. Celkem osm uhlíkatých sorbentů bylo testováno na fytotoxicitu biochar, biochar s dopaminem (Biochar + DA), biochar s kyselinou peroctovou (Biochar + CH₃COOOH), biochar s peroxidem vodíku (Biochar + H₂O₂), grafen oxid (GO), grafen oxid s dopaminem (GO + DA), redukovaný grafen oxid (rGO), redukovaný grafen oxid s dopaminem (rGO + DA). Postup přípravy jednotlivých vzorků byl chráněn projektem – Norway grants č. 3213200008 Inovativní sorbenty na bázi uhlíku jako účinný způsob dočišťování odpadních vod.

2.2 Normované metody toxicity

Ekotoxicitu lze stanovovat podle standardizovaných metod, které jsou popsány v normách Mezinárodní organizace pro normalizaci. Pro Českou republiku jsou používány konvekční testy (celkem 5) a jsou shodné s ISO (*International Organization for Standardization*) a OECD (*Organization for Economic Co-operation and Development*) normami. Jde o tyto konkrétní testy:

- test inhibice růstu kořene hořčice bílé (*Sinapis alba* L.). Metodický pokyn Ministerstva životního prostředí ke stanovení ekotoxicity odpadů;
- ČSN EN ISO 7346-2 Jakost vod – Stanovení akutní letální toxicity pro sladkovodní ryby [*Brachydanio rerio* Hamilton-Buchanan (Teleostei, Cyprinidae)] – část 2: Obnovovací metoda;
- ČSN EN ISO 28692 Jakost vod – Zkouška inhibice růstu sladkovodních řas *Desmodesmus subspicatus* a *Pseudokirchneriella subcapitata* (ISO 8692; 1989);
- ČSN EN ISO 6341 Jakost vod – Zkouška inhibice pohyblivosti *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea) – Zkouška akutní toxicity;
- ČSN EN ISO 11348-1 Stanovení inhibičního účinku vzorků vod na světelnou emisi luminiscenčních bakterií (*Vibrio Fischeri*). [8]

Pro testování toxicity na semenech byl vybrán test inhibice růstu kořene hořčice bílé (*Sinapis alba* L.), který je zaměřen na klíčivost semen a jejich brzký růst po vystavení testované látce. Testem je zjišťována závislost dávky na odezvě a zjištění určité úrovně toxicity. [9] S tím souvisí fytotoxicita a je definována jako nežádoucí účinek, který působí na rostliny speciálními látkami (fytotoxiny). Fytotoxicita negativně ovlivňuje klíčení semen, růst rostlin a jejich produkci. [10]

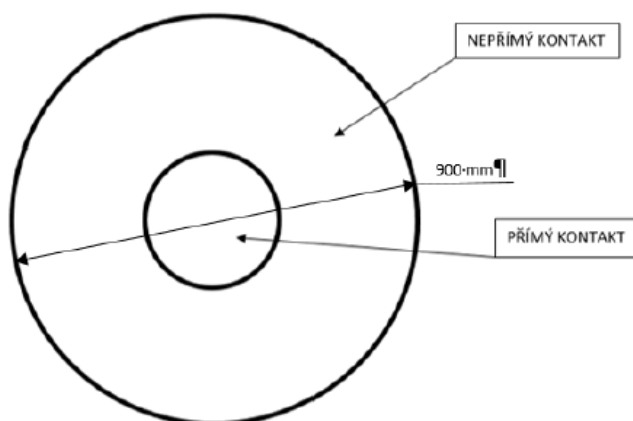
3 Testování fytotoxicity

Pro provedení testu bylo zapotřebí použít následující laboratorní pomůcky (viz Obrázek 2): pipetu s nastavitelným objemem, špičku s objemem 5 ml, pinzetu, špachtli, zahnutou skleněnou tyčinku, Petriho misku na semena hořčice bílé (*Sinapis alba* L.), kádinku pro zásobní roztok, nastříhané filtrační papíry, Petriho misky (18 ks pro paralelní stanovení a kontrolu), plastové nádobky s naváženými vzorky, chirurgické rukavice, které nejsou na fotografii.

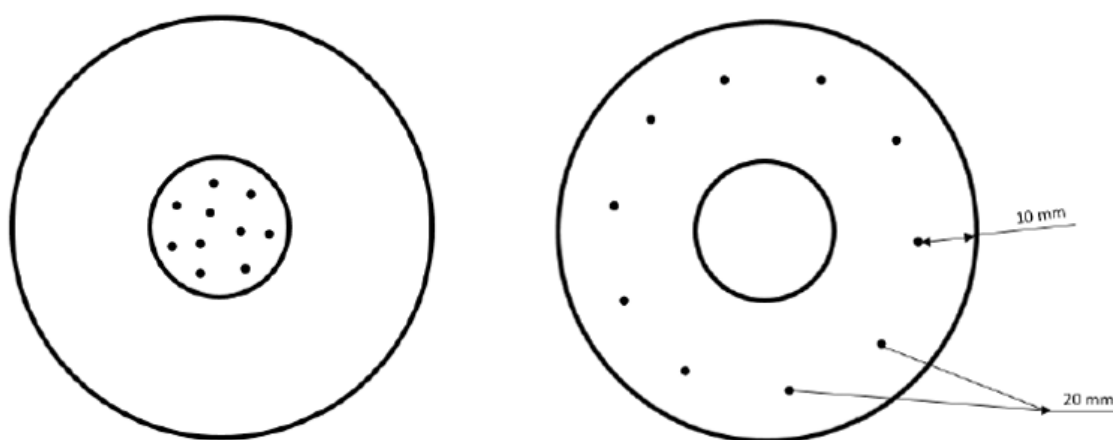


Obrázek 2. Použité laboratorní pomůcky k provedení semichronického testu toxicity na semenech hořčice bílé (*Sinapis alba* L.)

Pro stanovení toxicity na semenech hořčice bílé (*Sinapis alba* L.) byl zvolen test semichronické toxicity podle modifikovaného postupu [8]. Byl připraven zásobní roztok, který byl aplikován v objemu 2,5 ml na filtrační papír umístěný v Petriho misce. Byl sledován přímý a nepřímý kontakt (viz Obrázek 3) semen vůči uhlíkatým sorbentům z rodiny grafenu včetně biocharu. Petriho miska má průměr 90 mm, obvod 283 mm a její obsah činí 6359 mm². Do Petriho misky byly naváženy vzorky: Biochar, Biochar + DA, Biochar + CH₃COOOH, Biochar + H₂O₂, GO, GO + DA, rGO a rGO + DA v množství 0,03g, jejich umístění bylo vždy na střed filtračního papíru. Do každé Petriho misky bylo dáno 20 semen. 10 semen bylo pravidelně rozmístěno na vzorek, což představovalo přímý kontakt (viz Obrázek 4). Semena jsou znázorněna na obrázku pomocí černých teček. Semena jsou pravidelně od sebe rozprostřena na vnitřním kruhu o průměru 30 mm, na ploše o rozměru 2826 mm² a jeho obvod činí 94 mm. Zbýlých 10 semen bylo pravidelně rozmístěno do okolí, a to představovalo nepřímý kontakt (viz Obrázek 4). Semena jsou znázorněna na obrázku pomocí černých teček. Semena se nachází na ploše 3533 mm², vzdálenost mezi semeny činí 20 mm. Vzdálenost semen od vnějšího okraje je 10 mm. Vnější obvod činí 283 mm. Rovněž byl nasazen kontrolní vzorek s počtem 20 semen, ta byla pravidelně rozmístěna do pomyslné čtvercové sítě na filtračním papíře. Nasazená semena byla kultivována při tmě a konstantní teplotě 21 °C po dobu 72 hodin. [8] [11]



Obrázek 3. Znázornění přímého a nepřímého kontaktu na Petriho misce



Obrázek 4. Znázornění přímého kontaktu (vlevo) na Petriho misce a znázornění nepřímého kontaktu (vpravo) na Petriho misce

3.1 Způsob vyhodnocování výsledků

K vyhodnocení výsledků slouží vzorec inhibice růstu kořene, kdy je stanovena délka kořene neboli elongace kořene. Pro stanovení je určen následující výpočet:

$$\text{Vzorec 1: } IC = \frac{(Lc-Lv)}{Lc} * 100 \text{ [8]}$$

kde: IC – inhibice růstu kořene v %, Lc – aritmetický průměr délky kořene v kontrole v mm, Lv – aritmetický průměr délky kořene v kontrolním vzorku v mm. [8]

3.2 Výsledky testu

V tabulce 1 jsou uvedeny výsledky inhibicí (dále jen IC) semen u hořčice bílé (*Sinapis alba* L.) pro přímý a nepřímý kontakt, které byly spočítány podle vzorce 1. Bylo provedeno celkem 5 nasazení, kdy u jednoho nasazení bylo provedeno paralelní stanovení (pro každý vzorek paralelní stanovení, které bylo označeno písmeny A a B, tudíž celkem 10 nasazení). Největší IC přímého kontaktu byla u vzorku GO u pátého nasazení, kdy inhibice měla hodnotu 97,54 %, u ostatních nasazení inhibice dosahovaly hodnot 92,26 %, 95,68 %, 95,50 %, 95,36 %. Vzorek GO + DA vykazoval taky vyššími inhibicemi s hodnotami 68,91 %, 47,33 %, 72,75 %, 82,42 % a 75,88 %. Z těchto výsledků je patrné, že GO působí toxicky na semena. Naopak nejmenší IC se projevila u vzorku Biocharu u prvního nasazení s hodnotou 3,37 %, další inhibice biocharu měly hodnoty 21,27 %, 15,12 %, 10,76 % a 6,13. Další nízké inhibice vykazovaly vzorky Biocharu + H₂O₂ s hodnotami 13,36 %, 31,80 %, 10,21 %, 8,58 %, 13,76 %. U vzorku Biocharu + CH₃COOOH semena vůbec nevyklíčila. To bylo s největší pravděpodobností způsobeno kyselinou peroctovou, která působila na semena kyselé.

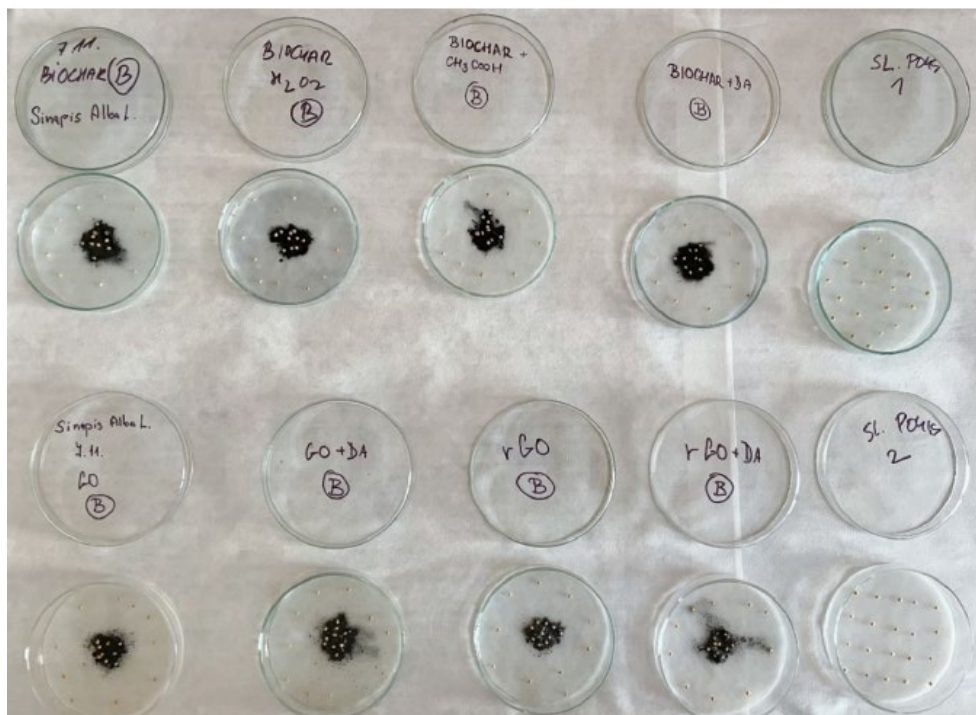
Semena při nepřímém kontaktu měla největší inhibici ve všech nasazení u Biocharu + CH₃COOOH, které činily 75,76 %, 69,21 %, 67,16 %, 78,47 %, a 72,47 %. Nízké inhibice vykazoval vzorek GO s hodnotami 8,97 %, 8,85 %, 6,67 %, 15,39 %, 6,97 %. U některých vzorků se vyskytla stimulace, a to u vzorku Biocharu s inhibicí -3,67 %, u Biocharu + H₂O₂ s hodnotou -2,81 %. Vzorek GO + DA vykazoval stimulací ve třech nasazení s hodnotami -3,82 %, -2,31 % a -4,49 %. Stimulace se vyskytla ve dvou nasazení i u vzorku rGO (-3,81 % a -2,86 %) a rGO + DA (-8,44 % a -11,03 %).

Při porovnání všech nasazení, tak u vzorku Biocharu byla největší IC přímého kontaktu 21,27 %, kdežto nejnižší vyšla jen 3,37 %. IC nepřímého kontaktu dosáhla nejvyšší hodnoty 25,14 % a nejnižší hodnoty dosahovala u čtvrtého nasazení (-3,67 %). U vzorku Biocharu + DA byla nejvyšší IC přímého kontaktu 21,11 % a nejnižší hodnoty bylo dosaženo při třetím nasazení s hodnotou 12,53 %. U nepřímého kontaktu byla IC 4,63 %. V případě Biocharu + CH₃COOOH byly inhibice u přímého kontaktu všechny se stejnou hodnotou (100 %) a u nepřímého kontaktu největší inhibice bylo dosaženo při čtvrtém nasazení 78,47 %. Při přímém kontaktu u vzorku Biocharu + H₂O₂ dosahovaly inhibice hodnot okolo 11 %, výjimkou bylo druhé nasazení s hodnotou 31,80 %. Biochar + H₂O₂ u nepřímého kontaktu vykazoval stimulaci s hodnotou -2,81 %. Pokud šlo o GO tak při přímém kontaktu vykazoval podobné inhibice ve všech nasazeních s průměrnou hodnotou 93,97 % a u nepřímého kontaktu se inhibice pohybovaly okolo 8,91 %. Vzorky GO + DA, rGO a rGO + DA vykazovaly odlišnými inhibicemi při jednotlivých nasazení u přímého kontaktu semen. Tyto vzorky při nepřímém kontaktu vykazovaly stimulaci růstu kořene u třetího nasazení, dále GO + DA měl stimulaci při prvním a čtvrtém nasazení, rGO byl stimulován při čtvrtém nasazením a rGO dosáhl stimulace u pátého nasazení.

Tabulka 1. Porovnání průměrných hodnot inhibic (IC) všech stanovení u semen hořčice bílé (*Sinapis alba* L.) a průměrných odchylek přímého a nepřímého kontaktu

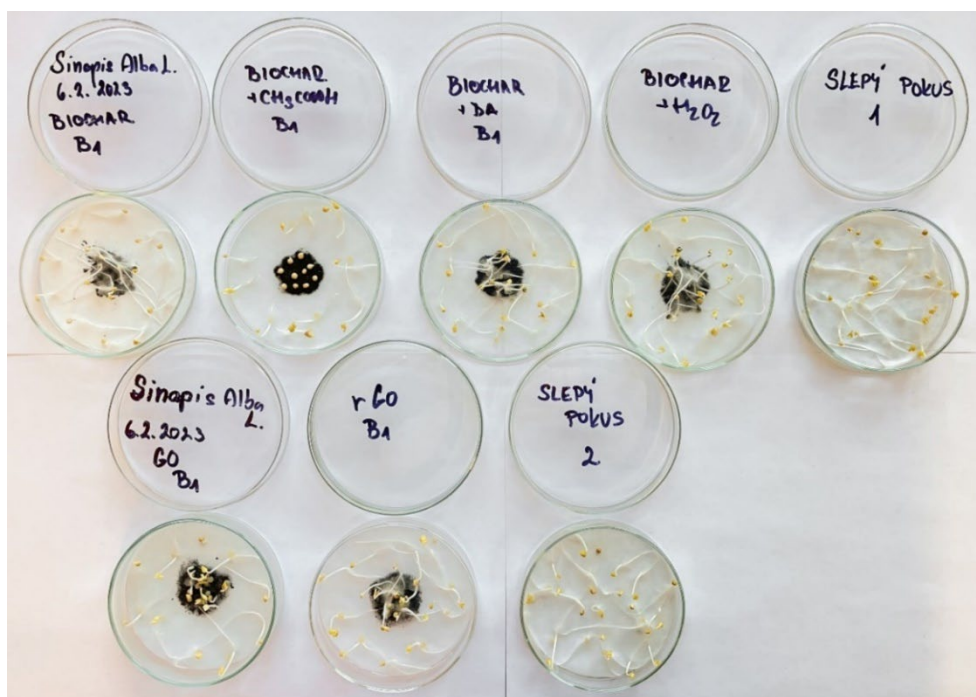
Vzorek	IC přímý kontakt [%]						IC nepřímý kontakt [%]					
	Ø 1.nasazení	Ø 2.nasazení	Ø 3.nasazení	Ø 4.nasazení	Ø 5.nasazení	Ø odchylka	Ø 1.nasazení	Ø 2.nasazení	Ø 3.nasazení	Ø 4.nasazení	Ø 5.nasazení	Ø odchylka
Biochar	3,37	21,27	15,12	10,76	6,13	11,33	25,14	0,87	7,22	-3,67	9,67	7,85
Biochar + DA	14,37	17,35	12,53	17,84	21,11	16,64	15,38	6,41	16,34	4,63	6,81	9,91
Biochar + CH ₃ COOOH	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100	75,76	69,21	67,16	78,47	72,47	72,61
Biochar + H ₂ O ₂	13,36	31,80	10,21	8,58	13,76	15,54	-2,81	21,81	16,48	16,62	17,57	13,93
GO	92,26	95,68	95,50	95,36	97,54	95,27	8,97	8,85	6,67	15,39	6,97	9,36
GO + DA	68,91	47,33	72,75	82,42	75,88	69,46	-3,82	30,72	-2,31	-4,49	11,85	6,39
rGO	71,49	27,75	40,46	53,13	66,07	51,78	2,00	4,52	-3,81	-2,86	5,58	1,09
rGO + DA	50,39	33,69	53,81	41,82	41,55	44,25	3,12	9,39	-8,44	3,54	-11,03	-0,68

Pro znázornění na obrázku 5 je vyfoceno rozmístění semen hořčice bílé (*Sinapis alba* L.) při nasazení, u kterého bylo provedeno paralelní stanovení A a B. Takové rozmístění semen bylo provedeno u všech ostatních nasazení. Testovaný vzorek byl nasypán a rozprostřen na střed Petriho misky a na něj bylo umístěno 10 semen na střed (přímý kontakt) a 10 semen bylo umístěno do okolí (nepřímý kontakt) a byly nasazeny 2 vzorky pro kontrolu (označeny jako slepý pokus 1 a slepý pokus 2).



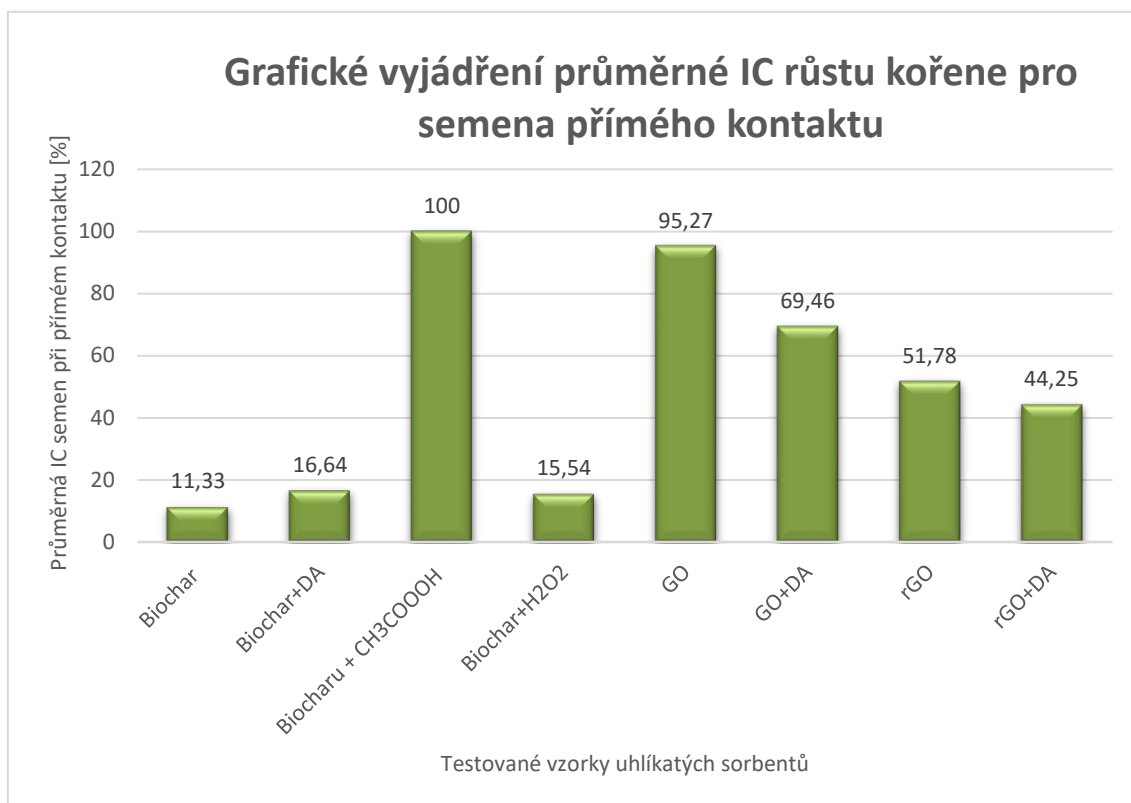
Obrázek 5. Nasazení semen hořčice bílé (*Sinapis alba* L.), paralelní stanovení B, semichronický test toxicity. Vlevo nahoře: Biochar, Biochar + H₂O₂, Biochar + CH₃COOH, Biochar + DA, slepý pokus 1. Vlevo dole: GO, GO + DA, rGO, rGO + DA, slepý pokus 2.

Vyhodnocení probíhalo po 72 hodinách od nasazení semen pro paralelní stanovení, které bylo označeno písmeny A a B. Pro znázornění slouží vyhodnocení s písmenem B. U vyhodnocení byla největší inhibice u GO s hodnotou 95,50 % a nejmenší inhibice u vzorku Biocharu + DA s 12,53 % (viz Obrázek 6).

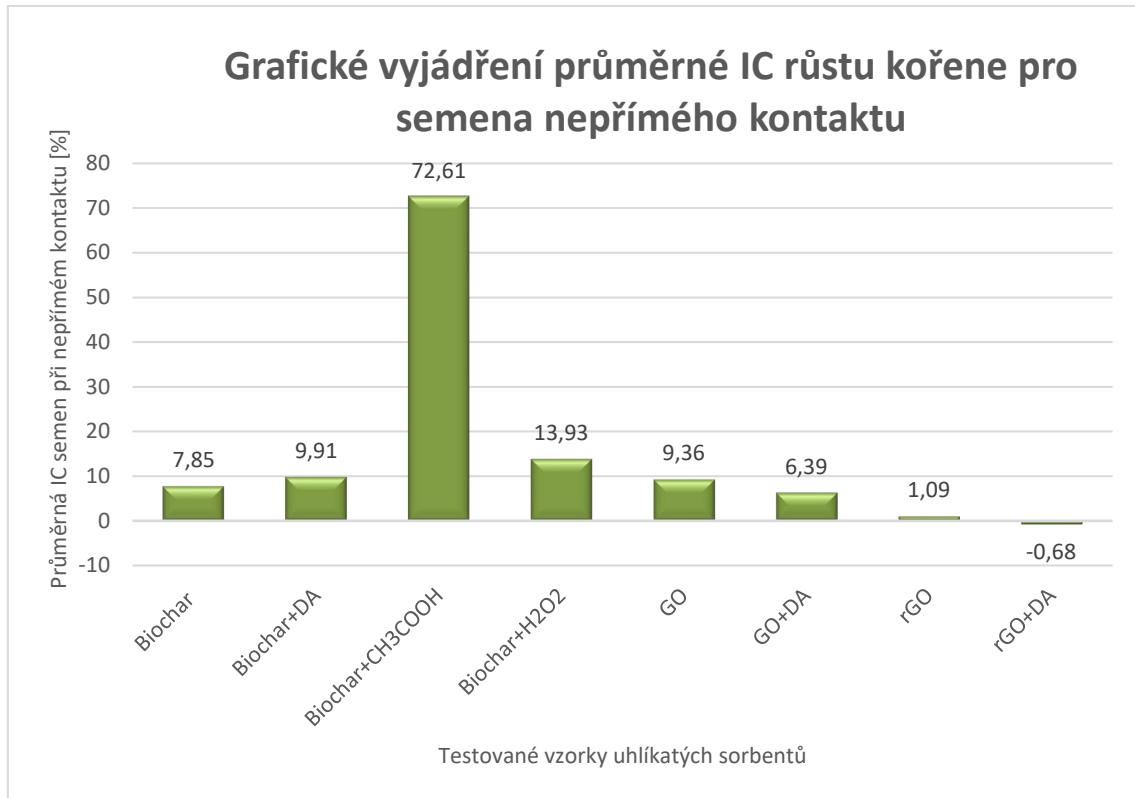


Obrázek 6. Vyhodnocení semichronického testu toxicity na semenech hořčice bílé (*Sinapis alba* L.), paralelní stanovení B po 72 hodin testování, teplota experimentu 21 °C. Vlevo nahoře: Biochar, Biochar + CH₃COOH, Biochar + DA, Biochar + H₂O₂, slepý pokus 1. Vlevo dole: GO, rGO, slepý pokus 2.

Na obrázku 7 jsou graficky vyjádřeny průměrné IC růstu kořene pro semena hořčice bílé (*Sinapis alba* L.) přímého kontaktu, kdy největší inhibice dosáhl vzorek Biocharu + CH₃COOOH s hodnotou 100 % z důvodu přítomnosti kyseliny peroctové a vzorek GO s hodnotou 95,27 %. Na obrázku 8 jsou vyjádřeny IC nepřímého kontaktu pro semichronický test toxicity, kdy největší inhibice nastala u vzorku Biocharu + CH₃COOOH s hodnotou 72,61 %, u vzorku rGO + DA nastala stimulace růstu kořene s hodnotou -0,68 %.



Obrázek 7. Průměrné hodnoty IC přímého kontaktu semen



Obrázek 8. Průměrné hodnoty IC nepřímého kontaktu semen

V rámci měření byla spočtena i odchylka nejistoty, aby bylo zajištěno, s jakou přesností měření bylo provedeno. Přesnost měření se zvyšujícím se počtem provedení testu roste. Charakteristickým pro standardní nejistotu typu A je, že pokud počet opakování roste, tak její hodnota klesá. Standardní nejistota typu A odpovídá výběrové směrodatné odchylce náležící aritmetickému průměru. [12]

$$\text{Vzorec 2: } u_a = \bar{s} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \quad [12]$$

kde: \bar{s} – směrodatná odchylka, x_i – naměřená hodnota z nasazení, \bar{x} – aritmetický průměr hodnot z nasazení, n – počet stanovení [12]

4 Výsledky

V tabulce 2 jsou prezentovány shrnující průměrné výsledky inhibic a odchylek u přímého a nepřímého kontaktu pro test semichronické toxicity pro semena hořčice bílé (*Sinapis alba* L.) ze všech provedených nasazení. Největší inhibice přímého kontaktu dosáhla hodnoty 95,27 % u vzorku GO a je v tabulce označena červeně s odchylkou 0,401 %. Další vysoká inhibice byla u vzorku GO + DA s hodnotou 69,46 % s odchylkou 2,809 %, což představuje větší odchylku než u předchozího vzorku. U vzorku Biocharu + CH₃COOH bylo dosaženo inhibice 100 %, ale to bylo způsobeno přítomností kyseliny peroctové v biocharu, která působila na semena kyselé a bránila klíčení semen. V případě nepřímého kontaktu má nejnižší hodnotu vzorek rGO + DA – 0,68 %, kdy došlo ke stimulaci růstu a odchylce 1,829 %. V tabulce je tato hodnota označena modře.

Tabulka 2. Shrnující výsledky inhibic (IC) a odchylek u přímého a nepřímého kontaktu pro test semichronické toxicity pro semena hořčice bílé (*Sinapis alba* L.)

Vzorek	IC přímý kontakt	IC nepřímý kontakt
	Průměrná hodnota s průměrnou odchylkou [%]	Průměrná hodnota s průměrnou odchylkou [%]
Biochar	11,33±1,505	7,85±2,319
Biochar + DA	16,64±0,699	9,91±1,160
Biochar + CH ₃ COOOH	100±0,000	72,61±0,975
Biochar + H ₂ O ₂	15,54±1,970	13,93±2,026
GO	95,27±0,401	9,36±0,743
GO + DA	69,46±2,809	6,39±3,197
rGO	51,78±3,801	1,09±0,897
rGO + DA	44,25±1,679	-0,68±1,829

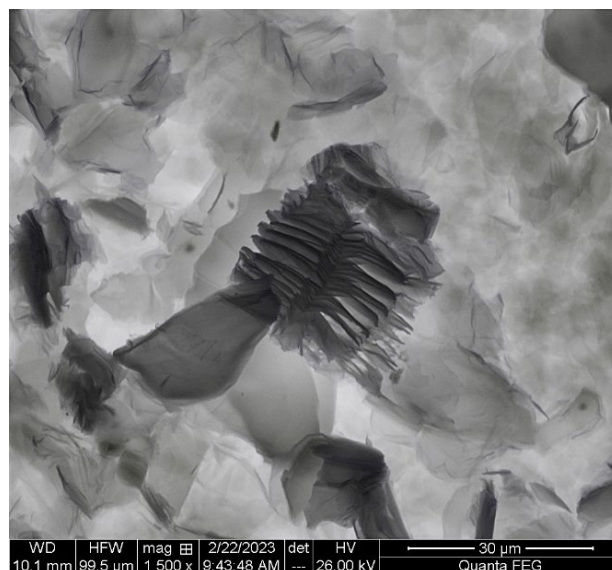
5 Diskuze

Skenovací elektronový mikroskop (SEM), je optický přístroj, který poskytuje pohodlný přístup ke strukturním, morfologickým a texturním vlastnostem materiálů [13]. Analýza vzorků byla provedena na skenovacím elektronovém mikroskopu (SEM) QUANTA FEG 450 za podmínek nízkého i vysokého vakua. Malé množství prachu bylo manuálně převedeno na adhezni uhlíkovou nálepkou a následně umístěno do komory skenovacího elektronového mikroskopu vybaveného energiově disperzním spektrometrem (EDS). Snímky byly pořízeny v různých zvětšeních, aby bylo docíleno viditelné struktury použitých vzorků (Biochar + DA, GO + DA).

Biochar + DA v detailu je zobrazen na obrázku 9, kdy jde vidět detail pórovité struktury Biocharu + DA. Černé tečky uvnitř představují póry. Snímek byl zvětšen 303x v měřítku 100 μm. Na obrázku jdou vidět jednotlivé kousky vstupního materiálu, kterým bylo měkké smrkové dřevo s přísadkou dopaminu. Vzorek Biocharu + DA obsahoval anorganické nečistoty, kterými byly hlinitokřemičitany s obsahem hořčíku nebo vápníku. Na obrázku 10 je GO + DA v detailu zvětšený 1500x v měřítku 30 μm. Na pořízeném snímku lze vidět detail struktury GO + DA, kdy jsou zachyceny jednotlivé vrstvy vrstvené na sebe. Rozdíl v těch dvou materiálech je v jejich morfologii, kdy biochar má pórovitou strukturu a grafen oxid má vrstvenou (šupinkovou) strukturu.



Obrázek 9. SEM snímek Biochar + DA v detailu v měřítku 100 μm



Obrázek 10. SEM snímek GO + DA v detailu v měřítku 30 μm

6 Závěr

Cílem bylo posoudit fytotoxicitu uhlíkatých sorbentů, které mají potenciál pro dočištění odpadních vod od nechtěných polutantů, jako jsou léčiva, drogy, částice DNA a RNA, těžké kovy a mikroplasty. Byly charakterizovány uhlíkaté nanomateriály z rodiny grafenu, biochar a jejich aplikace vůči životnímu prostředí. Fytotoxicita byla testována pomocí testu semichronické toxicity na semenech hořčice bílé (*Sinapis alba* L.) podle modifikovaného postupu. Z výsledků fytotoxicity je patrné, že nejvhodnějším sorbentem, který lze použít pro čištění odpadních vod od nechtěných polutantů je Biochar, protože nevykazoval známky toxicity, jelikož nepůsobí toxicky na životní prostředí. Pro čištění odpadních vod by bylo možné použít i Biochar + H₂O₂ a Biochar + DA, které vykazovaly také přijatelné výsledky. Naopak nejméně vhodným sorbentem pro čištění odpadních vod z hlediska toxicity je GO, protože jeho použití by bylo toxické pro životní prostředí, rovněž i použití Biochar + CH₃COOOH. Prováděné testy ekotoxicity byly testovány prostřednictvím kontaktních testů, a výsledky v reálném nasazení na dočištění odpadní vody mohou dopadnout odlišně. Závěrem jsou okomentovány SEM snímky Biochar + DA a GO + DA.

Reference

- [1] PENG, Zan; LIU, Xiaojuan; ZHANG, Wei; ZENG, Zhuotong; LIU, Zhifeng et al. Advances in the application, toxicity and degradation of carbon nanomaterials in environment: A review. Online. *Environment International*. 2020, roč. 134. ISSN 01604120. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105298>. [cit. 2024-04-04].
- [2] A. T. Dideikin a A. Y. Vul', „Graphene Oxide and Derivatives: The Place in Graphene Family", *Frontiers in Physics*, roč. 6, 2019, [Online]. [cit. 05.04.2023]. Dostupné z: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphy.2018.00149>

- [3] SIDDIQUI, Zaki A.; PARVEEN, Aiman; AHMAD, Lukman a HASHEM, Abeer. Effects of graphene oxide and zinc oxide nanoparticles on growth, chlorophyll, carotenoids, proline contents and diseases of carrot. Online. *Scientia Horticulturae*. 2019, roč. 249, s. 374-382. ISSN 03044238. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.01.054>. [cit. 2024-04-04].
- [4] YOU, Meng; YAO, Dongxue; XU, Fei; ZHANG, Chenchen a MENG, Jianqiang. Surface modification of rGO with PEG for the improvement of water/salt selectivity of CTA/rGO nanocomposites for desalination membrane applications. Online. *Polymer*. 2022, roč. 256. ISSN 00323861. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2022.125228>. [cit. 2024-04-04].
- [5] ROUPCOVÁ, Petra; KUBÁTOVÁ, Hana; KLOUDA, Karel a LEPÍK, Petr. Phytotoxicological Tests - Applications of Foils Based on Graphene (Graphene Oxide). Online. *TRANSACTIONS of the VŠB – Technical University of Ostrava, Safety Engineering Series*. 2016, roč. 11, č. 2, s. 6-14. ISSN 1805-3238. Dostupné z: <https://doi.org/10.1515/tvsbses-2016-0011>. [cit. 2024-04-04].
- [6] SUCHÁNKOVÁ, Jana. Rešerše zabývající se výrobou a užitím biocharu. Ostrava: VŠB-TUO, 52.
- [7] HASHMI, Ayesha; NAYAK, Vanya; SINGH, Kshitij RB; JAIN, Bhawana; BAID, Mitisha et al. Potentialities of graphene and its allied derivatives to combat against SARS-CoV-2 infection. Online. *Materials Today Advances*. 2022, roč. 13. ISSN 25900498. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.mtadv.2022.100208>. [cit. 2024-04-04].
- [8] ROUPCOVÁ, Petra; KUBÁTOVÁ, Hana; KLOUDA, Karel a LEPÍK, Petr. Phytotoxicological Tests - Applications of Foils Based on Graphene (Graphene Oxide). Online. *TRANSACTIONS of the VŠB – Technical University of Ostrava, Safety Engineering Series*. 2016, roč. 11, č. 2, s. 6-14. ISSN 1805-3238. Dostupné z: <https://doi.org/10.1515/tvsbses-2016-0011>. [cit. 2024-04-04].
- [9] OECD, *Test No. 208: Terrestrial Plant Test: Seedling Emergence and Seedling Growth Test*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development, 2006. [Online]. [cit. 05.04.2023]. Dostupné z: https://www.oecd-ilibrary.org/environment/test-no-208-terrestrial-plant-test-seedling-emergence-and-seedling-growth-test_9789264070066en
- [10] How To Manage Phytotoxicity | Greenlife | 2023 Update. *Greenlife Crop Protection Africa* [online]. Copyright © 2014 [cit. 05.04.2023]. Dostupné z: <https://www.greenlife.co.ke/how-to-manage-phytotoxicity>
- [11] ČR. Metodický pokyn odboru odpadů ke stanovení ekotoxicity odpadů. *Věstník Ministerstva životního prostředí*, ročník XVII, částka 4. 2007
- [12] Vítovec, J. *Stanovení nejistot měření*. ČMÚ Praha. 1993
- [13] IKRAM, Rabia; JAN, Badrul Mohamed a AHMAD, Waqas. An overview of industrial scalable production of graphene oxide and analytical approaches for synthesis and characterization. Online. *Journal of Materials Research and Technology*. 2020, roč. 9, č. 5, s. 11587-11610. ISSN 22387854. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.08.050>. [cit. 2024-04-04].

Aplikácia požiarneho modelu pri určovaní odstupových vzdialeností stavieb

Dorota Hodúlová¹, Stanislava Gašpercová², Michal Ballay³

¹ Ing. Dorota Hodúlová, Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, 1. mája 32, Žilina 010 01, dorota.hodulova@uniza.sk

² doc. Ing. Bc. Stanislava Gašpercová, PhD., Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, 1. mája 32, Žilina 010 01, stanislava.gaspercova@uniza.sk

³ Ing. Michal Ballay, Phd. LL.M., Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, 1. mája 32, Žilina 010 01, michal.ballay@uniza.sk

Abstrakt: Požiarne modely sú moderným prostriedkom používaným na boj s požiarimi a získavanie poznatkov o nich. Tieto prostriedky sú založené na empirických a vedeckých poznatkoch a ich výsledky sú porovnateľné s reálnymi experimentmi. CFD - Model výpočtovej dynamiky tekutín je modelom simulácie požiarov, ktorý delí priestor výpočtovej oblasti na veľké konečné množstvo menších trojrozmerných výpočtových polí, v ktorých je simulovaný pohyb dymu a šírenie plameňa. Medzi CFD modely sa zaraďuje aj program FDS. Softvér FDS je počítačový program, ktorý je zameraný na riešenie problémov z oblasti požiarneho inžinierstva a zároveň je nástrojom slúžiacim k štúdiu základnej dynamiky požiaru a spaľovania. FDS je možné použiť pre štúdie zaoberajúce sa manipuláciou s dymom, aktiváciou požiarotechnických zariadení a rekonštrukciou požiarov v uzatvorených priestoroch alebo riešenie protipožiarnej bezpečnosti stavieb. Cieľom príspevku je popis vplyvu vstupných parametrov simulácií používaných pri predpovedi požiarne nebezpečného priestoru stavby na celkový výpočtový čas simulácií. Výsledné hodnoty odstupových vzdialeností sú ovplyvňované zmenou hodnôt jednotlivých parametrov, ktorých skúmanie je predmetom tohto príspevku.

Kľúčové slová: protipožiarne bezpečnosť stavieb, požiarne model, Fire Dynamics Simulator, odstupové vzdialenosti, vzdelávanie

1 Úvod

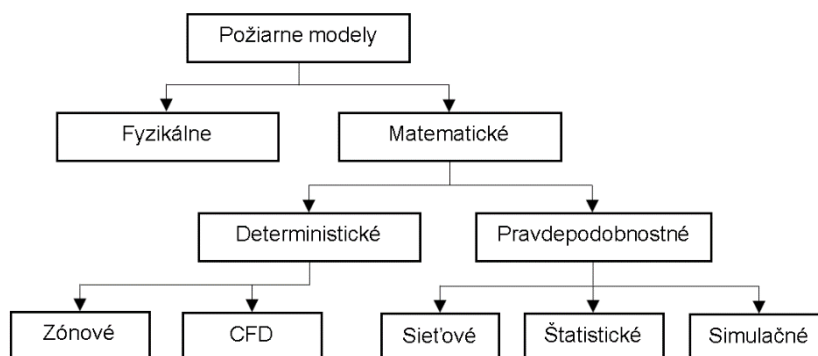
V súčasnosti je zaznamenaný nárast výstavby stavieb. S rastúcim počtom výstavby aj priamo úmerne klesá množstvo stavebných pozemkov, na ktorých je možnosť umiestnenia stavieb bez riešenia problematiky ovplyvňovania protipožiarnej bezpečnosti inej stavby. Z tohto dôvodu je potrebné čoraz viac dbať na riešenie problému prenosu požiaru medzi susednými stavbami. Aby sa efektívne mohlo zabrániť prenosu požiaru medzi stavbami je potrebné poznať nielen odstup medzi nimi, ale aj samotný priebeh požiaru, jeho správanie sa. Pomocou požiarne nebezpečného priestoru sa vie presne určiť potrebná vzdialenosť jednej stavby od druhej aby nedošlo k prenosu požiaru. Na základe tohto určenia sa ale nevie presne predvídať správanie sa požiaru. Samotný požiar je ovplyvnený mnohými faktormi, pričom malá zmena jedného z nich vie spôsobiť jeho odlišný priebeh. Neexistuje spôsob akým by sa dalo na 100 % pravdepodobnosťou predvídať správanie požiaru v uzatvorenom

priestore, avšak je možné odhadnúť jeho správanie pomocou dostupných nástrojov. Medzi takéto nástroje sa zaraďujú požiarne modely. Požiarne modely sú technológiou, ktorá umožňuje simuláciu požiarov, najmä v uzatvorených priestoroch. Vďaka tejto technológii vieme predpovedať správanie a priebeh požiarov, čím vieme účinne bojovať proti ich vzniku a tým eliminovať škody na majetku a najmä chrániť životy a zdravie osôb nachádzajúcich sa v týchto stavbách. Avšak implementácia požiarnych modelov do praxe je z pohľadu riešenia protipožiarnej bezpečnosti stavieb stále neznáma oblasť, pričom pre ich aplikáciu stačí stanoviť okrajové podmienky v jednotlivých oblastiach riešenia protipožiarnej bezpečnosti stavieb, za ktorých by podávali obdobné výsledky ako preskriptívny prístup.

Cieľom príspevku je popis vplyvu vstupných parametrov simulácií používaných pri predpovedi požiarne nebezpečného priestoru stavby na celkový výpočtový čas simulácií. Výsledné hodnoty odstupových vzdialeností sú ovplyvňované zmenou hodnôt jednotlivých parametrov, ktorých skúmanie je predmetom tohto príspevku.

2 Požiarne modely

Požiarne modely sú návrhové požiare, ktoré slúžia v rámci riešenia protipožiarnej bezpečnosti stavieb. Požiarne modely sa rozdeľujú do dvoch hlavných skupín, *Fyzikálne* a *Matematické*, ktoré sa ďalej členia podľa spôsobu použitia. Rozdelenie požiarnych modelov je znázornené na Obrázku 1 [1].



Obrázok 1. Rozdelenie požiarnych modelov [1]

Existuje nespočetné množstvo požiarnych modelov. Každý požiarne model má za úlohu najmä simulovať požiar a prenos dymu, pričom ale každý kladie dôraz na iné parametre ich vývoja. Každý model funguje inak a s inou presnosťou, niektoré sú platené iné nie, majú svoje výhody aj nevýhody [1]. Tento príspevok sa zaoberá implementáciou CFD (Computational Fluid Dynamics) modelov, konkrétne programom FDS (Fire Dynamics Simulator) a jeho aplikáciou do riešenia odstupových vzdialeností stavieb.

2.1 CFD a FDS

CFD modely sú modely výpočtovej dynamiky tekutín, ktoré fungujú na princípe rozdelenia priestoru požiaru (výpočtovej siete) na veľký počet malých trojrozmerných buniek. Výpočtová sieť môže obsahovať ľubovoľný počet buniek s ľubovoľnými rozmermi, pričom čím viac buniek o menších rozmeroch sa v priestore nachádza, tým je model presnejší. CFD model je založený na základných fyzikálnych princípoch zachovania energie, hmotnosti a hybnosti. Model počíta pohyb tepla a dymu medzi jednotlivými bunkami v čase, a v každom časovom okamihu je možné zistiť teplotu, rýchlosť a

koncentraciu plynov každej bunky. Pri tomto modeli sa predpokladá, že v každej bunke sú tieto parametre konštantné. Výhodou CFD modelov je schopnosť predpovedania požiaru v konštrukčne zložitých priestoroch, pričom v zónových modeloch sa dá hovoriť iba o jednoduchých priestoroch. Najznámejším CFD modelom je FDS [1-4].

Softvér FDS je počítačový program, ktorý je zameraný na riešenie problémov z oblasti požiarneho inžinierstva a zároveň je nástrojom slúžiacim k štúdiu základnej dynamiky požiaru a spaľovania. FDS je možné použiť pre štúdie zaoberajúce sa manipuláciou s dymom, aktiváciou požiarnotechnických zariadení a rekonštrukciou požiarov v uzatvorených priestoroch [3-5].

FDS funguje na základe riešenia Navier – Stokesových rovníc, ktoré sú vhodné pre nízkorýchlostné tepelne riadené prúdenie s $Ma < 0,3$ a dôrazom kladeným na prenos dymu a tepla z požiaru. Základným algoritmom pri výpočtoch je explicitná prediktorovo – korektorová schéma, ktorá je presná v priestore a čase druhého rádu. Vo väčšine prípadov sa v FDS využíva jedнокroková chemická reakcia, ktorá je riadená miešaním troch prvkov, a to vzduch, palivo a produkty. V menšom počte sa využívajú viacnásobné reakcie a reakcie, ktoré nie sú nevyhnutne riadené miešaním troch prvkov. Prenos tepla je do výpočtov zahrnutý pomocou rovnice prenosu žiarenia plynom alebo pomocou širokopásmového modelu. Absorpčné koeficienty zmesí plynov a sadzí sa počítajú pomocou úzkopásmového modelu RadCal a vychádzajú z Mieho teórie [5].

Simulácie v FDS fungujú na základe čítania vstupných parametrov z textového súboru, pomocou ktorých sa riešia rovnice popisujúce vývoj požiaru. Zobrazenie textového súboru FDS sa nachádza na Obrázku 2. Na základe rovníc sa následne zapisujú výstupné údaje do súborov určených používateľom. Každá simulácia je daná jedným textovým súborom, ktorý je možné zapísať textovým editorom alebo využitím používateľského grafického rozhrania PyroSim. FDS obsahuje sprievodný program Smokeview, ktorý číta výstupné údaje a vytvára simulácie na obrazovke. Smokeview má jednoduché rozhranie, ktoré je ovládané pomocou menu. V FDS je možné spustiť simulácie, ktoré sú jednoduché ale aj zložitejšie. Neexistuje žiadna pevne stanovená hranica, ktorá by zabraňovala spustiť príliš veľký výpočet, ktorý môže byť zložitý pre daný hardvér, avšak príliš veľké zjemňovanie výpočtovej mriežky vedie k časovo náročným simuláciám a od určitého rozmeru mriežky je prínos jemnosti z pohľadu dĺžky výpočtu irelevantný [5].

```
&HEAD CHID='DrevenyRam12' /
&TIME T_END=685.0/
&DUMP DT_DEVC=5.0, DT_HRR=5.0, DT_RESTART=300.0, DT_SL3D=0.25/

&MESH ID='Izba', IJK=60,40,25, XB=0.0,10.0,0.0,4.0,0.0,2.5/

&REAC ID='POLYURETHANE',
      FYI='NFPA Babrauskas',
      FUEL='REAC_FUEL',
      C=6.3,
      H=7.1,
      O=2.1,
      N=1.0,
      SOOT_YIELD=0.1/

&DEVC ID='Device', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.5,2.0,1.8/
```

Obrázok 2. Vstupný textový súbor FDS

3 Požiarne nebezpečný priestor

Prenos požiaru je v dnešnej dobe problematika, ktorú je potrebné stále viac riešiť, nakoľko neustále dochádza k výstavbe nových stavieb, ktoré vzhľadom na nedostatok stavebných pozemkov sa stavajú čoraz bližšie k sebe. Prenesenie požiaru či už z jedného požiarneho úseku na druhý alebo z jednej stavby na druhú môže mať za následok jeho rozšírenie a zvýšenie nielen škôd na majetku ale aj zvýšenie počtu zranených a usmrtených osôb [6].

Požiar sa prenáša z jedného požiarneho úseku na druhý alebo z jednej stavby na druhú pomocou požiarne nebezpečného priestoru okolo stavby, ktorý je tvorený sálavým teplom požiaru z požiarne otvorených plôch, alebo padajúcimi časťami horiacej konštrukcie. K zabráneniu prenosu požiaru sa využívajú požiarne deliace konštrukcie, najmä v interiéroch stavieb na zabránenie prenosu požiaru z jedného požiarneho úseku na druhý, a odstupové vzdialenosti, na zabránenie prenosu požiaru medzi stavbami. Požiarne nebezpečný priestor celej stavby môže zasahovať do verejného priestranstva, do ulice, parku alebo vodnej plochy. V prípade, ak sa požiarne nebezpečné plochy požiarnych úsekov stavieb prekrývajú, za rozhodujúci sa považuje väčší požiarne nebezpečný priestor. Odstupové vzdialenosti sú v Slovenskej republike riešené pomocou normy STN 92 0201 – 4, ktorá nadväzuje na ostatné normy rady STN 92 0201. Všetky normy používané na riešenie protipožiarnej bezpečnosti na Slovensku vychádzajú z publikácie *Zabraňujeme škodám* od Vladimíra Reichla vo všetkých zväzkoch. Odstupovými vzdialenosťami sa konkrétne zaoberá zväzok 27 [6, 7].

3.1 Presné určenie odstupových vzdialeností

Riešenie protipožiarnej bezpečnosti stavieb podľa knihy od Vladimíra Reichla vychádza z rád ČSN 73 08XX. Konkrétne zväzok 27 vychádza z ČSN 73 0804, ktorá je novšou upravenou verziou normy ČSN 73 0802. Tieto normy sa zaoberajú konkrétne odstupovými vzdialenosťami výrobných objektov. Aj napriek zameraniu noriem len na výrobné objekty je možné teoretické predpoklady z noriem využiť aj pri riešení odstupových vzdialeností nevýrobných stavieb a skladov [7].

Požiarne nebezpečný priestor je podľa Reichla priestor, ktorý sa vytvára okolo horiaceho požiarneho úseku alebo objektu, v ktorom je nebezpečenie prenosu požiaru sálaním tepla, alebo padajúcimi časťami konštrukcie, ktoré by mohli šíriť požiar na iný objekt alebo požiarny úsek. Požiarne nebezpečný priestor požiarneho úseku v stavebnom objekte je obmedzený plochou vedenou v odstupovej vzdialenosti d rovnobežne s požiarne otvorenou plochou posudzovaného požiarneho úseku. Po stranách je požiarne nebezpečný priestor obmedzený valcovými plochami s polomerom, ktorý je rovný odstupovej vzdialenosti, ktorej osi sú totožné s hranicami požiarne otvorenej plochy, ktoré vychádzajú z hraníc požiarne otvorenej plochy a zvierajú spolu uhol 160° . Výškovo je požiarne nebezpečný priestor určený podobne, ale je možnosť zjednodušenia vodorovnou rovinou vedenou vo vzdialenosti $0,7 d$ od hornej hranice požiarne otvorenej plochy. Odstupová vzdialenosť od požiarne otvorených plôch sa určuje na základe stanovenia kritickej plošnej hustoty tepelného toku I_0 dopadajúceho na stavebný materiál, pri ktorej dôjde k vznieteniu tohto materiálu, stanovenia plošnej hustoty tepelného toku z požiarne otvorených plôch I a stanovenia vzdialenosti, pri ktorej klesne hodnota plošnej hustoty tepelného toku z I na I_0 [7].

3.2 Určenie odstupových vzdialeností požiarovými modelmi

Nakoľko program FDS a PyroSim fungujú rovnako, PyroSim je len grafickým užívateľským rozhraním programu FDS, bude v nasledujúcej časti popísané len simulovanie v programe FDS

Základom modelovania priestoru v programe PyroSim je vytvorenie *Výpočtovej siete*. Výpočtová sieť sa skladá z výpočtových buniek, ktorým určujeme rozmer. Výpočty prenosu tepla, požiaru a splodín horenia prebiehajú jednotlivo v týchto bunkách a súčasne naraz v celej výpočtovej sieti pre čo najpresnejšie získanie výsledkov a vizualizácií [8].

Následne sa steny výpočtovej siete zadefinujú ako otvorené plochy, ktoré simulujú vonkajší priestor, exteriér. Jedna stena výpočtovej siete sa ponechá ako konštrukcia, do ktorej je osadený otvor, ktorý simuluje sálavú plochu, od ktorej sa určuje odstupová vzdialenosť. Sálavá plocha sa určí najskôr zadefinovaním povrchu, ktorému sa priradí konštantná teplota alebo hodnota rýchlosti uvoľňovania tepla, ktorá zodpovedá hodnotám teplôt požiaru vybraného skúmaného priestoru na základe výpočtového požiarneho zaťaženia. Hodnoty rýchlosti uvoľňovania tepla je možné určiť experimentálne, hodnoty teploty je možné určiť výpočtom podľa ISO 834. Následne sa konštrukcii priradí otvor s povrchom požiaru, a tak vznikne sálavá plocha [8].

Odstupová vzdialenosť je meraná zariadeniami, ktorým je priradená veličina, ktorú majú zariadenia zaznamenávať. FDS poskytuje možnosť použitia 10 zariadení, ktoré je možné použiť pri meraní odstupových vzdialeností. Tieto zariadenia sa líšia v meraní jednotlivých zložiek prenosu energie a v umiestnení na pevnú plochu alebo umiestnenia do vzduchu. Všetky zariadenia sú popísané v *Fire Dynamics Simulator User's Guide*, kapitola 22.10.22 *Heat Flux* [8]. Následne sa vybrané zariadenia umiestnia v požadovanej počte a vzdialenosti od sálavej plochy. Odstupová vzdialenosť je odčítaná a vykreslená pomocou *Slice File Output* a *Isosurface File Output* na základe kritickej hodnoty pre meranie požiarne nebezpečného priestoru $18,5 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ [8].

4 Metodika a výsledky

K tomu, aby sa v praxi dali aplikovať požiarne modely a mohli sa začať využívať pri určovaní odstupových vzdialeností od stavieb je potrebné vytvorenie veľkého počtu simulácií, ktorými sa postupne budú skúmať jednotlivé vstupné parametre a to, ako tieto parametre ovplyvňujú výpočtový čas simulácií, presnosť odčítania a vykreslenia odstupových vzdialeností, no najmä veľkosť odstupovej vzdialenosti od stavby. Tento článok sa konkrétne bude zaoberať vplyvom vybraných parametrov simulácií na výpočtový čas simulácií, ktorý je rozhodujúci pre jeho využiteľnosť v praxi, nakoľko účelom aplikácie požiarovych modelov do praxe je veci zjednodušovať a urýchľovať. Skúmanými parametrami boli [8]:

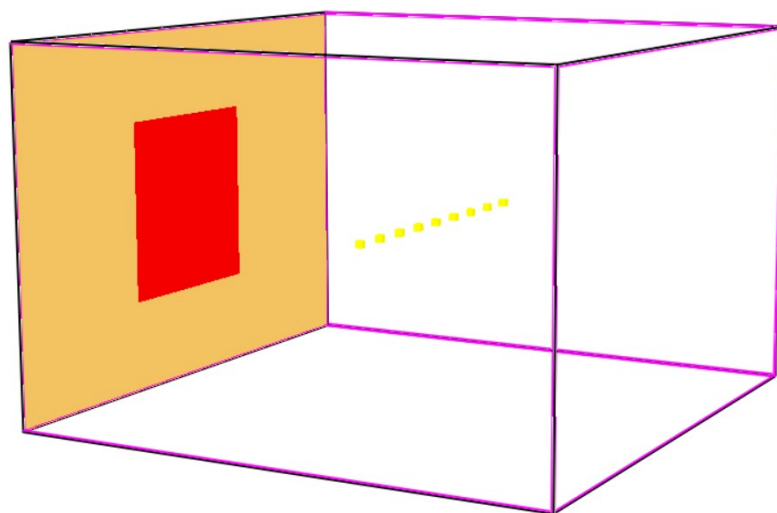
- *Veľkosť výpočtových buniek* vo výpočtovej mriežke.
- *Dĺžka cesty (Path Length)* [m] – tento parameter je dôležitý pri určovaní a zachytávaní hodnôt prenosu radiácie v priestore požiaru. V rámci výpočtu tepelného toku tento parameter udáva vzdialenosť medzi požiarom a meracím zariadením (cieľom).
- *Počet priestorových radičných uhlov (Number Radiation Angles)* – tento parameter zlepšuje priestorovú a časovú presnosť diskretnej rovnice prenosu žiarenia, čím ovplyvňuje vizualizáciu kritických hodnôt pri určovaní odstupových vzdialeností. Čím menší počet

priestorových radičných uhlov, tým má vizualizácia hviezdicovitejší tvar a naopak, čím je počet väčší, tým je vizualizácia kritickej hodnoty hladšia a približuje sa k tvaru oválu.

- *Prírastok časového kroku (Time Step Increment)* a *Prírastok uhlov (Angle Increment)* – tieto parametre ovplyvňujú frekvenciu výstupov zaznamenávaného žiarenia. Prednastavená hodnota prírastku časového kroku je 3 a prírastku uhlov 5. V takomto prípade, dôjde každých 15 časových krokov k aktualizácii rovnice prenosu žiarenia a teda k zaznamenaniu hodnôt. Ak hodnoty oboch parametrov budú 1, tak k zaznamenaniu hodnôt dôjde každý 1 časový krok.
- *Relatívna vlhkosť vzduchu (Humidity)* – tento parameter nadobúda hodnoty v rozmedzí 0-100, pričom prednastavená hodnota je 40 %.

4.1 Priestor simulácií

Základný priestor simulácii bol tvorený výpočtovou sieťou, ktorá mala rozmery 3 (š) x 3 (d) x 3 (v) m. Veľkosť výpočtových buniek bola 5 x 5 x 5 cm, teda v šírke výpočtovej siete sa nachádzalo 60 výpočtových buniek, v dĺžke 60 výpočtových buniek a vo výške 40 výpočtových buniek. *Dĺžka cesty* bola na prednastavených hodnotách 0,1 m. Hodnota *Počtu priestorových uhlov* bola 100, *Prírastok časového kroku* 3, *Prírastok uhlov* 5 a *Relatívna vlhkosť vzduchu* 40 %. Následne dochádzalo k zmene vždy jedného z parametrov, pričom ostatné zostali na prednastavených hodnotách. Požiar, sálavá plocha, bola vytvorená povrchom, ktorého teplota bola 900 °C, čo je ekvivalentná hodnota k požiaru priestoru so zaťažením 50 kg.m⁻². Sálavá plocha mala určené rozmery 1 x 1 m. K zaznamenávaniu a odčítaniu odstupových vzdialeností, boli vytvorené *Slice File Output* s výškou zaznamenávania 1 m, čo predstavuje výšku v polovici okna, a *Isosurface File Output* s hodnotou zaznamenávania 18,5 kW.m⁻². Nakoniec boli vytvorené zariadenia, vybraným zariadením bolo zariadenie *Gauge Heat Flux Gas*, nakoľko toto zariadenie zaznamenáva prúdenie aj sálanie, a je možné ho umiestniť do voľného priestoru, teda nie je viazané na pevnú konštrukciu. Tieto zariadenia boli umiestnené v počte 9 kusov vo vzdialenosti 1,4 m od zdroja tepla. Čas simulácie bol nastavený na 10 s. Približne v 6 sekunde došlo k ustáleniu tepla vyžarujúceho zo zdroja, pričom čas simulácie bol navýšený na 10 s z dôvodu rezervy prípadných zmien vo vyžarovaní. Na obrázku 3 je znázornený základný priestor simulácií a na obrázku 4 je zobrazený vstupný súbor FDS simulácie pre základný priestor.



Obrázok 3. Základný priestor simulácie v FDS


```

&HEAD CHID='skuska' /
&TIME T_END=10.0/
&DUMP DT_DEVC=1.0, DT_RESTART=5.0/

&MESH ID='miestnost', IJK=30,30,20, XB=0.0,3.0,0.0,3.0,0.0,2.0/

&SURF ID='POZIAR', COLOR='RED', TMP_FRONT=900/

&VENT ID='o1', SURF_ID='OPEN',XB=0.0,0.0,0.0,3.0,0.0,2.0/
&VENT ID='o2', SURF_ID='OPEN',XB=0.0,3.0,3.0,3.0,0.0,2.0/
&VENT ID='o3', SURF_ID='OPEN',XB=0.0,3.0,0.0,0.0,0.0,2.0/
&VENT ID='o4', SURF_ID='OPEN',XB=0.0,3.0,0.0,3.0,2.0,2.0/
&VENT ID='o5', SURF_ID='OPEN',XB=0.0,3.0,0.0,3.0,0.0,0.0/

&VENT ID='poziar1', SURF_ID='POZIAR',XB=3.0,3.0,1.0,2.0,0.5,1.5/

&DEVC ID='rhfg1', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',XYZ=1.4,0.7,1.0, ORIENTATION=1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='rhfg2', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',XYZ=1.4,0.9,1.0, ORIENTATION=1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='rhfg3', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',XYZ=1.4,1.1,1.0, ORIENTATION=1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='rhfg4', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',XYZ=1.4,1.3,1.0, ORIENTATION=1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='rhfg5', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',XYZ=1.4,1.5,1.0, ORIENTATION=1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='rhfg6', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',XYZ=1.4,1.7,1.0, ORIENTATION=1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='rhfg7', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',XYZ=1.4,1.9,1.0, ORIENTATION=1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='rhfg8', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',XYZ=1.4,2.1,1.0, ORIENTATION=1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='rhfg9', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',XYZ=1.4,2.3,1.0, ORIENTATION=1.0,0.0,0.0/

&SLCF QUANTITY='INTEGRATED INTENSITY', VECTOR=.TRUE., CELL_CENTERED=.TRUE., ID='ID', PBZ=1.0/

&ISOF QUANTITY='INTEGRATED INTENSITY', VALUE=18.5/

&TAIL/

```

Obrázok 4. Vstupný súbor FDS simulácie základného priestoru

4.2 Testované parametre

Nasledujúca časť príspevku sa zaoberá vplyvom zmeny jednotlivých parametrov na dĺžku trvania simulácií. Pri posudzovaní veľkostí buniek výpočtovej siete boli vytvorené 4 simulácie. Bunky boli vytvárané ako kocky s rozmermi 10 mm, 25 mm, 50 mm a 75 mm. V rámci posudzovania parametra *Dĺžka cesty* bolo vytvorených 5 simulácií, pričom dĺžka cesty bola stanovená na 0,1 m, 1 m, 1,4 m, 2 m a 3 m. Ďalším posudzovaným parametrom bol *Počet priestorových uhlov* v 6. simuláciách s hodnotou priestorových uhlov 100, 500, 1 000, 1 500, 2 000 a 2 500. V rámci parametrov *Prírastku časového kroku* a *Prírastku uhlov* boli robené kombinácie všetkých možných hodnôt, z čoho bolo vytvorených 15 simulácií. Posledným skúmaným parametrom bola relatívna vlhkosť vzduchu, pričom bolo vytvorených 11 simulácií s hodnotami relatívnej vlhkosti vzduchu v rozmedzí 0 – 100 %.

4.3 Výsledky

Na základe zmeny testovaných parametrov bola vytvorená tabuľka 1, v ktorej sú popísané jednotlivé parametre, pri ktorých dochádza k zmene počas simulácií s uvedením vplyvu, aké mali tieto parametre na dĺžku simulácií v percentách.

Tabuľka 1. Testované parametre s uvedením vplyvu na dĺžku simulácií

Testovaný parameter	Rozsah	Čas simulácie		Zmena v dĺžke simulácie
		Minimum	Maximum	
Veľkosť buniek	10, 25, 50, 75 mm	Sekundy	Dni	Čas simulácií od

				sekúnd do dní
Délka cesty	0,1 – 3 m	4:10 min	4:10 min	0 %
Počet priestorových uhlov	100 – 2 500	4:10 min	28 min	+ 600 %
Prírastok časového kroku a uhlov	1:1 – 3:5	4:10 min	17 min	+ 400 %
Relatívna vlhkosť vzduchu	0 – 100 %	4:10 min	5:45 min	+ 27 %

Na základe uvedených výsledkov vieme povedať, že parameter *Délka cesty (Path Length)* jako jediný nemá vplyv na dĺžku času simulácií, nakoľko všetkých 5 simulácií trvalo 4 min a 10 s.

Najvýraznejšiu zmenu na dĺžku času simulácií má veľkosť výpočtových buniek, nakoľko simulácia s najhrubšou mriežkou (75 mm) bola nasimulovaná v priebehu pár sekúnd, a simulácia s najjemnejšou mriežkou (10 mm) trvala jeden a pol dňa. Pri určovaní veľkostí výpočtových buniek je potrebné dbať nie len na výpočtový čas, ale aj na presnosť výsledkov. Čím hrubšia je výpočtová mriežka, tým menej buniek sa vo výpočtovej sieti nachádza a teda výsledky môžu dosahovať väčšie odchýlky, ale výpočtový čas simulácií je veľmi malý. Naopak čím jemnejšia je výpočtová sieť, tým sú výsledky presnejšie vzhľadom na množstvo výpočtových buniek, v ktorých prebiehajú výpočty. Z tohto dôvodu je potrebné, aby sa pri nastavovaní vstupných parametrov dbalo nie len na dĺžku simulácií, ale aj na kvalitu výsledkov, teda by bolo vhodné zvoliť možno jemnejšiu mriežku za účelom získania presnejších výsledkov.

Výrazný vplyv na výpočtový čas simulácií má aj *Počet priestorových uhlov (Number Radiation Angles)*. V tomto prípade sa výpočtový čas môže zvýšiť až o 600 % pri počte priestorových uhlov 2 500, pričom prednastavená hodnota je 100. V prípade určenia ešte vyššieho počtu priestorových uhlov, by sa mohol zvýšiť aj výpočtový čas. Otázkou je či by ešte navýšenie počtu priestorových uhlov bolo potrebné vzhľadom na kvalitu výsledkov, čo môže byť predmetom ďalšieho výskumu.

Tak ako predošlé parametre, tak aj *Prírastok časového kroku (Time Step Increment)* a *Prírastok uhlov (Angle Increment)* mali výrazné vplyv na dĺžku simulácií, a to až +400 %. Pri pomere prírastku časového kroku a uhlov 3:5 bol čas simulácie 4 min a 10 s, a pri pomere týchto parametrov 1:1 bol čas simulácie až 17 min. Tak ako aj parameter počtu priestorových uhlov má vplyv nielen na čas simulácií, ale môže mať vplyv aj na kvalitu výsledkov, je potrebné vykonať citlivosťnú analýzu jednotlivých parametrov pre požadované simulácie.

Najmenší vplyv na výpočtový čas simulácií má relatívna vlhkosť vzduchu, a to len 27 %. Pri nulovej relatívnej vlhkosti vzduchu je dĺžka času simulácie 4 min a 10 s, a pri maximálnej relatívnej vlhkosti vzduchu (100 %) je čas simulácie 5 min a 45 s. Samozrejme je potrebné, pri určovaní relatívnej vlhkosti vzduchu priestoru dbať aj na priestor, ktorý práve simulujeme a na podmienky, ktoré sa nachádzajú v tomto priestore v reálnom prostredí, aby nedošlo k zbytočnému odkloneniu od skutočnosti, a tým k nepresnostiam vo výsledkoch.

5 Závěr

Riešenie protipožiarnej bezpečnosti ako celku, alebo len jej niektorej časti ako odstupové vzdialenosti v požiarnych modeloch je náročný a zdĺhavý proces. Je vždy potrebné zvážiť, ktoré parametre a v akom pomere môžu mať vplyv na či už na dĺžku simulácií, alebo aj na kvalitu výsledkov. Tento príspevok sa zaoberal analýzou vplyvu vybraných parametrov na celkový výpočtový čas simulácií. Ako je zrejmé z výsledkov, tak parametre ako veľkosť výpočtových buniek, počet priestorových uhlov, prírastok časového kroku, prírastok uhlov a relatívna vlhkosť vzduchu majú či už výraznejší, alebo jemnejší vplyv na celkový čas trvania simulácií. Tento príspevok poukázal nie len na konkrétne porovnanie vplyvu parametrov na dĺžku času simulácií, ale aj nastavil nové vynárajúce sa otázky ohľadom požiarnych modelov a ich aplikácie do riešenia protipožiarnej bezpečnosti stavieb, ktoré je potrebné riešiť a môžu mať významný vplyv na celkové výsledky.

PodĎakovanie

Príspevok vznikol za podpory projektu KEGA projekt č. 041ŽU-4/2023 „VZDELÁVACÍ A VÝCVIKOVÝ MODUL ROZŠIRUJÚCI ZNALOSTI, ZRUČNOSTI A KOMPETENCIE ŠTUDENTOV PROGRAMU ZÁCHRANNÉ SLUŽBY“ a projektu Grantového systému UNIZA č. 18757.

Referencie

- [1] BEYLER, C.L. a kol. 2008. *Introduction to Fire Modeling*. Zdroj: COTE, A. a LINVILLE, J. 2006. *Fire protection handbook*. National Fire Protection Association – NFPA, ISBN-13: 978-0877657583, ISBN-10: 0877657580.
- [2] HANSEN, R. 2008. *Pilot study: Modeling of wildfires* [Thesis for the degree Master of Science]. Švédsko: Blekinge Institute of Technology, School of Engineering, Department of Mathematics and Science. 2008. 79 s.
- [3] MÓZER, V. 2015. *K problematike pravdepodobnostného modelovania požiarneho rizika*. In: *Riešenie krízových situácií v špecifickom prostredí: 20. medzinárodná vedecká konferencia*. Žilina: Žilinská univerzita, 2015. s. 417 – 424.
- [4] PUTORTI, A. D. Jr. 2023. *Computer Fire Models* [online]. NIST: Fire Safety Engineering Division, Building and Fire Research Laboratory. Dostupné na: https://www.interfire.org/res_file/firemod.asp.
- [5] MCGRATTAN, K. a kol. 2013. *Fire Dynamics Simulator – User’s Guide* [online]. NIST – National Institute of Standards and Technology. Dostupné na: https://tsapps.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=913619.
- [6] STN 92 0201 - 4: 2000, *Požiarne bezpečnosť stavieb – Odstupové vzdialenosti*.
- [7] REICHEL, V. 1989. *Navrhování požární bezpečnosti výrobních objektů – Část IV – Svazek 27*. 1. vyd. Praha: Česká státní pojišťovna, 1989. 152 s.
- [8] *PyroSim User Manual*, 2022 [online]. Thunderhead Engineering, Dostupné na: <https://support.thunderheadeng.com/docs/pyrosim/2020-2/user-manual/>

Best Practices for Authentication in Mobile Applications

Mimi Enakome Oka ¹, Assoc. Prof Martin Hromada², Dr Radek Vala ³, Professor Roman Jasek⁴

¹ Tomas Bata University, Zlin Czech Republic, oka@utb.cz

² Tomas Bata University, Zlin Czech Republic, hromada@utb.cz

³ Tomas Bata University, Zlin Czech Republic, vala@utb.cz

⁴ Tomas Bata University, Zlin Czech Republic, jasek@utb.cz

Abstract:

Mobile devices have seamlessly integrated into our daily routines, offering enhanced technological capabilities, spanning health, banking, fitness, and social networking. However, this increased reliance on mobile platforms exposes users to potential threats. This research paper delves into analysis of three authentication practices; passwords, biometrics, and tokens shedding light on their respective advantages, drawbacks, and countermeasures when employed in mobile applications designed for Android and iOS devices. The primary objective is to review authentication measures for developers and security professionals in order to mitigate the risks associated with authentication failure.

Keywords: Authentication Failures, Mobile Applications, Malicious Attackers, Application Programming Interface (API), Software Vulnerability.

1 Introduction

As per Statista data[21], in the year 2022, consumers globally downloaded a staggering 255 billion mobile applications onto their connected devices. An increase is anticipated, indicating a rise in the number of mobile application downloads in the years ahead.

In an era where our personal information is increasingly stored online, safeguarding these details becomes paramount due to the potential harm that can arise if they fall into the wrong hands. Security considerations play a crucial role across various dimensions, encompassing data uploads, access control, confidentiality, key agreement, data integrity, and authentication. Addressing these concerns becomes essential to fortify the protection of sensitive personal information against potential adversaries [1].

This paper delves into the critical issues of authentication failures in mobile devices and the security vulnerabilities associated with APIs. Notably the Open Web Application Security Project (OWASP) has underscored the significance of broken authentication, ranking it at number 3 among the top 10 mobile risks in 2023. Furthermore, the paper addresses the API security landscape where broken object level authorization (BOLA) has been identified as the primary concern, securing the top spot at number 1, while broken factor authorization (BFA) holds the position of number 5 in the list of top 10 API security risk for the year 2023 [2].

Prior research endeavors have identified numerous factors contributing to authentication failures as follows.

Firstly, many ios applications rely on mechanisms such as jailbreak detection, root detection, and SSL pinning for security. These measures are inadequate when employed in isolation [3].

Secondly, inadequate authorization practice can result in the circumvention of authentication. This may occur through direct submission of service requests to mobile application back-end server, bypassing any direct interaction with the mobile application itself. Additionally, it opens the door for a legitimate user who has successfully passed the authentication process to manipulate vulnerabilities by force browsing to an exposed endpoint and executing administrative functions. The peril of privilege escalations becomes more pronounced when authorization decisions are localized within the mobile device rather than being executed on a remote server, posing risk of system compromise and unauthorized access to sensitive information [2].

Thirdly, malicious codes on the endpoints can allow authentication to others than the intended user[22]. When attackers gain control over an endpoint, which is a component of API, they possess the means to initiate an attack and exploit the associated privileges, posing a significant threat to the security of the system [4].

Fourthly, noteworthy contributions from the National Institute Standards and Technology (NIST) and various research organizations have led to the categorization of software security defects into seven distinct types. These categories include incomplete parameter validation, inconsistent parameter validation, implicit sharing of privileged or confidential data, asynchronous validation or inadequate serialization, inadequate identification, authentication, and authorization, violable prohibition or limit, and exploitable logic errors [5]. Vulnerability and defect in existing software systems may lead to unauthorized access to sensitive information, exfiltration or manipulation of proprietary information and denial of service [6].

Prior research has extensively examined vulnerabilities in web applications, along with the corresponding best practices. However, there are a few comprehensive studies focusing on vulnerabilities within mobile applications and the associated best practices. This research paper aims to address this gap by shedding light on various authentication methods tailored for mobile applications. The primary focus is on analyzing the merits, drawbacks, and countermeasures of authentication methods, providing valuable insights for enhancing mobile application security.

It is important for organizations to prioritize the establishment of robust access controls and comprehensive security policies to effectively mitigate the risk associated with authentication failures in mobile applications. Authentication failures primarily arise from weaknesses in business logic and insufficient access control, as opposed to being predominantly linked to denial-of-service attacks, injection attacks or cross – site scripting.

2 Authentication

Achieving a delicate equilibrium between the security and usability of mobile applications is crucial, and this is where identification and authorization come into play. Identification establishes who the user is while authentication methods such as passwords, tokens, and

biometrics serve to verify this identification. Authentication can be categorized into three components; what the user knows, what the user has, and what the user is [7].

However, this categorization is not without its problems. For example, the reliance on memory for password-based authentication introduces potential challenges as passwords are not inherently known but memorized, making it susceptible to forgetfulness, whether in the short term or over an extended period. Also, Biometrics such as fingerprints or facial features are one aspect of individuals physical characteristics, they are not a comprehensive representation of one's complete identity or personality. The following authentication labels are preferred; knowledge-based authenticators, object-based authenticators, and ID based authenticators [8].

These traditional methods of authentication are difficult to utilize for continuous authentication and cannot guarantee that the rightful user is still using the same device [9] therefore mobile applications must implement authorization mechanism for sensitivity or security related activities. Application based profiling which uses app access history to classify user access patterns can provide security protection [9]. Continuous authentication mechanisms monitors and analyze the security parameters of the connected devices and resources in such a way that if a suspicious activity is detected by the system, the user may be denied further access [10].

The strength of an authentication system is indeed influenced by the individual strength of the authentication method employed. The overall security of the system is only as robust as the weakest link in the authentication chain [11]. Therefore, it is essential to carefully assess and strengthen each component of the authentication process. A well-designed authentication system considers the strengths and potential vulnerabilities of each method to create a comprehensive and resilient defense against unauthorized access.

2.1 Methods of Authentication

Passwords

Passwords are a widely used and cost-effective method of authentication. Their advantages are, they are inexpensive, easy to implement and change [7]. However, they are vulnerable to attacks, such as guessing, phishing, brute force attacks etc [12].

Passwords can be stolen online, enabling unauthorized access to mobile applications through replay attacks, brute force attack, and dictionary attack. Password security can be enhanced by system administrators verifying the password strength with tools such as dictionary attack programs and brute force attack programs [11].

Additionally, the practice of users sharing passwords or writing them down due to the challenge of managing multiple passwords diminishes security [11]. Users should take responsibility to protect their passwords.

Most importantly, the vulnerability of passwords is during their transmission over a channel. A solution to this concern is for the claimant to demonstrate knowledge of the password without directly transmitting it. While hashing provides a cryptographic approach, the transmission of hashed passwords over a channel remains susceptible to both brute force attack, and dictionary attacks [11].

To enhance the security of password, a common practice is salting, which involves appending additional strings to the password before hashing. This process results in a longer string, adding complexity and making it more challenging to decrypt [13].

The primary challenge of cryptography for the claimant lies in safeguarding the shared key or private key. Conversely, on the monitor side, the upkeep of the public key infrastructure can be resource intensive in terms of time, energy, and financial investment [14].

There is a notable risk of broken cryptography stemming from insecure development practices, particularly the use of custom, non-standard cryptographic algorithms. Employing encoding and obfuscation techniques that are treated as equivalent to encryption, or directly hardcoding cryptographic keys into the application code, may lead to compromised data confidentiality or potential escalation of privileges [15].

Embedding sensitive information like log in credentials, shared secret keys, access tokens, and critical business logic directly into application code possesses a security risk, as attackers may exploit reverse engineering to gain unauthorized access. Although combining passwords with additional authentication forms such as one-time passwords (OTP) is a potential solution, it introduces challenges. Mobile apps at times rely on device identifiers like the International Mobile Equipment Identifier (IMEI), International Mobile Subscriber Identifier (IMSI) or universally unique ID values. Unfortunately, dependence on these identifiers can contribute to broken authentication and privilege access issues [15].

Password manager can be used to store passwords instead of writing them down. It is advisable to explore more robust and secure authentication methods such as multifactor authentication to safeguard user credentials and enhance overall mobile application security.

Biometrics

Biometrics encompass a diverse range of characteristics falling into three categories: morphological (iris, voice, fingerprint, retina, height, skin, weight), behavioral (voice, keystrokes dynamics, signature, driving, gaming), and biological (blood, odor, DNA sample). They exhibit notable advantages compared to traditional methods such as passwords and token-based systems [16].

Despite these advantages, biometrics face challenges in widespread acceptance due to perceived intrusiveness and concerns about encroaching on personal privacy. The collection and utilization of unique biological and behavioral traits for authentication can raise apprehensions among individuals regarding the potential misuse or unauthorized access to their sensitive information [7].

There are two types of possible failures in biometric system: Failure to enroll (FTE) where a user cannot interact with the system properly, or the samples are of inherently poor quality, making it challenging for the sensor or the feature extraction process to process the individual accurately e.g. when the finger has a bruise or is cut or worn out, due to age or manual labor, and failure to capture (FTC), where the device struggles to capture a high quality biometric signal [17]. One method to enhance the accuracy of biometric system is to incorporate more than one biometric

trait in a recognition application. For instance, combining face and iris traits or utilizing fingerprints from all ten fingers can help establish the identity of an individual, such a system is referred to as multi- biometric system. [17]

Two types of vulnerabilities can arise in this process. The first is denial of service, where the system fails to recognize a legitimate user. The second is intrusion where the system erroneously identifies an impostor as a legitimate user, a scenario known as zero effort attack. Addressing and mitigating these vulnerabilities is crucial for ensuring the reliability, and effectiveness of biometric authentication systems [17].

Spoof attacks and template database leakage pose significant threats to the security of biometric systems, both of which can lead to denial of service and intrusion. A spoof attack occurs when a fraudulent biometric sample, not derived from a living person, is presented, examples include passport photographs, masked faces, or dismembered body parts from legitimate users [17]. The gravity of the spook attack lies in its potential to be executed at a camera (sensor) level without requiring any technical expertise [18]. The camera in mobile devices have infrared for the authentication mechanism to distinguish a real person from a photo. Liveness detection techniques such as blinking of eyes, are employed to ensure the authenticity of the presented biometric data [17], such that the legitimate user being authenticated is aware, and not sleeping or unconscious.

Template database leakage occurs when the biometric template of a legitimate user becomes accessible to the attacker. This exacerbates the issue of spoofing, as it facilitates the attacker in recovering the biometric pattern by merely reverse engineering the template [17]. The common technique used to mitigate such threat is to have a biometric template protection scheme that can stop someone from using the biometric information if its compromised [22].

The most straightforward method for securing a biometric template involves encrypting them using standard cryptographic techniques like the AES and RSA algorithms. Unlike password encryption, direct matching in the encrypted domain is not feasible. Instead, the template must be decrypted before it can be matched with the query features, exposing the original biometric feature during each authentication attempt. In standard encryption, the solution is recoverable under ideal conditions, provided the secret key is in a trusted location. The critical problem of biometric authentication on mobile applications is that if authentication fails consecutively, it offers another factor of authentication usually the pin/passcode[22]. Other drawbacks include key management challenge and the susceptibility to theft or attack of the template during matching [17].

Token and Session Management

JSON Web Tokens (JWTs) serve as prevalent method for client–server authentication. In this process the client initiates authentication by submitting users' credentials, typically username and password to the server. Upon successful validation, the server generates a JWT containing pertinent user information, signs it with a secret key, and transmits it back to the client. The client securely stores the JWT and includes it in subsequent requests to access protected resources on the server. Upon receiving such a request, the server verifies the token signature, extract users' detail, performs access control checks, and responds accordingly [19].

A fundamental property of the JWTs is their integrity; once a token is created and signed by the server, its content cannot be altered by the client. This integrity is ensured using cryptographic signatures. The payload of the JWT may contain claims or information about the user, and any modification attempts by the client would be detected during verification [19].

The potential drawback arises in scenarios where token revocation or expiration is not handled appropriately. If a server issues a JWT with a long expiration time and does not provide a mechanism for a client to refresh or revoke the token, the security of the system may be compromised. For instance, if a JWT is intercepted or compromised, an attacker could use it until it expires [19]. To address this, it is recommended to implement token expiration, proper token refresh mechanisms, and if needed, token revocation mechanisms to enhance the security of JWT based authentication systems [20].

Time based JWTs which includes an expiration time stamp contributes significantly to thwarting certain types of attacks such as brute force attack and pre-image attacks [19]. Even if an attacker manages to intercept a token, the time available to exploit is limited such that subsequent request would require a new token. In the case of pre-image attacks, where an attacker attempts to reverse engineer a hashed or encrypted value to obtain the original data, the cryptographic signature adds an additional layer of protection so even when the attacker obtains a valid token, its usefulness is limited due to rapid expiration [20].

The log out functionality in mobile applications serves to terminate users' sessions securely. Initiating log out triggers the destruction of the user's session or the clearing of authentication tokens, preventing any lingering risks of unauthorized access. Tailoring sessions duration to match the mobile application's nature is crucial. For heightened security, financial or sensitive apps may opt for shorter session durations, while others might extend sessions to enhance users' convenience [13]. Striking a balance between security and users experience is key in mobile applications.

Mobile applications face the potential threat of insecure data storage, typically stemming from various factors such as the encryption for sensitive data, caching information not intended for long term storage, granting global file permissions, or neglecting platform – specific best practices. This vulnerability can result in the exposure of confidential information, privacy violations and non-compliance with security standards [15]. In mobile apps just as in web applications, adhering to best practices for secure communication, multifactor authentication, encryption, and vigilant monitoring for suspicious activities is imperative for robust security [13].

3 Conclusion

Ensuring robust authentication methods in mobile applications holds significant importance in mitigating the risk associated with cyber-attacks, which have the potential to expose sensitive information and escalate privileges. This research paper has introduced three authentication practices, shedding lights on their respective advantages, drawbacks, and countermeasures. The ensuing conclusions and recommendations are outlined below:

In the realm of mobile applications, bolstering password security is imperative. Implementing a program to detect and thwart dictionary attacks and brute force attack stands as a crucial defense mechanism. This involves monitoring and limiting the number of consecutive failed login attempts, thus preventing malicious actors from systematically attempting numerous combinations. Furthermore, the storage of passwords using password manager can be implemented. By fortifying password security through these measures, mobile applications can significantly mitigate the risks associated with unauthorized access and enhance overall user data protection.

Biometric traits while offering a unique and convenient means of authentication, are susceptible to security threats such as template leakage. This can potentially lead to denial-of-service attacks and unauthorized intrusion. To enhance the security of biometric data, a crucial step involves encrypting the biometric templates, ensuring that even if the data is intercepted, it remains indecipherable without the appropriate decryption keys. Additionally, secure storage must be implemented to protect biometric templates from unauthorized access. By adopting robust encryption techniques, and stringent storage security measures, the integrity and confidentiality of biometric data can be preserved, mitigating the risks associated with potential attacks and reinforcing the overall security posture of biometric authentication systems for mobile applications.

Tokens are susceptible to security threats such as brute force attacks, and pre-image attacks. To fortify token security, it is crucial to implement a combination of measures, including token expiration and a token refresh mechanism. Together, they act as an effective counter measure against brute force attacks and pre-image attacks. These contribute to a more resilient, and secure authentication system of mobile applications by minimizing the impact of compromised tokens and promoting timely renewal of authentication credentials.

This study focuses on three primary authentication methods: passwords, biometrics, and token/session management. To enhance the scope of future research, it would be beneficial to evaluate multi-factor authentication, for example, pin and biometrics (iris) or password and biometrics (fingerprint) along with others such as smart cards and certificate-based authentication. This could contribute valuable insights into their effectiveness, user friendliness, and overall security implications. Additionally, considering behavioral biometrics as a continuous authentication measure could enrich the study by exploring emerging technologies in the authentication landscape.

References

- [1] MBAREK, B., GE, M. and PITNER, T. *Trust-Based Authentication for Smart Home Systems*. Springer Science and Business Media LLC, -11-17, 2020 ISBN 0929-6212. DOI 10.1007/s11277-020-07965-0.
- [2] *Owasp*. Available from: <https://owasp.org/www-project-mobile-top-10/2023-risks/m3-insecure-authentication-authorization.html>.
- [3] VIRIYA, A. and MULIONO, Y. *Peeking and Testing Broken Object Level Authorization Vulnerability Onto E-Commerce and E-Banking Mobile Applications*. Elsevier BV, 2021 ISBN 1877-0509. DOI 10.1016/j.procs.2021.01.101.
- [4] FARHAN, S., et al. *A Survey on Security for Smartphone Device*. The Science and Information Organization, 2016 ISBN 2158-107X. DOI 10.14569/ijacsa.2016.070426.
- [5] HUI, Z., HUANG, S., REN, Z. and YAO, Y. *Review of Software Security Defects Taxonomy* doi.org/10.1007/978-3-642-16248-0_46
- [6] VISALLI, N., et al. *Towards Automated Security Vulnerability and Software Defect Localization*. DOI 10.1109/SERA.2019.8886795.
- [7] ZVIRAN, M. and ERLICH, Z. *Identification and Authentication: Technology and Implementation Issues*. Association for Information Systems, -01, 2006 DOI 10.17705/1cais.01704.
- [8] O'GORMAN, L. *Comparing Passwords, Tokens, and Biometrics for User Authentication*. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), -12, 2003 ISBN 0018-9219. DOI 10.1109/jproc.2003.819611.
- [9] ASHIBANI, Y. and MAHMOUD, Q.H. *A Multi-Feature User Authentication Model Based on Mobile App Interactions*. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2020 DOI 10.1109/access.2020.2996233.
- [10] JEYANTHI, N.A. *Review of Modern Authentication Methods in Digital Systems*. IEEE, -11-16, 2023 DOI 10.1109/aicera/icip.2023.10420169.
- [11] ZULKARNAIN, S., et al. *A Review on Authentication Methods*. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 2013, 7 (5), pp.95-107. Hal-00912435.
- [12] KARIM, N.A., et al. *Online Banking User Authentication Methods: A Systematic Literature Review*. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2024 DOI 10.1109/access.2023.3346045.
- [13] LALA, S.K., KUMAR, A. and T., S. *Secure Web Development using OWASP Guidelines*. IEEE, -05-06, 2021 DOI 10.1109/icip.2021.9432179.
- [14] KHAN, H.U., et al. *Role of Authentication Factors in Fin-Tech Mobile Transaction Security*. Springer Science and Business Media LLC, -09-08, 2023 DOI 10.1186/s40537-023-00807-3.
- [15] JAIN, A.K., SHANBHAG, D., *Addressing Security Risk and Privacy* 2012 DOI:10.1109/MITP.2012.72.
- [16] BALI, A., GOSWAMI, S. and SHARMA, S. *Biometrics Security in Mobile Application Development & its Applications*. International Journal of Scientific and Technical Advancement ISBN 2454-1532.
- [17] JAIN, A.K., ROSS, A.A. and NANDAKUMAR, K. *Introduction*. Springer US, 2011 DOI 10.1007/978-0-387-77326-1_1.
- [18] RATTANI, A. and DERAKHSHANI, R.A. *Survey of Mobile Face Biometrics*. Elsevier BV, -09-14, 2018 ISBN 0045-7906. DOI 10.1016/j.compeleceng.2018.09.005.
- [19] AHMED, S. and MAHMOOD, Q. *An Authentication Based Scheme for Applications using JSON Web Token*. 2019 22nd International Multitopic Conference (INMIC), Islamabad, Pakistan, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/INMIC48123.2019.9022766.
- [20] *Rfc 6819*. Available from: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc6819>.
- [21] *Statista*. Available from: <https://www.statista.com/statistics/271644/worldwide-free-and-paid-mobile-app-store-downloads>.
- [22] *Nist*. Available from: <https://pages.nist.gov/800-63-3/sp800-63b.html>.
- [23] KUNDA, D. and CHISHIMBA, M. *A Survey of Android Mobile Phone Authentication Schemes*. Springer Science and Business Media LLC, -08-09, 2018 ISBN 1383-469X. DOI 10.1007/s11036-018-1099-7.
- [24] PARMAR, V., SANGHVI, H.A., PATEL, R.H. and PANDYA, A.S. *A Comprehensive Study on Passwordless Authentication*. IEEE, -04-07, 2022 DOI 10.1109/icscds53736.2022.9760934.
- [25] LEE, J., CHOI, H., YOON, J.H. and KIM, S. *An Empirical Analysis of Incorrect Account Remediation in the Case of Broken Authentication*. IEEE Access, vol. 11, pp. 141610-141627 DOI 10.1109/ACCESS.2023.334341.
- [26] *Apple-Platform-Security-Guide*. , -05, 2022.
- [27] HASSAN, M.M., et al. *Broken Authentication and Session Management Vulnerability: A Case Study of Web Application*. UK Simulation Society, -05-18, 2018 ISBN 1473-804X. DOI 10.5013/ijssst.a.19.02.06.

- [28] SHAHID, J., et al. *A Comparative Study of Web Application Security Parameters: Current Trends and Future Directions*. MDPI AG, -04-18, 2022 DOI 10.3390/app12084077.
- [29] PATEL, V.M., CHELLAPPA, R., CHANDRA, D. and BARBELLO, B. *Continuous User Authentication on Mobile Devices: Recent Progress and Remaining Challenges*. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), -07, 2016 ISBN 1053-5888. DOI 10.1109/msp.2016.2555335.
- [30] HE, W., TIAN, X. and SHEN, J. *Examining Security Risks of Mobile Banking Applications through Blog Mining*. VL 1353 JO 2015/01/01 SP – 103 EP – 108 T1 CEUR Workshop Proceedings ER.
- [31] LUVANDA, A., KIMANI, S. and KIMWELE, M. *Identifying Threats Associated with Man-in-the-Middle Attacks during Communication between a Mobile Device and the Back End Server in Mobile Banking Applications*. January 2014. IOSR Journal of Computer Engineering 16(2):35-42 DOI 10.9790/0661-16293542.
- [32] P. Prisha, H. -F. Neo, T. -S. Ong and C. -C. Teo *Identity Risk Analysis in Mobile Commerce: A Novel Approach*. 2018 IEEE Symposium on Computer Applications & Industrial Electronics (ISCAIE), Penang, Malaysia, 2018, pp. 185-190, doi: 10.1109/ISCAIE.2018.8405467.
- [33] Jensen, Kevin and Tazi, Faiza and Das, Sanchari, Multi-Factor Authentication Application Assessment: Risk Assessment of Expert-Recommended MFA Mobile Applications (August 8, 2021). In Proceeding of the Who Are You?! Adventures in Authentication Workshop (WAY), co-located with 16th Symposium on Usable Privacy and Security (SOUPS 2021), August 08, 2021, Virtual. 2021., Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3878387>
- [34] BARTLOMIEJCZYK, M., IMED, E.F. and KURKOWSKI, M. *Multifactor Authentication Protocol in a Mobile Environment*. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2019 DOI 10.1109/access.2019.2948922.
- [35] WANG, D., CHENG, H., HE, D. and WANG, P. *On the Challenges in Designing Identity-Based Privacy-Preserving Authentication Schemes for Mobile Devices*. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), -03, 2018 ISBN 1932-8184. DOI 10.1109/jsyst.2016.2585681.
- [36] KIRUBA, B., SARAVANAN, V., VASANTH, T. and YOGESHWAR, B.K. *OWASP Attack Prevention*. IEEE, -08-17, 2022 DOI 10.1109/icesc54411.2022.9885691.
- [37] HULUKA, D. and POPOV, O. *Root Cause Analysis of Session Management and Broken Authentication Vulnerabilities*. World Congress on Internet Security (WorldCIS-2012), Guelph, ON, Canada, 2012, pp. 82-86
- [38] BOTAS, Á, et al. *Security Assessment Methodology for Mobile Applications*. In Spanish National Cybersecurity Research Conference, Granada (pp. 15-17) June 2016.
- [39] BANERJEE, C., and PANDEY, S.K. *2009 Software Security Rules: SDLC Perspective*. arXiv preprint arXiv:0911.0494.
- [40] KARTINI, M., et al. *Strengthening User Authentication for Better Protection of Mobile Application Systems*. ISBN 1992-8645.
- [41] TANVI, P., SONAL, G. and KUMAR, S.M. *Token Based Authentication using Mobile Phone*. IEEE, -06, 2011 DOI 10.1109/csnt.2011.24.
- [42] ALOUL, F., ZAHIDI, S. and EL-HAJJ, W. *Two Factor Authentication using Mobile Phones*. 2009 IEEE/ACS International Conference on Computer Systems and Applications, Rabat, Morocco, 2009, pp. 641-644, doi: 10.1109/AICCSA.2009.5069395.
- [43] WANG, Q. and WANG, D. *Understanding Failures in Security Proofs of Multi-Factor Authentication for Mobile Devices*. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2023 ISBN 1556-6013. DOI 10.1109/tifs.2022.3227753.

Toxicita nanotextilií vznikajících jako odpad z respirátorů na koryších *Daphnia Magna*

Jan Slaný¹, Petra Roupcová¹, Karel Klouda¹, Jiří Pavlovský²

¹ Fakulta bezpečnostního inženýrství, VŠB – Technická univerzita Ostrava, Lumírova 13, 700 30, Ostrava – Výškovice, Česká republika, jan.slany@vsb.cz

² Fakulta materiálně-technologická, VŠB – Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 2172/15, 708 00, Ostrava – Poruba, Česká republika

Abstrakt: V posledních letech se výskyt nanotextilií zvýšil v důsledku situace Covid-19 na celém světě. Nanotextilie se používají ve formě obličejových masek a respirátorů, které jsou zdrojem znečištění životního prostředí nanočásticemi. Tyto prostředky na ochranu dýchacích cest se skládají z netkaných textilií tvořených vlákny o nanometrových rozměrech. Jedním ze způsobů kontaminace životního prostředí je uvolňování nanočástic a mikročástic z obličejových masek nebo respirátorů, ke kterému dochází při výrobě, užívání i likvidaci. Přenos těchto částic do vodního prostředí je však zpravidla způsoben znečištěním z odpadů. Znečištění vody má samozřejmě vliv i na organismy, které v prostředí žijí. Studie se dosud zaměřovaly především na provádění testů ekotoxicity, které jsou osvědčené a mezinárodně uznávané, ale zároveň se klade důraz na jednoduché a levné provedení. Mezi tyto typy testů ekotoxicity patří především mezinárodní normy a legislativně uznané testy v jednotlivých zemích. Pro účely této studie byl vybrán koryš *Daphnia magna* S. Cílem tohoto příspěvku je provedení ekotoxikologických testů právě dle výše popsaných evropských norem a české legislativy, přičemž norma udává postup, dle kterého je třeba se při testech řídit, legislativa pak stanovuje limitní hodnoty výsledků testů tak, aby bylo jednoznačně určeno, zda se jedná o ekotoxickou látku, či nikoliv. Testované látky nelze prohlásit za ekotoxické, ale škodlivé pro testované organismy byly.

Klíčová slova: ekotoxicita, nanovlákna, netkané textilie, *daphnia magna*

1 Úvod

Přítomnost nanočástic a mikročástic ve vodách po celém světě je neoddiskutovatelným faktem, který byl v poslední době stále více prokazován různými výzkumy a studiemi [1, 2, 6-11, 13, 14, 16-18].

Použití dafnií v testech ekotoxicity je založeno především na tom, že jsou velmi citlivé na změny ovlivňující jejich přirozené prostředí a zároveň je jejich chov poměrně jednoduchý. Během rozmnožování je nutné dafnie sledovat, konkrétně celkový počet jedinců, jejich věk, složení populace (zde je kladen důraz na počet nově narozených jedinců), aktivitu kolonie (zda jedinci vykazují pohyblivost a jakým způsobem) a jejího vzhledu (čím průhlednější je tělo dafnie, tím horší je její stav [4, 12]. Výhodou je jistě snadná manipulace, v kolonii je velké množství dafnií, takže není problém vybrat vhodné jedince pro testování ve velkém počtu a zároveň je snadné poznat podle zbarvení a průhlednosti dafnií, v jakém jsou stavu. Další nespornou výhodou je, že tento organismus je schopen velmi rychlého rozmnožování [4, 12].

1.1 Netkané textilie

Netkané textilie se stále řadí mezi materiály, jejichž vlastnosti nejsou důkladně prozkoumány. Přestože se snaha zabránit uvolňování mikro a nanočástic do okolního prostředí nedá popřít, k uvolňování přesto dochází a to ve čtyřech fázích přípravy – může se tak stát při výrobě materiálů, při jejich zpracování, při používání nebo při likvidaci již použitých textilií. V podstatě se tak jedná o uvolňování po celý životní cyklus roušky/respirátoru [15]. Toxicitou takto uvolněných částic se již zabývalo několik studií, přičemž byl testován toxický účinek polystyrenu a polyethylenu, jako zkušební organismy byli využiti bezobratlí, konkrétně mlži a korýši. Vystavení hlístice *Caenorhabditis elegans* pěti různým velikostem sférických mikroplastů z polystyrenu (PS) (0,1 až 5 μm) o koncentraci v médiu (1 mg/l) vedlo k excitotoxicitě lokomoce/motorického chování, snížení míry přežití a zkrácení délky života, zejména po vystavení částicím polystyrenu o velikosti 1,0 μm . Dále byla ovlivněna exprese různých neuronálních genů, což se shodovalo s poškozením cholinergních a GABAergních neuronů a oxidačním stresem [10, 17]. Byly zvoleny tři konkrétní typy materiálů, které jsou v testech využity, ve všech případech se jedná o osobní ochranné prostředky, které byly široce využívány během pandemie Covidu-19.

2 Experimentální část

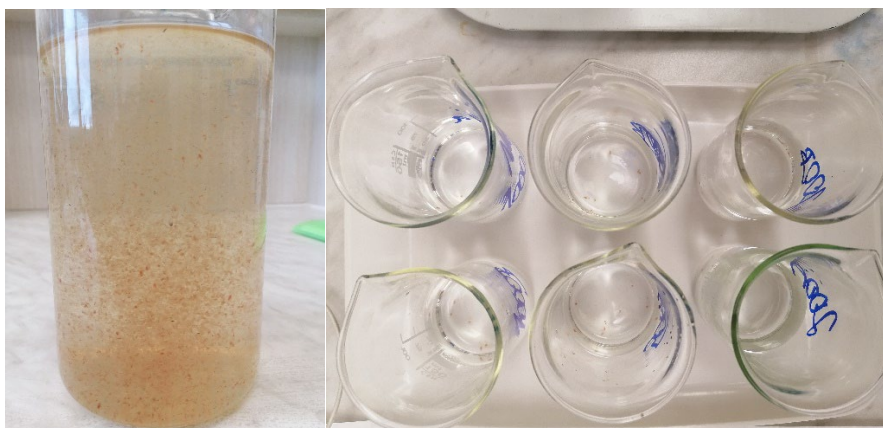
Experimentální část se nejprve zabývá bližším popisem testovaných materiálů a jejich specifikací. Poslední a nejrozsáhlejší část je zaměřena na bližší popis testovaných organismů *Daphnia magna*, popis provedených experiment, jejich výsledky a následná diskuze.

2.1 Popis testovaných netkaných textilií

Jak bylo zmíněno výše, byly použity pouze osobní ochranné prostředky sloužící k ochraně dýchacích cest, jednalo se nelaminovaný PP-PVDF (polyvinylidenfluorid laminovaný z jedné strany polypropylenem), PP-PVDF-PP (jedná se o podobný materiál jako první uvedený, pouze s tím rozdílem, že tentokrát je laminován z obou stran). Oba materiály slouží k výrobě respirátorů. Posledním testovaným materiálem je rouška Nanovia, která byla běžně užívána během pandemie Covid-19.

2.2 Vybraná ekotoxikologická metoda - Akutní imobilizační test pro *Daphnia magna*

Při chovu perlooček za účelem laboratorního testování je nutno dbát přesně stanovených podmínek, tedy že by teplota neměla přesáhnout 26 °C a ideálně by měly být chovány v chladnějších místnostech. Další podmínkou je chov dafnií ve vybraném médiu, které může být jak přirozené, v tom případě by se jednalo o vodu z nádrže, ze které byly perloočky vyloveny, tak laboratorně připraveném médiu. V obou případech je k nim nutno postupovat s mírnými rozdíly za účelem zajištění jejich maximální šance na přežití. Pokud je využíváno přírodního média, které obsahuje zelené řasy, tak pouze stačí danou vodu přefiltrovat a následně několikrát týdně část odebrat a přidat médium nové. Při využití laboratorně připravovaného média je velmi důležité poskytovat perloočkám potravu, jinak zahynou. Jako vhodné krmivo lze použít zelené řasy, které je možno kultivovat souběžně s perloočkami. Zároveň je vhodné perloočkám nastavit světelný režim na klasický denní režim tak, aby měly 16 hodin světlo a 8 hodin tmu. Lze je uchovávat v jakémkoliv typu skleněné nádoby (obrázek 1), ale velikost této nádoby by měla být přiměřená počtu jedinců v ní obsažených [4, 12].



Obrázek 1. Na obrázku vlevo nádoba uchovávající kolonie Dafnií, vpravo laboratorní kádinky s Dafniemi před začátkem testování.

Zvoleným testem je akutní imobilizační test, jehož principem je sledování imobilizace testovaných dafnií v různých koncentracích vodných výluhů připravených podle [3], testované látky po dobu 24 a 48 hodin. Mimo testované vodné výluhy se však také nasazují dafnie do ředícího roztoku, který je připraven z chemikálií v tabulce I. Tyto kontrolní (či slepé) vzorky následně slouží jako kontrola a uplatňují se na ně zvláštní a přísnější pravidla pro povolený počet inhibovaných jedinců. Pro samotný test je nutno vybrat takové jedince, kteří nejsou starší než 24 hodin, protože právě tyto mladí jedinci jsou nejcitlivější na působení toxických látek ve výluzech. Organismy nesmí být v průběhu testu krmeny, a právě z toho důvodu je maximální časový interval délky trvání testu právě 48 hodin, delší testování už by neposkytovalo tak přesné výsledky, jelikož by dafnie neměly dostatek potřebné potravy. Po uplynutí 24 a posléze 48 hodin je zaznamenána míra imobilizace, případně uhybnutí dafnií v kontrolních i testovacích vzorcích. Získané hodnoty se následně použijí pro výpočet EC_{50} [4, 12].

2.3 Příprava testu ekotoxicity

Tento akutní imobilizační test pramení z normy ČSN EN ISO 6341 – Jakost vod – Zkouška inhibice pohyblivosti *Daphnia magna* Straus – zkouška akutní toxicity. Nejprve je potřeba připravit ředící roztok, který se skládá z demineralizované vody a čtyř roztoků chemických látek o přesně stanovených koncentracích, viz tabulka 1 [4, 12].

Tabulka 1. Zásobní roztoky solí pro akutní imobilizační test na *Daphnia magna* Straus [4, 12]

Zásobní roztok	Chemikálie	Navážky
ZR1	$CaCl_2 \cdot 2H_2O$	11,76 g/100 ml
ZR2	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	4,93 g/100 ml
ZR3	$NaHCO_3$	2,59 g/100 ml
ZR4	KCl	0,23 g/100 ml

Ředící roztok se připravuje tak, že do dvoulitrové odměrné baňky je dán zhruba litr demineralizované vody, který se následně doplní 10 ml z každého ze čtyř zásobních roztoků a odměrná baňka se doplní po rysku. Tento připravený roztok je třeba pořádně promíchat a poté 18 hodin nepřetržitě provzdušňovat. Po provzdušnění se nechá 48 hodin odstát, čímž dojde k upravení a stabilizaci pH na 7,8

$\pm 0,2$. Tato hodnota je ověřena pomocí pH metru. Takto připravený roztok je používán za účelem získání potřebných koncentrací výluhů pro testy [4, 12].

Po přípravě ředícího roztoku dle normy je pozornost zaměřena na vodné výluhy. Ty byly připraveny smícháním 100 g materiálů s jedním litrem destilované vody a poté po dobu 24 hodin protřepávány na třepačce [3]. Následně byly výluhy přefiltrovány a bylo upraveno jejich pH tak, aby se konečná hodnota pohybovala mezi 7,3 – 8,1 pH. Po upravení pH výluhů jsou pomocí speciální elektrody změřeny další hodnoty – měří se vodivost, měrný odpor, TDS, teplota roztoku a salinita. Salinita je podstatnou veličinou při určování množství rozpuštěného kyslíku pomocí oximetru a Oxi elektrody, protože množství rozpuštěného kyslíku ovlivňuje a toto množství nesmí v žádné fázi testu klesnout pod 2 mg/l. Měření byla prováděna za teploty v rozmezí 21 – 24 °C [4, 12].

Změřené veličiny jsou uvedeny v tabulce níže.

Tabulka 2. Veličiny naměřené před provedením testu inhibice

Materiál	Vodivost [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	Měrný odpor [$\text{k}\Omega\cdot\text{cm}$]	TDS [mg/l]	Salinita [\emptyset]
Nanovia	28,9	34,0	30,0	0,0
PP-PVDF-PP	23,6	41,5	24,0	0,0
PP-PVDF	23,2	44,6	22,0	0,0

Dalším krokem je příprava samotných testovacích roztoků. Byly připraveny čtyři kontrolní vzorky nalitím 50 ml ředícího roztoku připraveného podle postupu uvedeného výše do 100 ml kádinek. Poté byla zahájena příprava vodných výluhů o maximální koncentraci, kdy do zmíněných kádinek bylo jednoduše přelito 50 ml zfiltrovaného a upraveného vodného výluhu (koncentrace 1000 ml/l). Dalšími dvěma koncentracemi byly 500 ml/l, která byla připravena smícháním vodného výluhu s ředícím roztokem v poměru 1:1 (25 ml ředícího roztoku a 25 ml vodného výluhu), a 200 ml/l, která byla připravena stejným způsobem, ale tentokrát v poměru 4:1 (40 ml ředícího roztoku a 10 ml vodného výluhu). Všechny vzorky byly připraveny v paralelních stanoveních A a B. Stejným postupem byly přichystány vzorky pro všechny tři druhy zkoumaných materiálů [3, 4, 12].

Část dafnií ve svém chovném médiu byla přelita do velké skleněné misky, odkud byly kapátkem nabírány a přemísťovány do jednotlivých kádinek tak, aby v každé kádince bylo právě 10 pohyblivých jedinců, aby byla splněna podmínka, že na každého jedince v kádince připadne 5 ml roztoku [4, 12].

Posledním krokem této přípravné fáze testu bylo měření množství rozpuštěného kyslíku pomocí Oxi elektrody, přičemž tato hodnota nesmí nikdy klesnout pod 2 mg/l. V provedeném pokusu a před testováním se pohybovala v rozmezí 6,2 až 7,5 mg/l. Po 24 hodinách byla hodnota 5,7 - 6,3 mg/l, po 48 hodinách 4,5 - 5,3 mg/l [4, 12].

2.4 Statistická analýza

Zkoušky byly důsledně prováděny v souladu s normou ČSN ISO 6341 - Kvalita vody - Stanovení inhibice pohyblivosti *Daphnia magna* Straus - Zkouška akutní toxicity (ČSN ISO 6341, 1997) s důrazem na hodnoty vodivosti, elektrického odporu, TDS, salinity, pH, teploty a rozpuštěného kyslíku podle této normy.

Výsledné údaje byly získány stanovením paralelních stanovení A/B, tedy od základního počtu 20 dafnií na danou koncentraci). Teplota se v době stanovení pohybovala v rozmezí 21- 24 °C, pH bylo konstantní

a rozpuštěný kyslík byl vždy roven nebo vyšší než 4,5 mg/l. Počítali se pouze imobilizovaní jedinci, tj. neplavající, nepohybující se nebo případně pohybující se, ale za předpokladu, že setrvali na jednom místě po dobu nejméně 15 sekund [4, 12].

Výsledky jsou rozděleny do dvou částí, protože první imobilizační test pro všechny materiály a všechny koncentrace výluhu nepřinesl příliš dobré výsledky. Z toho důvodu byl proveden další imobilizační test, při kterém byly použity pouze ty koncentrace vybraných materiálů, které v předchozím testu dosáhly inhibice vyšší než 10 %.

Pro srovnání byly tyto pokusy současně provedeny akreditovanou laboratoří s použitím dvou ze tří testovaných materiálů a námi získané výsledky byly následně porovnány s výsledky získanými akreditovanou laboratoří.

2.5 Vyhodnocení experimentů

Po 24 a 48 hodinách byly odečteny imobilizované organismy ve všech koncentracích i v kontrolních vzorcích. Aby však bylo možné výsledky považovat za směřodátné, muselo být splněno několik kritérií:

- Koncentrace rozpuštěného kyslíku nesmí nikdy klesnout pod 2 mg/l;
- koncentrace testované látky musí být větší nebo rovna 80 % nominální koncentrace;
- imobilizace v kontrolních vzorcích nesmí přesáhnout 10 % po 24 hodinách a 20 % po 48 hodinách. [4, 12]

V tabulce 3 jsou uvedeny výsledky prvního experimentu.

Tabulka 3. Výsledky prvního testu akutní imobilizace na dafniích po 24 a 48 hodinách

Materiál	Koncentrace výluhů [ml/l]	Imobilizace po 24 h [%]	Imobilizace po 48 h [%]
Kontrolní vzorek	0	0/40 (0 %)	0/40 (0 %)
Nanovia	200	4/20 (20 %)	5/20 (25 %)
	500	4/20 (20 %)	7/20 (35 %)
	1000	5/20 (25 %)	8/20 (40 %)
PP-PVDF-PP	200	1/20 (5 %)	3/20 (15 %)
	500	0/20 (0 %)	4/20 (20 %)
	1000	2/20 (10 %)	7/20 (35 %)
PVDF-PP	200	1/20 (5 %)	1/20 (5 %)
	500	3/20 (15 %)	3/20 (15 %)
	1000	3/20 (15 %)	6/20 (30 %)

Jak je patrné z výše uvedené tabulky, ani v jednom případě nebylo dosaženo 50 % inhibičního limitu stanoveného v českých právních předpisech. Této hodnotě se nejvíce přiblížil materiál Nanovia se 40 % inhibicí, následovaný PP-PVDF-PP s 35 % a PP-PVDF s 30 %, přičemž je důležité poznamenat, že těchto vyšších hodnot bylo dosaženo při maximální koncentraci výluhu, tj. 1000 ml/l. Žádná z ostatních testovaných koncentrací nedosáhla více než 25 %, ale byl zde patrný jev, kdy se inhibice zvyšovala s rostoucí koncentrací výluhu.

V dalších testech byly testy opakovány na koncentracích všech vzorků, u nichž inhibice přesáhla 10 %, tj. všech kromě kontrolních vzorků a koncentrace PP-PVDF 200 ml/l.

Tabulka 4. Výsledky druhého testu akutní imobilizace na dafniích po 24 a 48 hodinách

Materiál	Koncentrace výluhů [ml/l]	Imobilizace po 24 h [%]	Imobilizace po 48 h [%]
Kontrolní vzorek	0	X	X
Nanovia	200	4/20 (20 %)	6/20 (30 %)
	500	4/20 (20 %)	7/20 (35 %)
	1000	6/20 (30 %)	8/20 (40 %)
PP-PVDF-PP	200	3/20 (15 %)	4/20 (20 %)
	500	1/20 (5 %)	4/20 (20 %)
	1000	2/20 (10 %)	5/20 (25 %)
PVDF-PP	200	X	X
	500	2/20 (10 %)	2/20 (10 %)
	1000	2/20 (10 %)	4/20 (20 %)

X - pokus nebyl opakován pro danou koncentraci a materiál

V tabulce 4 jsou uvedeny výsledky druhého stanovení účinků vybraných materiálů na *Daphnia magna* S. Stejně jako při prvním stanovení nebyl překročen inhibiční práh 50 %; nejbližší této hodnotě byla opět 100 % (1000 ml/l) koncentrace výluhu Nanovia, která po 48 h vykazovala inhibici 40 %. Také ostatní výsledky pro Nanovii byly v průměru o několik jednotek % vyšší než pro ostatní materiály, ale výsledky mezi jednotlivými stanoveními jsou srovnatelné. Zajímavé je, že i v tomto případě došlo k nárůstu inhibice s rostoucí koncentrací.

3 Závěr

Během pokusů byl pozorován zajímavý jev, kdy se dafnie, přestože byly vodné odpadní vody filtrovány, zachytily a zapletly do vláken přítomných v odpadních vodách. Po zachycení se dafniím jen zřídka podařilo přežít do druhého dne. Tyto jevy byly jasně pozorovatelné pomocí lupy. Docházelo k tvorbě shluku dafnií zamotaných do vláken a do druhého dne byly všechny znehybněny. Je však třeba poznamenat, že vlákna byla ve vodných výluhách přítomna, i když byly výluhy filtrovány podle předepsaných postupů za použití předepsaných filtračních papírů. Je tedy sporné, zda byla pozorovaná imobilizace způsobena pouze toxickým působením mikroplastů v odpadních vodách, nebo zda byla částečně způsobena i mechanickým poškozením. Zajímavé je, jak je uvedeno pod samotnými tabulkami výsledků, že se zvyšující se koncentrací se zvyšovalo i procento inhibice, což je zjištění, které podporuje jak verzi, že testované materiály byly pro dafnie toxické, tak verzi, že výluhy obsahovaly vlákna nanotextilií, do kterých se dafnie zamotaly. Nesrovnalostí je však paralelní test akutní imobilizace na dafniích, který byl proveden akreditovanou laboratoří s nulovou inhibicí, což jsou vynikající výsledky. Stojí za zvážení, zda byl problém ve skladování dafnií, v podmínkách chovu nebo proč bylo zjištěno tak vysoké procento inhibice ve srovnání s laboratorními výsledky. Ačkoli laboratoř testovala pouze vzorky PP-PVDF-PP a PP-PVDF, i tyto vzorky vykazovaly v provedených testech alespoň nízkou inhibici. Připravený vodný výluh z obličejové masky Nanovia byl pro dafnie zcela jistě nejtoxičtější.

Výsledky byly také srovnány se zahraniční literaturou, kde byly provedeny experimenty na 32 plastových produktech za účelem stanovení EC₅₀. Byly testovány například polykarbonáty, polyurethany, polyvinyl chloridy, polyethylen, polystyren, melamin, polyester a polypropylen. [20] 9 z těchto 32 testovaných materiálů se po 48 h projevilo jako toxické při testování poměrně vysokých koncentrací 5 – 80 g/l. Zajímavostí je, že z celkového počtu 8 testovaných plastů s příměsí PVC, který je zpravidla považován za nebezpečný z důvodu principu výroby (polymerizace monomerů vinyl chloridu, který je klasifikován jako karcinogenní [21, 22]), byly pouze 2 zvolené produkty netoxické (mokrý část podlahy a ochranná rukavice). Mezi ty toxické například patřil kus potrubí, dětské koupelové hračky, umělá kůže nebo ubrus. [20] Dalším testovaným plastem byl například polypropylen ve formě plastového potrubí a nádob na vodu, přičemž ani jeden z materiálů nebyl toxický ani při vysokých koncentracích. [20] Zajímavostí je, že v případě polypropylenu se jedná o stejný výchozí materiál, jako v případě respirátorů a roušek.

Shrneme-li výsledky testu na dafniích, je zřejmé, že provedený pokus skutečně přinesl očekávané výsledky - po 24 hodinách došlo k imobilizaci malého počtu jedinců (ve většině případů) a po 48 hodinách k nárůstu až o 25 %. Do jaké míry je to ovlivněno přítomností netkaných vláken ve vodných výluhách, je předmětem diskuse. Závěrem lze konstatovat, že výsledné imobilizace nedosáhly limitních hodnot stanovených v české legislativě (50 % míra inhibice), proto nelze testované materiály prohlásit za ekotoxické, neboť nesplňují kritérium HP 14 - Ekotoxická vlastnost (zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech, 2020). Tento závěr potvrzuje i stejný experiment provedený akreditovanou laboratoří dle [5] která podrobila 25 jedinců dafnií shodně připraveným výluhům dle [3] z materiálů PP-PVDF a PP-PVDF-PP, přičemž v tomto testu bylo dosaženo nulové imobilizace.

Reference

- [1] Bhatt, I., Tripathi, B. N., 2011, Interaction of engineered nanoparticles with various components of the environment and possible strategies for their risk assessment, *Chemosphere*, 82(3), 308–317.
- [2] Brewer, A., Dror, I., Berkowitz, B., 2021, The Mobility of Plastic Nanoparticles in Aqueous and Soil Environments: A Critical Review, *ACS EST Water*, 1(1), 48 - 57, doi: 10.1021/acsestwater.0c00130.
- [3] ČSN EN 12457-4 (838005) Charakterizace odpadů - Vyluhování - Ověřovací zkouška vyluhovatelnosti zrnitých odpadů a kalů - Část 4: Jednostupňová vsádková zkouška při poměru kapalné a pevné fáze 10 l/kg pro materiály se zrnitostí menší než 10 mm (bez zmenšení velikosti částic
- [4] ČSN EN ISO 6341 (757751) Kvalita vod - Zkouška inhibice pohyblivosti *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea) - Zkouška akutní toxicity
- [5] ČSN EN ISO/IEC 17025 (015253) Všeobecné požadavky na kompetenci zkušebních a kalibračních laboratoří
- [6] Farre, M., Gajda-Schranz, K., Kantiani, L., Barcelo, D., 2009, Ecotoxicity and analysis of nanomaterials in the aquatic environment, *Analytical and bioanalytical chemistry*, 393(1), 81 - 95.

- [7] Gerritse, J., Leslie, H. A., de Tender, C. A., Devriese, L. I., Vethaak, A. D., 2020, Fragmentation of plastic objects in a laboratory seawater microcosm, *Sci. Rep.* 10(1), doi: 10.1038/s41598-020-67927-1.
- [8] Klaine, S. J.; Alvarez, P. J.; Batley, G. E.; Fernandes, T. F.; Handy, R. D., Lyon, D. Y., Lead, J. R., 2008, Nanomaterials in the environment: behaviour, fate, bioavailability, and effects, *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 27(9), 1825 – 1851.
- [9] Kögel, T., Bjørøy, Ø., Toto, B., Bienfait, A. M., Sanden, M., 2020, Micro-and nanoplastic toxicity on aquatic life: Determining factors, *Science of the Total Environment*, 709, 136050.
- [10] Lei, L., Liu, M., Song, Y., Lu, S., Hu, J., Cao, C., et al., 2018, Polystyrene (nano) microplastics cause size-dependent neurotoxicity, oxidative damage and other adverse effects in *Caenorhabditis elegans*, *Environmental Science: Nano*; 5(8), 2009–20, <https://doi.org/10.1039/c8en00412a>.
- [11] Novotna, K., Cermakova, L., Pivokonska, L., Cajthaml, T., Pivokonsky, M., 2019, Microplastics in drinking water treatment – Current knowledge and research needs, *Science of The Total Environment*, doi:10.1016/j.scitotenv.2019.02.431.
- [12] OECD 202. OECD, 2004, Guideline for Testing Chemicals. *Daphnia Magna Acute Immobilization Test*; OECD Publisher: Paris, France.
- [13] Pirsaher, M., Hossini, H., Makhdoumi, P., 2020, Review of microplastic occurrence and toxicological effects in marine environment: Experimental evidence of inflammation, *Process Safety and Environmental Protection*, doi:10.1016/j.psep.2020.05.050.
- [14] Pivokonsky, M., Pivokonska, L., Novotna, K., Cermakova, L., Klimtova, M., 2020, Occurrence and fate of microplastics at two different drinking water treatment plants within a river catchment, *Science of The Total Environment*, 140236, doi:10.1016/j.scitotenv.2020.140236.
- [15] Roupčova, P., Kubatova, H., Batrlova, K., Klouda, K., 2022. Nanotextiles – materials suitable for respiratory tract protection but a source of nano- and microplastic particles in the environment. Ostrava, Technical University of Ostrava, Faculty of Safety Engineering.
- [16] Sovova, T., Koci, V., 2012, Ecotoxicology of nanomaterials, *Chemical Letters*, 106(2).
- [17] Sullivan, G. L., Delgado-Gallardo, J., Watson, T. M., Sarp, S., 2021, An investigation into the leaching of micro and nano particles and chemical pollutants from disposable face masks - linked to the COVID-19 pandemic, *Water Research*, 196, doi:10.1016/j.watres.2021.117033.
- [18] Waymana, C., Niemann, H., 2021, The fate of plastic in the ocean environment – a minireview, *Environ. Sci.: Processes Impacts*, 23(2), 198 - 212, doi: 10.1039/d0em00446d.
- [19] Zákon č. 541/2020 Sb. Zákon o odpadech, 2020.
- [20] Lithner, D., Damberg, J., Dave, G., Larsson, A., 2008, Leachates from plastic consumer products – Screen for toxicity with *Daphnia magna*, *Chemosphere* 74, 1195-1200, doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.11.022>
- [21] Andrady, A.L., 2003. Common plastic materials. In: Andrady, A.L. (Ed.), *Plastics and the Environment*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, USA, pp. 77–121.
- [22] ECB, European Chemicals Bureau, 2008. ESIS – European Chemical Substances Information System.

Riešenie evakuácie vybraných divadiel v historických objektoch

Michal Huliak¹, Iveta Marková², Stanislava Gašpercová³

¹ Michal Huliak, Ing., Žilinská univerzita, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra požiarneho inžinierstva, Ul. 1.mája Žilina 01026, tel: 041 513 6769, E-mail: michal.huliak@uniza.sk

² Marková Iveta, prof., RNDr., PhD., Žilinská univerzita, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra požiarneho inžinierstva, Ul. 1.mája Žilina 01026, tel: 041 513 6799 E-mail: iveta.markova@uniza.sk

³ Gašpercová Stanislava, doc., PhD., Ing., Bc., Žilinská univerzita, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra požiarneho inžinierstva, Ul. 1.mája Žilina 01026, tel: 041 513 6796 E-mail: stanislava.gaspercova@uniza.sk

Abstrakt: Na území Slovenska sa nachádza viac ako 15 000 historických budov, zahrnutých v zozname hmotných kultúrnych pamiatok. Tieto budovy nám pripomínajú bohatú históriu a umenie našich predkov. Avšak, evakuácia z týchto budov predstavuje výzvu, nakoľko nevyhovujú aktuálnym požiadavkám na ochranu osôb. Niektoré z týchto budov počas svojej životnosti zmenili účel užívania stavby, čo sa ešte viac odráža na nízkej evakuačnej kapacite únikových ciest, aj na ich nízkom počte. Článok sa zaoberá súčasným stavom evakuácie z vybraných historických divadelných objektov na Slovensku. Najskôr si opíšeme nami vybrané objekty, opíšeme reálny stav únikových ciest, požiarneho zariadení a prítomnosť protipožiarnej asistenčnej hliadky. Pre účely výskumu bola zvolená identifikačná metóda „kontrolný list“, podľa ktorého sme postupovali pri hodnotení stavu podmienok evakuácie. Sledované parametre boli stavebné konštrukcie, požiarne uzávery, kapacita zhromažďovacích priestorov, počet a stav únikových ciest, núdzové osvetlenie, vykonávanie cvičného požiarneho poplachu a prítomnosť a činnosť protipožiarnej asistenčnej hliadky. Identifikovali sme nedostatky ako nedostatočné osvetlenie, nedostatok požiarneho uzáverov a nedostatočný počet členov hliadky. Navrhnuté opatrenia na zlepšenie zahŕňajú inštaláciu nového núdzového osvetlenia, požiarneho uzáverov na únikových cestách a zvýšenie počtu členov protipožiarnej asistenčnej hliadky. Tieto kroky by prispeli k zvýšeniu bezpečnosti návštevníkov týchto historických objektov a zvýšili celkovú schopnosť rýchlej a bezpečnej evakuácie v prípade núdze.

Kľúčové slova: požiarne bezpečnosť stavieb, evakuácia, historické budovy, zhromažďovací priestor.

1 Úvod

Na území Slovenska sa nachádza približne 15 000 historických budov, ktoré sú uvedené v zozname kultúrnych pamiatok. Vďaka uchovávaniu týchto objektov môžeme obdivovať vynaliezavosť našich predkov a obdivovať umenie, budovy, štýly, ktoré stvorili. Historické objekty sú špecifický typ stavby, ktoré sa odlišujú najmä svojim vekom. Pripomínajú nám rôzne historické obdobia, sú spojené s historickými udalosťami a historickými osobnosťami. Problematika evakuácie z týchto objektoch je náročná, nakoľko boli postavené pred platnosťou technických noriem zameraných na protipožiarne bezpečnosť stavieb. Taktiež bola v menšej miere riešená evakuácia z objektov a neboli navrhnuté vhodné druhy únikových ciest ani ich počet. Kvôli historickej hodnote týchto budov, nie je možné vykonávať stavebné zásahy, ktorými by sa mohli vybudovať nové únikové východy. Historické objekty s vnútorným zhromažďovacím priestorom navyše prechádzali zmenami účelu užívania stavieb.

V článku sa budeme venovať aktuálnemu riešeniu evakuácie z nami vybraných historických objektov. Zamerali sme sa na historické objekty, ktoré slúžia ako divadlá a bežne sa využívajú na tento druh prevádzky. Konkrétne ide o Národné divadlo Košice, Divadlo Jonáša Záborského v Prešove, Divadlo Jána Palárika v Trnave a Slovenské komorné divadlo v Martine. Ide o rôzne typy objektov, no účel užívania stavby je totožný. Cieľom článku je zhodnotiť súčasný stav evakuácie z vybraných objektov a navrhnúť opatrenia na zlepšenie tohto stavu.

2 Protipožiarna bezpečnosť stavieb

Protipožiarna bezpečnosť stavieb so zhromažďovacím priestorom, má za cieľ zabezpečiť čo najefektívnejšiu ochranu a bezpečnosť životov osôb a zvierat, životného prostredia a majetku. Aj napriek technologickému a technickému pokroku sa nepodarilo úplne odstrániť riziko vzniku požiaru, no darí sa ho naďalej postupnými a svedomitými krokmi znižovať. Preto musíme vždy myslieť na bezpečnú evakuáciu z objektov, na ochranu zdravia osôb, ktoré sa v nich nachádzajú. Dôležitá je aj úloha štátu, ktorý reguluje a určuje nároky pomocou vyhlášok MV SR, právnych predpisov a technických noriem.

V projektovej dokumentácii sa podľa [2] musia nachádzať údaje o členení stavby na požiarne úseky, požiadavky na konštrukciu stavby, zabezpečení evakuácie, únikových cestách, odstupových vzdialenostiach, požiarne-bezpečnostných opatreniach a zariadeniach na zásah, preto aj my sme postupovali podľa nasledujúcich skutočností.

Kultúrna pamiatka je hnutelná vec alebo nehnuteľná vec pamiatkovej hodnoty, ktorá je z dôvodu ochrany vyhlásená za kultúrnu pamiatku. [3]

Pri hodnotení spôsobu evakuácie vybraného historického objektu sme upriamili pozornosť na nasledujúce skutočnosti:

- Požiarna odolnosť stavebnej konštrukcie, [4]
 - o Konštrukčné prvky
 - o Konštrukčné celky
 - o Požiarne deliace konštrukcie
 - o Obvodová stena
 - o Požiarny úsek [5]
- Únikové cesty, [6]
- Únikové východy, [6]
- Požiarne uzávery, [7]
- Požiarnotechnické zariadenia, [1]
- Elektrická požiarne signalizácia, [8]
 - o Bodové viacsnímačové hlásiče [9]
 - o Tlačidlové hlásiče [10]
- Protipožiarna asistenčná hliadka, [11]
- Zhromažďovací priestor. [12]

3 Zhodnotenie skutkového stavu evakuácie z vybraných historických objektov

V prvej časti sa budeme venovať opisom objektov, v ktorých bol prevádzaný výskum. Popíšeme si jednotlivé objekty, kapacitu zhromažďovacích priestorov a sály kde sa zdržujú diváci. Uvedieme si aké sú v objekte požiarnotechnické zariadenia, stav požiarnych uzáverov, počet členov protipožiarnej asistenčnej hliadky, ich označenie a viditeľnosť v priestore. Budeme opisovať únikové cesty, ich počet, či ide o únik po rovine a dole po schodoch, núdzové osvetlenie a požiarne uzávery.

3.1 Historická budova Národného divadla Košice

Historická budova Štátneho divadla Košice je stavba z roku 1899. Ide o samostatne stojaci objekt, nachádza sa v centre mesta Košice na Hlavnej ulici. Budova má 5 nadzemných podlaží a jedno podzemné podlažie. Stavba má nehorľavý konštrukčný celok. V stavbe sa nachádza vnútorný zhromažďovací priestor ZP2 s kapacitou 571 divákov. V dostupných dokumentoch bola uvedená kapacita 530 divákov, no pri predaji vstupeniek na predstavenia sme narátali 571 lístkov na predaj. Vnútorný zhromažďovací priestor sa nachádza na prvom nadzemnom podlaží, kde sa nachádza hlavný priestor hľadiska s kapacitou 200 divákov a balkóny na druhom nadzemnom podlaží s kapacitou 90 divákov a treťom nadzemnom podlaží s kapacitou 103 divákov. Na štvrtom nadzemnom podlaží sa nachádza galéria na sedenie, s kapacitou 178 divákov. V objekte je nainštalovaná adresná elektrická požiarne signalizácia so stálou obsluhou, s opticko-dymovými a tlačidlovými hlásičmi. Objekt je vybavený stabilným hasiacim zariadením, ktoré chráni priestor javiska a sklad kulís. V objekte je inštalované zariadenie na odvod tepla a splodín horenia v priestore javiska. Priestor javiska a hľadiska ZP1 je oddelený protipožiaranou oponou a požiarными uzávermi. Požiarne opona sa spúšťa ručne, z priestoru vyhradeného pre protipožiarne asistenčnú hliadku.



Obrázok 1. Historická budova Národného divadla Košice

Počas predstavení sú prítomní v hľadisku 2 až 3 členovia protipožiarnej asistenčnej hliadky, záleží podľa druhu predstavenia. Ako členovia protipožiarnej asistenčnej hliadky sú preškolení aj uvádzачi. Z prvého nadzemného podlažia vedú štyri únikové cesty, nachádzajú sa v každom rohu hľadiska. Z priestoru sa

uniká po rovine a dole odtiaľ na voľné priestranstvo. Z balkónov vedú únikové cesty tak že sa osoby nestretávajú s tými, ktorí unikajú z hlavného hľadiska. Komunikácie v hľadisku sú osvetlené aj počas predstavení a núdzové osvetlenie je vidno počas celého predstavenia. V objekte nie sú na únikových cestách inštalované panikové uzávery. V priestore hľadiska nie je nainštalované zariadenie na odvod tepla a splodín horenia, nakoľko ide o historický objekt a strop aj steny v priestore tvoria významnú súčasť historického odkazu. V priestore je inštalovaná elektrická požiarne signalizácia. Inštalované sú aj požiarne klapky vo vzduchotechnike.

3.2 Malá scéna Národného divadla Košice

Malá scéna Národného divadla Košice sídli v budove v radovej zástavbe. Nachádza sa v zástavbe šošovkovitého námestia Košice, kde je spojená s okolitými budovami. Stavba bola postavená v období 1896 až 1899, pôvodne ako múzeum. Pre potreby divadla stavba začala slúžiť až v roku 1980. Hlavný vstup do budovy je z námestia. Stavba má tri nadzemné podlažia. Stavba má nehorľavý konštrukčný celok. V stavbe sa nachádza sála s kapacitou 120 divákov. Sála je umiestnená na druhom nadzemnom podlaží. Prvé nadzemné podlažie tvorí prístupovú halu a schody bez požiarneho rizika, keby bola oddelená požiarne uzávermi išlo by o čiastočne chránenú únikovú cestu. V priestore je inštalovaná elektrická požiarne signalizácia adresná so stálou obsluhou, s opticko-dymovými a tlačidlovými hlásičmi.

Priestor javiska tvorí spoločný požiarne úsek pre javisko a hľadisko. Nachádza sa na druhom nadzemnom podlaží. Od ostatných priestorov nie sú oddelené požiarne uzávermi. V priestore hľadiska a javiska sa nachádzajú hlásiče adresnej elektrickej požiarnej. V priestore nie je inštalované zariadenie na odvod tepla a splodín horenia ani stabilné hasiace zariadenie.



Obrázok 2. Malá scéna Národného divadla Košice

Hľadisko je vytvorené z dreveného podkladu na železných podperách. Z priestoru vedie pre divákov jedna úniková cesta. Javisko je vyvýšené a schody na prekonanie výškového rozdielu majú šírku 80 cm. Z priestoru sa uniká po rovine a dole po schodoch, odtiaľ na voľné priestranstvo. Komunikácie v hľadisku sú nie osvetlené počas predstavení a núdzové osvetlenie je vidno počas celého predstavenia. V objekte nie sú na únikových cestách inštalované panikové uzávery.

Dvere na únikovej ceste nie sú požiarny uzáver, z preistoru vedie nechránená úniková cesta. Počas predstavení sú prítomní v hľadisku dvaja členovia protipožiarnnej asistenčnej hliadky a dvaja sa nachádzajú v zákulisí. Ako členovia protipožiarnnej asistenčnej hliadky sú preškolení aj uvádzači, rovnako ako v Historickej budove Národného divadla Košice. Komunikácie v hľadisku počas predstavenia nie sú osvetlené.

3.3 Historická budova divadla Jonáša Záborského v Prešove

Historická budova divadla Jonáša Záborského je stavba z roku 1881. Ide o stavbu v radovej zástavbe. Hlavný vstup do objektu pre divákov sa nachádza zo strany od námestia tvoriace historické centrum mesta Prešov. Stavba má päť nadzemných podlaží a jedno podzemné podlažie. Stavba má nehorľavý konštrukčný celok. V stavbe sa nachádza vnútorný zhromažďovací priestor ZP1 s kapacitou 220 divákov, ktorého súčasťou je javisko, povrazisko a hľadisko. V objekte je inštalovaná elektrická požiarna signalizácia, s tepelnými, opticko-dymovými a tlačidlovými hlásičmi. Objekt nie je vybavený stabilným hasiacim zariadením.



Obrázok 3. Historická budova divadla Jonáša Záborského

Priestor javiska je od hľadiska oddelený požiarnou oponou, tvoria samostatné požiarné úseky. Z priestoru hľadiska je možné prejsť do priestoru javiska bočnými dverami, ktoré sú požiarny uzáver. V prípade vzniku požiaru by neslúžili ako úniková cesta. Požiarny úsek hľadiska má kapacitu 220 divákov, z toho na prvom nadzemnom podlaží je kapacita 120 divákov, na balkónoch na druhom nadzemnom a treťom nadzemnom podlaží je kapacita 50 divákov na každé nadzemné podlažie. Sedenie na balkónoch je rozdelené do lôží, každá je oddelená dverami, ktoré nie sú požiarnymi uzávermi. Nachádzajú sa tu dve únikové cesty z prvého nadzemného podlažia do priestoru foyeru a odtiaľ na voľné priestranstvo. Z priestoru hľadiska na prvom nadzemnom podlaží sa nachádzajú ešte dve dvere, ich funkčnosť sme nezistili, nevieme preto posúdiť či sa používajú ako úniková cesta. Zo ZP1 sú požiarny uzávěry dvojkridlové, nie sú však inštalované panikové uzávěry. Núdzové osvetlenie sa zapína pred každým predstavením. Únik je po rovine na voľné priestranstvo z prvého nadzemného podlažia, z druhého a tretieho nadzemného podlažia po schodoch dole a po rovine na voľné priestranstvo. Počas predstavení schody a uličky v divadle nie sú osvetlené zdrojom svetla. Núdzové osvetlenie vidno počas predstavení,

nie je ničím prekryté. Panikové uzávery sa v objekte nenachádzajú na uzáveroch. Evakuácia z priestorov hľadiska ZP1 môže byť problematická, nakoľko z priestoru vedie iba jeden únikový východ. Únik z hľadiska ZP1 je po rovine na voľné priestranstvo. Núdzové osvetlenie má stály zdroj napájania – elektrickú sieť a batérie ktoré sa nachádzajú v tomto osvetlení a sa napájajú z neho. Protipožiarna asistenčná hliadka je prítomná na každom predstavení, jej členovia sú označení, pri začiatku predstavenia sú pri vchode do sály, ľudia vedia o ich prítomnosti. Počas predstavení v hlavnej sále sú prítomní dvaja členovia, nachádzajú sa v priestore hľadiska a jeden v zákulisí. Uvádzačky nie sú členmi protipožiarnej asistenčnej hliadky.

3.4 Divadlo Jána Palárika v Trnave

Stavba Divadla Jána Palárika je situovaná v radovej zástavbe domov v západnej časti Trojičného námestia v severnej časti Divadelnej ulice, na území Mestskej pamiatkovej rezervácie Trnava, Historická časť budovy bola vybudovaná v roku 1831, v roku 1907 prešla prestavbou. Stavba má tri nadzemné podlažia a jedno podzemné.

Podľa dokumentácie PBS má stavba horľavý konštrukčný celok, nosná konštrukcia strechy je drevená. V stavbe sa nachádza vnútorný zhromažďovací priestor ZP1, ktorého súčasťou je javisko, povrazisko a hľadisko. V objekte nie je nainštalovaná elektrická požiarne signalizácia, taktiež nie je vybavený stabilným hasiacim zariadením. V objekte bolo inštalované zariadenie na odvod tepla a splodín horenia v priestore javiska pri ZP1. Priestor javiska a hľadiska ZP1 je oddelené protipožiarne oponou, ktorá sa spúšťa manuálne, tlačidlá na spustenie sa nachádzajú v zákulisí javiska, pri stanovisku protipožiarnej asistenčnej hliadky. Uzávery medzi priestorom javiska a hľadiska nie sú požiarne uzávery. V objekte sa nachádzajú tri priestory ktoré sa využívajú pre potreby inscenácií a spoločenských udalostí, a to hlavná sála ZP1, Štúdio a Zrkadlová sála. Ak je predstavenie v zhromažďovacom priestore, zvyšné dva priestory sa nevyužívajú. Ak je predstavenie v Štúdiu, vtedy sa môže využívať aj priestor Zrkadlovej sály.



Obrázok 4. Divadlo Jana Palárika v Trnave

Požiarny úsek hľadiska

Priestor javiska je od hľadiska oddelený požiarnou oponou, tvoria samostatné požiarné úseky. Je možné sa dostať z javiska do hľadiska, bočnými dverami ktoré vedú priamo do hľadiska, tieto dvere sú bez požiarnej odolnosti. Kapacita zhromažďovacieho priestoru je 190 divákov v prvom nadzemnom podlaží, sú tam aj lôžka, kde je voľné sedenie pre 6 ľudí, niekedy sa využíva aj tento priestor na hranie, čiže nie vždy sa tam nachádzajú osoby. Balkóny majú kapacitu 85 divákov v II. NP. Nachádzajú sa tu tri únikové cesty, o dvoch únikových cestách nemusia mať diváci znalosť nakoľko sa nevyužívajú počas bežnej prevádzky divadla. Hlavný vchod slúži ako úniková cesta, ďalšie dve sa nachádzajú po bokoch hľadiska z každej strany. Jedna vedie na voľné priestranstvo – oddelená horľavým závesom, druhá cez čiastočne chránenú únikovú cestu do priestoru ktorý slúži ako parkovisko pre autá divadla a odtiaľ na voľné priestranstvo. Zo ZP1 sú požiarné uzávery dvojkridlové, nie sú však inštalované panikové uzávery. Núdzové osvetlenie sa zapne v prípade potreby úniku osôb. V priestore nie je inštalovaná elektrická požiarna signalizácia, stabilné hasiace zariadenie, zariadenie na odvod tepla a splodín horenia. Únik je po rovine, resp. z II.NP po rovine dole a na voľné priestranstvo. Komunikácie v priestore hľadiska sú stále osvetlené svetlom zo spodu. Protipožiarna asistenčná hliadka je prítomná na každom predstavení, jej členovia sú označení, pri začiatku predstavenia sú pri vchode do sály, ľudia vedia o ich prítomnosti. Počas predstavení v hlavnej sále sú prítomní traja členovia, nachádzajú sa v priestore hľadiska, javiska, a kabíny osvetľovačov.

Požiarny úsek Štúdia

Štúdio sa nachádza v prvom podzemnom podlaží. Únik z neho vedie po čiastočne chránenej únikovej ceste po rovine, schodoch hore a po rovine na voľné priestranstvo. Pri únikovej ceste zo štúdia je umiestnený priestor na odkladanie kabátov a vecí pre divákov, je oddelený požiarnym uzáverom. Únik možný aj cez javisko do priestorov zákulisia. Kapacita štúdia je 70 až 80 divákov – prvá rada sa niekedy demontuje pre potreby predstavenia. Javisko je spojené s priestorom hľadiska nakoľko ide o malý priestor, jeden požiarny úsek. Hľadisko má pevné sedenie. Počas predstavení jeden člen protipožiarnej asistenčnej hliadky v priestore javiska a jeden sa nachádza pred vstupom do sály. Núdzové osvetlenie je umiestnené pri dverách zo štúdia, je ho stále vidno. Dvere sú požiarny uzáver dvojkridlový.



Obrázok 5. Štúdio v DJP v Trnave

Požiarny úsek Zrkadlovej sály

Nachádza sa v II.NP. Využíva sa na bály, plesy, spoločenské akcie, koncerty vážnej hudby, recepcie, výstava obrazov. Kapacita je približne 120 ľudí, kedy ide o voľné sedenie, v prípade plesov aj voľný priestor ktorý sa využíva na tancovanie alebo v prípade výstavy voľný priestor. Dvere zo zrkadlovej sály sú bez požiarnej odolnosti, ide o historické dvere aj okná. Počas akcii prítomný člen protipožiarnej asistenčnej hliadky, ktorý sa voľne pohybuje po priestore. V priestore sa nefajčí ani nepoužíva otvorený oheň, výnimočne sa používajú sviečky pri plesoch. Únik je možný po čiastočne chránenej únikovej ceste po schodoch dole do foyeru a odtiaľ na voľné priestranstvo.



Obrázok 6. Zrkadlová sála v DJP v Trnave

3.5 *Národný dom SKD Martin*

Stavba Národného domu je samostatne stojaci objekt, ktorý má tri nadzemné podlažia a jedno podzemné. Stavba bola vybudovaná v roku 1890, nachádza sa na Divadelnej ulici v centre Martina. Hlavný vstup do budovy je z námestia. Stavba má nehorľavý konštrukčný celok. V stavbe sa nachádza vnútorný zhromažďovací priestor ZP1, s kapacitou 285 divákov. Nachádza sa na prvom nadzemnom podlaží. Nechránené únikové cesty zo zhromažďovacieho priestoru vedú buď do chránenej únikovej cesty alebo na voľné priestranstvo. Dvere na únikovej ceste zo zhromažďovacieho priestoru ZP1 z hľadiska sú opatrené panikovým uzáverom. Priestor javiska a hľadiska ZP1 je oddelený protipožiaranou oponou, ktorá oddeľuje požiarny úsek javiska s požiarnym úsekom hľadiska. Môže byť ovládaná z ovládacieho pultu obsluhy alebo z miest núdzového ovládania v priestoroch portálových veží. V objekte je nainštalovaná adresná elektrická požiarne signalizácia, v priestore hľadiska a javiska sa nachádzajú hlásiče a to opticko-dymové a tlačidlové. Stavba nie je vybavená stabilným hasiacim zariadením. V objekte je inštalované zariadenie na odvod tepla a splodín horenia v priestore hľadiska a javiska. Protipožiarne asistenčná protipožiarne hliadka je prítomná na každom predstavení s jedným členom.



Obrázok 7. SKD Martin

Požiarny úsek hľadiska

Priestor hľadiska je od javiska oddelený požiarnou oponou, tvoria samostatné požiarné úseky. Kapacita zhromažďovacieho priestoru je 285 divákov. Od ostatných priestorov je oddelená požiarnymi uzávermi. Z priestoru vedú dve nechránené únikové cesty, na voľné priestranstvo. Môžu sa tu nachádzať aj osoby s obmedzenou schopnosťou samostatného pohybu. Zo ZP1 sú požiarné uzávery dvojkridlové, sú inštalované panikové uzávery. Núdzové osvetlenie sa zapne v prípade potreby úniku osôb. V priestore je inštalovaná elektrická požiarna signalizácia adresná a zariadenie na odvod tepla a splodín horenia. Únik je po rovine, resp. z II.NP po rovine, dole a na voľné priestranstvo. Protipožiarna asistenčná protipožiarna hliadka je prítomná na každom predstavení, jej členovia sú označení, pri začiatku predstavenia sú pri vchode do sály, ľudia vedia o ich prítomnosti.

Požiarny úsek javiska

Priestor javiska sa pri niektorých inscenáciách využíva aj ako hľadisko, kedy má maximálnu kapacitu 131 nepripevnených sedadiel a 5 hercov. Sedenie v priestore predstavuje voľné sedenie na stoličkách, ktoré sú umiestnené na dočasnom (prenosnom) hľadisku z horľavého materiálu, dreva. Tento materiál nemá aplikovaný protipožiarny náter. Komunikácie v javisku sú nie osvetlené počas predstaveniach ktoré sa hrajú s účasťou divákov na javisku a núdzové osvetlenie nie je vidno počas predstavenia. Z priestoru vedú tri nechránené únikové cesty po rovine na voľné priestranstvo. Dve z únikových ciest nemusia byť divákovi známe, nakoľko sa používajú najmä pre potreby príprav predstavení či pohybu hercov v zákulisí. Dvere na únikovej ceste z javiska nie sú opatrené panikovým východovým uzáverom. Únikové cesty sú vetrané a osvetlené priamym alebo núdzovým osvetlením. Počas predstavení je prítomný jeden člen protipožiarnej asistenčnej hliadky v priestore javiska.



Obrázok 8. Priestor javiska v SKD Martin počas predstavenia

4 Použitá metóda hodnotenia stavu evakuácie z historických objektov

Pre posúdenie zabezpečenia evakuácie osôb z objektu sme si vypracovali kontrolný list, podľa ktorého sme postupovali počas obhliadky priestorov a dostupnej dokumentácie. Sledovali sme v ňom vybrané parametre, a to kapacitu hľadiska, počet únikových ciest, požiarne uzávery, požiarnotechnické zariadenia, núdzové osvetlenie, prítomnosť protipožiarnej asistenčnej hliadky atď. Vychádzali sme z návrhu metodiky podľa [13], podľa ktorého sme si rozčlenili kontrolný list do štyroch kategórii.

Prvá kategória skúma celý objekt pričom sa venuje stavebným konštrukciám, požiarnym uzáverom, kapacite zhromažďovacieho priestoru, požiarnotechnickým zariadeniam, atď. Druhá kategória je zameraná na počet a stav únikových ciest, ich polohu v priestore, núdzové osvetlenie, osvetlenie uličiek v zhromažďovacom priestore, viditeľnosť a znalosť divákov o únikových cestách. V tretej časti sme sa pozreli na to či a akým spôsobom je vykonávaný cvičný požiarny poplach v objektoch, či sa počas poplachu nachádzajú v ZP osoby, či je spolupráca s HaZZ. V poslednej, štvrtej sekcii sme sa venovali protipožiarnej asistenčnej hliadke, či je prítomná počas predstavení, či je viditeľne označená, či sú jej členmi aj uvádzači alebo či diváci vedia o ich prítomnosti.

Tabuľka 1 nám prezentuje niektoré vybrané otázky ktoré sme mali uvedené v našom kontrolnom liste. Uviedli sme si do tohto vzoru otázky z každého nami sledovaného okruhu.

Tabulka 1. Vzor kontrolního listu

Č.P.	Kontrolovaný jav	Áno	Nie	Poznámka
1.1	Nehorľavý konštrukčný celok?	x		
1.5	Je inštalovaná požiarňa opona?	x		
1.6	Tvorí ZP samostatný požiarň úsek?	x		
1.10	Je v objekte inštalovaná EPS?		x	
2.1	Sú zo ZP1 aspoň 2 únikové východy?	x		
2.5	Je počas predstavení stále viditeľné núdzové osvetlenie?	x		
2.11	Vedia diváci o všetkých ÚC z priestoru?		x	
3.1	Vykonáva sa raz ročne cvičný požiarň poplach?	x		
3.2	Nachádzajú sa počas neho osoby v zhromažďovacom priestore?		x	
4.1	Sú počas predstavení prítomný členovia PAH?		x	
4.2	Ak áno, sú aspoň 2?	x		
4.2	Sú aj uvádzači/uvádzačky členmi/kami PAH?		x	

4.1 Vyhodnotenie

Po obhliadke vybraných historických objektov a vyplnení kontrolných listov sme zozbierali dáta, potrebné na zhodnotenie stavu evakuácie. Medzi pozitívne výsledky patrí prítomnosť protipožiarnej asistenčnej hliadky počas predstavení vo všetkých nami sledovaných divadlách. Ďalej prítomnosť požiarňotechnických zariadení vo väčšine objektov, zhromažďovacie priestory ako samostatné požiarne úseky a prítomnosť požiarnej opony. Protipožiarna asistenčná hliadka bola vo väčšine objektov označená a pohybovala sa v priestore vstupu pre divákov, ktorí si boli vedomí ich prítomnosti. Medzi pozitívne vlastnosti patrila prítomnosť núdzového osvetlenia vo všetkých priestoroch, boli viditeľné počas celej doby prevádzky a neboli ničím prekryvané.



Obrázok 9. Núdzové osvetlenie v ZP v historickej budove Národného divadla Košice

Negativné zistenia sme zaznamenali pri absencii EPS v jednom z objektov, taktiež absencii zariadenia na odvod tepla a splodín horenia v priestore javiska v dvoch prípadoch. Problémová skutočnosť sa ukázala ako absencia požiarnych uzáverov zo zhromažďovacích priestorov, kedy neboli oddelené od ostatných požiarnych úsekov. Ďalším problémom bol cvičný požiarny poplach, kedy iba v jednom objekte bola vykonaná s osobami nachádzajúcimi sa v zhromažďovacom priestore. V jednom objekte bola zistené nedostatočné riešenie núdzového osvetlenia. Medzi negatívne vlastnosti patrila neznalosť osôb o únikových cestách z troch priestorov, nakoľko neboli vždy viditeľne označené, alebo ich diváci nevyužívali počas bežných predstavení.



Obrázok 10. Núdzové osvetlenie a uzáver v DJP v Trnave

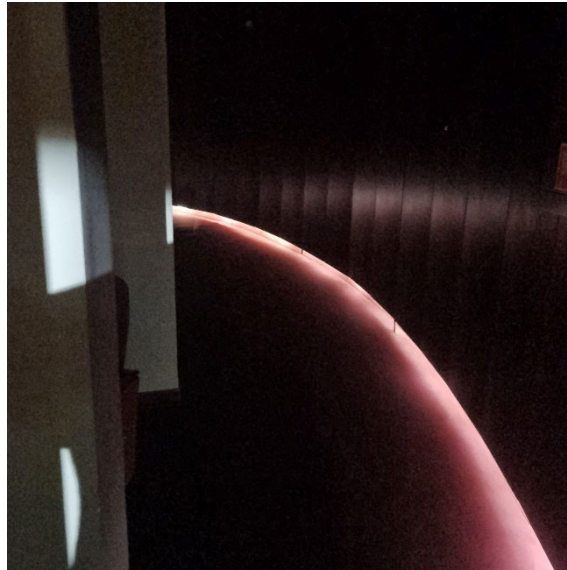
V jednom z objektov sme zistili prítomnosť iba jedného člena protipožiarnej asistenčnej hliadky počas predstavení. Taktiež tento člen nebol riadne označený. Záporne sme hodnotili aj to, že uvádzači neboli príslušníkmi protipožiarnej asistenčnej hliadky v troch prípadoch. Táto skutočnosť môže mať negatívny efekt na prípadné riadenie evakuácie osôb z objektu. V dvoch priestoroch bolo zistené, že z nich vedie iba jedna úniková cesta, čo taktiež predstavuje riziko, pre osoby ktoré sa v ňom zdržujú.

5 Návrhy a odporúčania

Na základe vypracovaného kontrolného listu a zozbieraných dát sme zistili, že bude potrebné navrhnuť niektoré opatrenia, na zvýšenie bezpečnosti osôb nachádzajúcich sa v nami skúmaných objektoch a ich evakuácie.

Odporúčame vyhotoviť nové núdzové osvetlenie na všetky únikové cesty ktoré sa nachádzajú v objektoch. V priestore javiska v SKD Martin by sa mali označiť dve únikové cesty, o ktorých nemusia mať diváci znalosť. V priestore hľadiska v DJP v Trnave by sa nahradilo za nevyhovujúce núdzové osvetlenie, čím by sa výrazným spôsobom opticky zvýraznil smer úniku zo zhromažďovacieho priestoru. Taktiež v priestore Národného domu v Košiciach mimo zhromažďovacieho priestoru ktorý využívajú diváci na vstup na balkóny, v priestoroch pre zamestnancov je núdzové osvetlenie vyhovujúce aktuálne platným normám.

Taktiež navrhujeme, aby komunikácie v sálach pre divákov boli osvetlené. Išlo by o osvetlenie ktoré by nebolo rušivé počas predstavení a diváci by po celý čas mali opticky znalosť o tom, kadiaľ unikať bez toho, aby vznikol chaos či dezorientácia.



Obrázok 11. Osvetlenie komunikácii v ZP

Uzávery, ktoré oddeľujú zhromažďovacie priestory od iných požiarnych úsekoch musia, byť požiarne uzávery. Z toho dôvodu navrhujeme vymeniť tieto uzávery, za požiarne uzávery s panikovým kovaním, najmä v objekte Národného domu v Košiciach aj Malej scény Košice. Taktiež by bolo vhodné vymeniť uzávery medzi priestorom zákulisia a hľadiska v DJP v Trnave v hlavnej sále na požiarne uzávery, aby spĺňali požiadavky kladené na samostatné požiarne úseky podľa vyhlášky MV SR 94/2004 Z.z. [2]

Odporúčame, aby na každom predstavení boli prítomní minimálne dvaja členovia protipožiarnej asistenčnej hliadky. Taktiež aby počas toho boli riadne označení a pred predstavením sa zdržovali v priestore pre divákov, aby mali vedomosť o prítomnosti tejto hliadky. Mohlo by to mať psychologický efekt na divákov, keďže by si boli vedomý ich prítomnosti a v prípade vzniku neželanej udalosti by týchto príslušníkov mohli informovať. V prípade vzniku požiaru by mohli riadiť evakuáciu ak by boli vo väčšom počte a zároveň, ak by to bolo možné, zlikvidovať požiar.

Cvičný požiarne poplach s osobami v zhromažďovacom priestore sa vykonáva iba v jednom z divadiel. Z toho dôvodu odporúčame, aby bolo vykonané pravidelne vo všetkých objektoch. Ako možné riešenie sa ponúka spôsob akým to praktizujú v DJP v Trnave. V doobedných hodinách pripravia predstavenie pre žiakov základných alebo stredných škôl, pričom komunikujú s riaditeľmi škôl, či súhlasia s vykonaním cvičnej evakuácie. Vedomosť o plánovanej akcii majú učitelia a príslušníci protipožiarnej asistenčnej hliadky. Cvičný požiarne poplach je vyhlásený po konci predstavenia, na čo sa diváci začnú presúvať po únikových cestách na voľné priestranstvo. Vďaka tomu majú členovia protipožiarnej asistenčnej hliadky skúsenosti s priebehom evakuácie z tohto priestoru, rovnako aj uvádzajúci a herci. Zároveň sa môžu odstrániť nedostatky, ktoré boli počas poplachu zistené.

6 Závěr

V článku sme si opísali reálny stav evakuácie v nami sledovaných historických objektoch. Vďaka vypracovanému kontrolnému listu, obhliadke priestorov, dostupnej dokumentácii PBS a komunikáciou s technikmi požiarnej ochrany sme zistili zistené skutočnosti. Uviedli sme si počty únikových ciest zo zhromažďovacích priestorov a sál, ktoré slúžia na hranie predstavení, požiarne uzávery, prítomnosť a počet členov protipožiarnej asistenčnej hliadky, stav núdzového osvetlenia a vybavenosť objektov požiarnotechnickými zariadeniami.

Z nami pozorovaných objektov, iba v dvoch priestoroch kde sa zdržujú počas predstavení diváci, je inštalované zariadenie na odvod tepla a splodín horenia, v jednom objekte absentuje elektrická požiarne signalizácia a v jednom objekte je inštalované stabilné hasiace zariadenie. Protipožiarne asistenčná hliadka je prítomná pri každom predstavení či spoločenskej akcii, ktorá sa odohráva v objektoch. Zistili sme nedostatky ako nízky počet členov hliadky a ich neoznačenie. Taktiež iba jedno divadlo má uchádzačov ako členov protipožiarnej asistenčnej hliadky. Pri únikových cestách sme zistili v dvoch prípadoch, že neboli nainštalované požiarne uzávery na únikových cestách zo zhromažďovacích priestoroch, v jednom prípade chýbali medzi priestorom zákulisia a hľadiska. Ďalej sa v priestoroch nachádzajú únikové cesty o ktorých nemusia diváci vedieť, nakoľko sa nevyužívajú počas bežnej prevádzky. Núdzové osvetlenie sme našli nevyhovujúce v jednom prípade zhromažďovacieho priestoru. Cvičný požiarne poplach sa vykonáva vo všetkých objektoch, no iba v jednom prípade sú prítomné osoby v zhromažďovacom priestore.

Navrhli sme ďalšie opatrenia na zvýšenie riešenia evakuácie v týchto objektoch, ako vybaviť objekty novým núdzovým osvetlením. Ďalej sme navrhli vybavenie objektov požiarne uzávermi, aby zhromažďovacie priestory tvorili samostatné požiarne úseky, či aby mali panikové kovania na únikových cestách. Odporučili sme zvýšiť počet členov protipožiarnej asistenčnej hliadky a ich pohyb po priestore, a vykonávanie cvičného požiarneho poplachu s osobami nachádzajúcimi sa v zhromažďovacích priestoroch. Vďaka týmto vylepšeniam a odporúčaniam by bolo možné doceliť zvýšenie akcieschopnosti protipožiarnej asistenčnej hliadky, odstránili by sa vyššie opísané nedostatky, čo by viedlo k zvýšeniu bezpečnosti osôb navštevujúcich tieto inštitúcie.

Referencie

- [1] Zákon NR SR č. 314/2001 Z.z. o ochrane pred požiarmi v znení neskorších predpisov.
- [2] Vyhláška MV SR č. 94/2004 Z.z, ktorou sa ustanovujú technické požiadavky na protipožiarnu bezpečnosť pri výstavbe a užívaní stavieb, v znení neskorších predpisov.
- [3] Zákon 49/2002 Z.z. o ochrane pamiatkového fondu.
- [4] STN 92 0201-2 Požiarne bezpečnosť stavieb. Spoločné ustanovenia. Časť 2: Stavebné konštrukcie.
- [5] STN 92 0201-1 Požiarne bezpečnosť stavieb. Spoločné ustanovenia. Časť 1: Požiarne riziko, veľkosť požiarneho úseku.
- [6] STN 92 0201-3 Požiarne bezpečnosť stavieb. Spoločné ustanovenia. Časť 3: Únikové cesty a evakuácia osôb
- [7] Vyhláška MV SR č. 478/2008 Z.z., o vlastnostiach, konkrétnych podmienkach prevádzkovania a zabezpečenia pravidelnej kontroly požiarneho uzáveru
- [8] Vyhláška MV SR 726/2002 Z.z. ktorou sa ustanovujú vlastnosti elektrickej požiarnej signalizácie, podmienky jej prevádzkovania a zabezpečenia jej pravidelnej kontroly, v znení neskorších predpisov.
- [9] STN EN 54-29 Elektrická požiarne signalizácia. Časť 29: Viacsnímačové požiarne hlásiče. Bodové hlásiče s kombinovaným dymovým a tepelným snímačom
- [10] STN EN 54-11 Elektrická požiarne signalizácia. Časť 11: Tlačidlové hlásiče požiaru
- [11] Vyhláška MV SR č. 121/2002 Z.z. o požiarnej prevencii
- [12] STN 73 0831 Požiarne bezpečnosť stavieb. Zhromažďovacie priestory
- [13] KUČERA, P., KAISER, R., PAVLÍK, T., POKORNÝ, J., *Metodický postup při odlišném způsobu splnění technických podmínek požární ochrany*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě. 2008. ISBN 978-80-7385-044-9

Studium stárnutí otisků prstů

Ing. Michal Indra

Fakulta aplikované informatiky – Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Nad stráněmi 4511, 760 05 Zlín,
m_indra@utb.cz

Abstrakt: Tato práce se bude zabývat využitím mikroskopických metod, především optické mikroskopie, pro 3D zobrazování otisků prstů a jejich změn v průběhu času. Výsledky by měly být porovnány se současně probíhajícími spektroskopickými studiemi. Téma vychází ze současného stavu bádání a s možnostmi a vybavením mikroskopické laboratoře na FAI UTB ve Zlíně. Na začátku práce pojednává o kriminalistické daktyloskopii a popisuje metody používané pro odhad stáří latentních otisků prstů. Dále je popsána mikroskopická analýza otisků prstů. V praktické části byly pozorovány dva vzorky (ekrynní a mastný) latentních otisků prstů, kde byla měřena výška reliéfu pro účely budoucího určování jejich stáří.

Klíčová slova: Mikroskopie, daktyloskopie, latentní otisk prstu, papilární linie

1 Úvod

Kriminalistická daktyloskopie zkoumá papilární linie, které se u lidí nacházejí na dlaních, na chodidlech a na článcích prstů. Díky třem důležitým vlastnostem, jimiž jsou jedinečnost, neměnnost a relativní neodstranitelnost papilárních linií, je lze využít k individuální identifikaci osoby. Při zkoumání a analýze otisků prstů se obvykle pracuje jen s jejich určitými charakteristickými částmi neboli obrazci, ve kterých mají papilární linie specifické tvary. [1, 2]

Podle způsobu vzniku se daktyloskopické stopy dělí na objemové a plošné. Objemové stopy vznikají při tlaku na měkký materiál (např. vosk), tedy otisk je vtlačen do materiálu. Na pevných materiálech se jedná o stopy plošné, které jsou dvojího typu. Stopy navrstvené, které jsou složeny z na pokožce ulpěných látek (např. krev, kožní maz, prachové částice apod.), a stopy odvrstvené, kdy naopak při kontaktu s předmětem dojde k přilnutí části nečistot z předmětu na pokožku (např. vrstva prachu, barva, lak apod.) [1, 3]. Daktyloskopické stopy se také dělí podle viditelnosti, a to na stopy viditelné, jež lze dobře vidět i lidským okem a jsou tvořeny např. krví nebo barvou, a na stopy neviditelné neboli latentní, které jsou nejběžnější a jsou tvořeny převážně potem a mazem. [4, 5]

Latentní daktyloskopické stopy se před vyfotografováním, zajištěním (např. na daktyloskopickou folii) a následným zkoumáním musí zviditelnit. Používají se k tomu různé metody, jejichž výběr závisí na vlastnostech konkrétního otisku. Fyzikální metody využívají adheze neboli přilnavosti daktyloskopického prášku (např. argentorát) nanášeného štětcem na otisk, na němž ulpívá. Chemické metody využívají reakce chemických činidel (např. dusičnan stříbrný) s různými látkami v otisku. Mezi fyzikálně-chemické metody se řadí např. aplikace par kyanoakrylátu. Poslední metody jsou metody speciální, pracující především s laserovými zařízeními. [4, 5, 6]

Ne vždy je možné latentní stopu využít ke klasické identifikaci. Stopa není vhodná v situacích, kdy je nějakým způsobem poškozená nebo rozmazaná, a papilární linie tak nelze přesně rozlišit. Přesto lze z

otisku zjistit několik informací o původci (např. pohlaví, užívání léků nebo drog, věk apod.) pomocí analýzy jeho chemického složení. V otisku jsou obsaženy různé látky nacházející se v lidském potu (vylučovaném ekkrinními potními žlázami) a mazu (vylučovaném mazovými žlázami, které se sice nenacházejí na dlaních či chodidlech, avšak běžnými činnostmi, kdy se člověk dotýká např. vlasů nebo obličeje, se ruce znečistí i mazem), jako jsou mastné kyseliny, aminokyseliny nebo cukry. V otisku mohou být přítomny také vnější kontaminanty (např. zbytky potravin, kosmetických přípravků, inkoustů, medikamentů apod.). Chemické složení otisku se s časem mění vlivem vnějších podmínek (např. teplota a vlhkost), jejichž účinkem dochází mimo jiné k oxidaci nebo odpařování některých látek. [4, 7]

V současné době jsou rozvíjeny i metody, pomocí nichž je možné přibližně odhadnout stáří latentních otisků prstů. V kriminalistickém zkoumání by to mohlo pomoci např. v případech, kdy je potřeba zjistit, zda nebyl nalezený otisk vytvořen ještě před trestným činem. Jednou z možností je využití daktyloskopických prášků, kdy se sleduje jejich měnící se přilnavost či míra zviditelnění papilárního terénu v časovém horizontu, což bylo popsáno např. ve studii [8], kde byly latentní otisky prstů sledovány v čase při vystavení různým podmínkám (např. světlo, vlhkost apod.) a zviditelňovány pomocí prášku na bázi oxidu titaničitého. Konkrétní závěry nicméně stanoveny nebyly. V [9] byly otisky sledovány 90 dnů a po určité době od nanesení prášku byla sledována změna sytosti barev. Výraznější pokles sytosti nastal mezi 3 a 7 dnem. Posledních 30 dní se již sytost příliš neměnila.

Další možností jsou elektrické metody, které využívají změnu elektrického náboje otisku v čase. Studie [10] se zabývala kontaktní elektrifikací, přičemž elektrický potenciál latentního otisku prstu byl snímán skenovacím zařízením s bezkontaktní sondou. V časovém horizontu byla zaznamenána klesající plošná hustota elektrického náboje, zatímco u velmi starých otisků náboj nebyl detekován vůbec.

Pro analýzu chemického složení otisků je dobré využít sice destruktivní, avšak velmi přesnou plynovou chromatografii-hmotnostní spektrometrii (GC-MS). Tato metoda byla k určení stáří latentních otisků prstů použita i v [11, 12]. V [11] bylo sledováno 8 vzorků od různých osob po dobu 28 dnů. Závěry poukazují na rychlejší úbytek některých sloučenin v čase (především skvalen) u vzorků uchovávaných na světle. Také došlo k navýšení některých mastných kyselin v čase.

Mezi další metody, jež je možné využít k přibližnému odhadnutí stáří latentních otisků prstů, patří Ramanova spektroskopie, která byla využita např. v [13]. Mimo jiné bylo zjištěno, že Ramanovy pásy skvalenu degradují mnohem rychleji na světle, kde přestávají být detekovatelné přibližně po 140 hodinách. Pokud byly vzorky uchovávány ve tmě, byly pásy ve spektru přítomny i po 700 hodinách. Metoda FT-IR (Infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací) byla použita např. ve studii [14], která se zaměřila se na otisky dětí (2 až 11 let). Z analýzy vyplynulo, že ke studiu dětských otisků jsou díky své stabilitě vhodné soli kyselin. Některé metody se zase zabývají fyzickou degradací papilárního terénu otisku v čase (řešeno např. v [15]), avšak problémem v tomto případě je, že velmi záleží na původní kvalitě otisku.

Tato práce se zaměřuje na využití mikroskopické analýzy pro odhad stáří latentních otisků prstů bez nutnosti jejich zviditelnění za použití daktyloskopických prášků. Pro tento účel bude použit 3D laserový skenovací konfokální mikroskop s možností skenování reliéfu povrchu.

2 Kriminalistická daktyloskopie

Forenzní daktyloskopie patří mezi historicky nejstarší a klíčové kriminalistické disciplíny. Jejím hlavním úkolem je identifikace jednotlivců pomocí analýzy papilárních linií, jež se vyskytují nejen na koncích prstů rukou a nohou, ale také na dlaních a chodidlech. [1]

2.1 Vlastnosti papilárních linií

Individuální identifikace osob prostřednictvím otisků prstů je možná díky vědeckým a matematickým poznatkům, které objevil anglický vědec Francis Galton na přelomu 19. a 20. století. Galton prokázal, že existuje obrovské množství kombinací papilárních linií, což prakticky znemožňuje nalezení dvou identických otisků. Kromě toho identifikoval několik klíčových vlastností, popsanych v následujících podkapitolách, které jsou charakteristické pro papilární linie a platí pro všechny jednotlivce. [1, 2]

- **Jedinečnost:** Papilární linie jsou u každé osoby zcela jedinečné a neopakovatelné, což znamená, že na celém světě neexistují dva lidé s úplně stejnými otisky prstů. F. Galton pomocí matematických poznatků prokázal, že pravděpodobnost vzniku dvou shodných vzorů je tak nízká, že se stejné otisky prstů nevyskytly ani za celou existenci lidstva. Toto tvrzení platí dodnes, protože dosud nebylo vyvráceno. Jedinečnost vzorů platí dokonce i u jednovaječných dvojčat. I když mají stejnou DNA, je možné pozorovat určité souvislosti mezi papilárními liniemi, zejména v typech vzorů, ale jejich konečný tvar a umístění se liší. [1, 5]
- **Neměnnost:** Papilární linie zůstávají v průběhu života téměř neměnné. Jejich formování u člověka začíná již v embryonálním stádiu, konkrétně ve 4. měsíci těhotenství, a dokončen je přibližně po dvou měsících. Poté zůstávají papilární linie na rukou i nohou neměnné po celou dobu života jedince. Výjimkou jsou situace, kdy může dojít k poškození těchto vzorů, například vlivem jizvení kůže nebo určitých onemocnění. [1, 5]
- **Neodstranitelnost:** Drobná povrchová poškození pokožky (epidermis) mají pouze dočasný vliv na papilární linie, a pokud není zasažena zárodečná vrstva kůže (dermis, známá též jako škára), papilární linie se s časem obnoví. Nicméně v případě poškození nebo odstranění zárodečné vrstvy kůže dochází k nevratné ztrátě. Tyto situace jsou však velmi vzácné, neboť odstranění zárodečné vrstvy vyžaduje lékařský zákrok nebo vážné fyzické poškození. [1, 5]

2.2 Charakteristické znaky papilárních linií

Při analýze otisků prstů se nepracuje s celým otiskem, ale pouze s významnými částmi, kde papilární linie vykazují specifické charakteristické tvary – obrazce (tyto vzory jsou pozorovatelné i na dlaních a chodidlech). Identifikace jednotlivců se pak provádí na základě podobnosti těchto vzorů a samotných papilárních linií. [1]

Mezi charakteristické obrazce se mimo jiné řadí následující:

- triradius – linie (nejčastěji jsou 3) vytvářejí tvar hvězdy/trojúhelníku
- začátek a konec linie
- oblouček – základní útvar v podobě paralelního průběhu zakřivených linií
- smyčka – ostřejší zatočení linií oproti obloučku (může vzniknout i dvojsmyčka, a to tehdy, když se do sebe propletou dvě jednoduché smyčky)

- vír – kruhovitě paralelní uspořádání linií
- krátká linie
- háček – linie je slepě háčkovitě zakončena
- můstek – spojení (přemostění) dvou linií
- křížení
- vidlice – rozdělení jedné linie na další
- očko/ostrůvek
- tečka – jednou z variant je, že se nachází uvnitř očka/ostrůvku, avšak se může vyskytovat i samostatně
- ostatní útvary – mohou sem patřit i kombinace několika jednodušších útvarů vytvářejících složitější obrazce [1, 5]

2.3 Způsoby zajišťování daktyloskopických stop

Většina daktyloskopických stop je nejprve zachycena fotograficky. Tento nedestruktivní způsob dokumentace umožňuje opakované snímání při různém osvětlení nebo použití různých filtrů. Viditelné stopy lze ihned zaznamenat, zatímco latentní stopy musí být nejprve zvýrazněny. Jakmile je daktyloskopická stopa dostatečně zdokumentována tímto způsobem, mohou se použít další metody pro další analýzy. [1, 3, 5]

U otisků, na které byl aplikován daktyloskopický prášek pro zvýraznění, se používá metoda zajištění na daktyloskopickou fólii. Tato fólie je potažena elastickou želatinou, která zachycuje reliéf papilárního terénu. Existují různé barevné varianty fólií, aby byl zajištěn optimální barevný kontrast mezi fólií a zvýrazněným daktyloskopickým otiskem. Například při použití bílého daktyloskopického prášku na otisk se použije fólie černé barvy. [1, 3, 5]

V situacích, kdy daktyloskopická stopa má trojrozměrný charakter, je možné ji zabezpečit odléváním. Pro tento účel se obvykle využívají materiály jako sádra nebo silikonové hmoty, mezi které patří Lukopren, Mikrosil, nebo Dentaflex. V některých případech je možné zajistit dokonce celý objekt (má-li přijatelné rozměry), na kterém se daktyloskopická stopa nachází, a poslat jej pro další analýzu do kriminalistické laboratoře. Tento postup se nazývá zajištění stopy in natura. [1, 3, 5]

3 Metody používané pro odhad stáří otisků prstů

Otisky prstů nalezené na místě činu představují klíčový důkazní a identifikační prvek. Existuje široké spektrum metod pro jejich vyhledání, zajištění a analýzu. Navíc se v současné době rozvíjejí techniky umožňující odhadnout přibližné stáří zajištěných otisků prstů, což může být pro kriminalistické vyšetřování velmi užitečné, například k určení, zda byl otisk na místo činu přenesen před nebo po spáchání trestného činu. Detaily těchto metod jsou popsány v následujících podkapitolách.

3.1 Práškové metody

Možností, jak určovat přibližné stáří latentních otisků prstů, je využití speciálních daktyloskopických prášků. Tato metoda vychází z předpokladu, že prášek se bude na papilárních liniích otisku chovat různě v závislosti na jeho stáří, což ovlivňuje míru, jakou lze otisk zviditelnit. Jeden z nedávných výzkumů [8] byl zaměřen na zkoumání, jak latentní otisky prstů postupem času degradují za různých

podmínek, jako jsou teplota, vlhkost, nebo typ materiálu podložky. Po jisté době byl na otisky aplikován prášek na bázi oxidu titaničitého. Bylo zjištěno, že otisky podléhaly degradaci jak na světle, tak ve tmě, avšak bez definitivních závěrů. Další studie [9] zkoumala změny v adhezi (přilnavosti) otisků během 90 dnů ve třech různých prostředích. Po uplynutí určené doby byl na otisky nanesen daktyloskopický prášek. Výsledky ukázaly první výrazný pokles intenzity barvy mezi třetím a sedmým dnem. Od šedesátého dne pak nebyly zaznamenány žádné další výrazné změny v intenzitě barvy otisků. [16]

Některé metody [17] se pokoušely zjišťovat stáří otisků prstů i po jejich vystavení vodě s použitím daktyloskopických prášků, ale tyto pokusy nebyly příliš úspěšné. Zdá se, že voda a možná i další faktory mohou významně ovlivnit schopnost prášků adekvátně reagovat na papírní linie, což komplikuje odhad jejich stáří. Další studie [18, 19] také naznačují, že použití daktyloskopických prášků pro určení přibližného stáří latentních otisků prstů není obzvláště přesné. Tyto zjištění poukazují na potřebu dalšího výzkumu a možného vývoje přesnějších metod pro odhad stáří otisků, které by mohly lépe sloužit forenzním a kriminalistickým účelům.

3.2 Elektrické metody

Další přístup k určování stáří latentních otisků prstů využívá jejich elektrické vlastnosti, konkrétně změny v elektrickém náboji otisku v průběhu času. Tato metoda, zvaná kontaktní elektrifikace, se opírá o jev, kdy dotykem prstu se substrátem dochází k přenosu elektrického náboje na povrch tohoto substrátu. Následně lze tento náboj detekovat a zobrazit skenováním s použitím bezkontaktní sondy, která měří plošnou hustotu náboje. Podle výsledků studie [10] plošná hustota náboje postupně klesá a u starších otisků může být náboj natolik nízký, že není detekovatelný. Mezi hlavní nevýhody této metody patří dlouhá doba potřebná k digitalizaci otisku a omezení na typ a tloušťku substrátu, na němž se otisk nachází. Nejvhodnější jsou tenké izolanty. [16]

3.3 Plynová chromatografie-hmotnostní spektroskopie

Plynová chromatografie s hmotnostní spektroskopií neboli GC-MS (gas chromatography-mass spectrometry) je technika kombinující separaci složek vzorku pomocí chromatografie s jejich identifikací a kvantifikací prostřednictvím hmotnostní spektrometrie. Umožňuje přesně identifikovat a měřit složky ve složitých směsích. Hlavní nevýhodou je, že analýza je destruktivní, což znamená, že vzorek je během testu spotřebován. [20]

Studie [11] využívající metodu GC-MS pro zkoumání stárnutí latentních otisků prstů zjistila, že stárnutí otisků ovlivňuje složení lipidů. U otisků uchovávaných ve tmě je úbytek sloučenin, jako je skvalen, pomalejší ve srovnání s otisky vystavenými světlu. Dále bylo zaznamenáno, že stárnutím dochází k nárůstu určitých mastných kyselin. Z další analýzy [12] 104 různých sloučenin ve vzorcích bylo identifikováno 10 klíčových esterů vosku, které hrají důležitou roli v rozlišení osob, a to na základě jejich přítomnosti ve všech zkoumaných otiscích.

3.4 Ramanova spektroskopie

Jedná se o nedestruktivní metodu založenou na Ramanově rozptylu, která slouží k analýze molekulových spekter látek. Ve studii [13] byla pomocí Ramanovy spektroskopie porovnávána sada otisků prstů uchovávaná na světle se sadou uloženou ve tmě. Zjistilo se, že Ramanovy pásy odpovídající skvalenu zůstávají viditelné po dobu 700 hodin při uchování v tmavých podmínkách, zatímco na světle

vymizí již po 140 hodinách. Toto zjištění je podobné tomu, které bylo provedeno pomocí metody GC-MS, která ukázala, že světelné podmínky mají vliv na degradaci otisků prstů v čase. [21]

3.5 *Infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací*

Infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací neboli FT-IR (Fourier transform infrared spectroscopy) je další nedestruktivní metoda, která pracuje s absorpcí infračerveného záření látkou. Ve studii [14] bylo pomocí FT-IR zkoumáno stárnutí latentních otisků prstů dětí ve věku od 2 do 11 let. Bylo zjištěno, že tyto otisky obsahují jen malé množství proteinových částic ve srovnání s otisky dospělých osob. Naopak mají výrazné zastoupení solí kyselin, které jsou klíčovou složkou otisků a díky své teplotní a časové stabilitě jsou vhodné pro měření.

Další studie [22] se zabývala popisem stárnutí a určením původního složení latentních otisků prstů a výsledkem byl model sloužící k určení stáří vzorku. Tato analýza ukázala, že FT-IR může být účinným nástrojem pro studium změn v otiscích prstů a pro určení jejich původního složení.

3.6 *Další metody*

Fyzické metody sledování degradace papilárního terénu latentního otisku prstu v čase představují další možnost zkoumání. Například studie [15] se zaměřuje na změnu velikosti pórů potních žláz nebo na změnu šířky jednotlivých linií papilárního terénu, přičemž k pozorování se používají různé optické senzory. I když se šířka linií skutečně mění s časem, existují problémy s biologickými a genetickými faktory, stejně jako s původní kvalitou latentního otisku prstu. Také znalost počáteční šířky jednotlivých linií papilárního terénu představuje výzvu. [16]

4 Mikroskopická analýza pro odhad stáří otisků prstů

Ve studii [15] byly otisky prstů pozorovány po dobu 180 dní a měření se opakovalo každých 15 dní. Pro tuto analýzu byl použit mikroskop s dvacetinásobným zvětšením a umělým osvětlením (bílé světlo, 70 W), konkrétně se jednalo o mikroskop Nikon SMZ 800 a světelný zdroj Intralux 6000-1. Pro zvýraznění latentních otisků prstů zde byla použita sloučenina Nuclear Fast Red (NFR).

Stanovení působení environmentálních a vnitřních faktorů na degradaci v čase latentního biologického materiálu existujícího v otiscích prstů byly provedeny nepřímo studiem stupně degradace a/nebo pozorováním mizejících epitelálních buněk. Tato stanovení byla provedena zkoumáním cytologických preparátů, obarvených Nuclear Fast Red (NFR). [15]

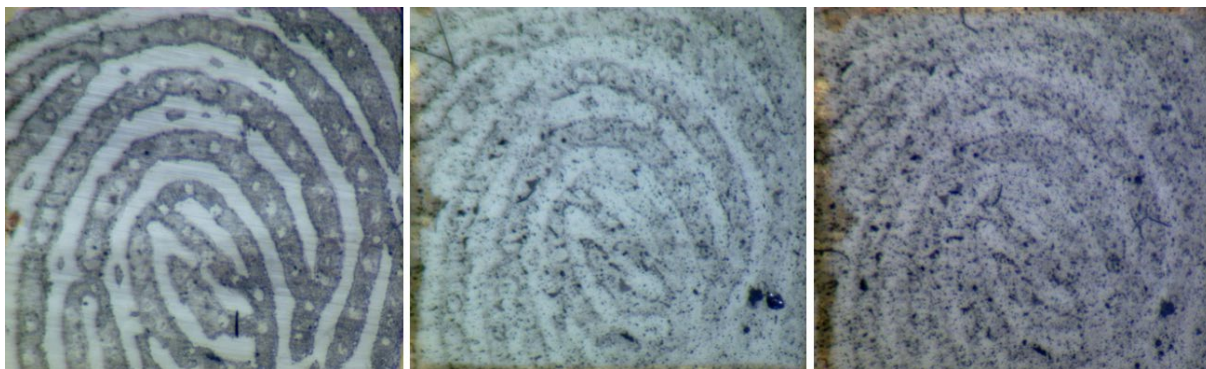
Odhadovaný počet začleněných buněk v každém otisku prstu byl stanoven matematickým kalkulem, hodnoty byly získány aritmetickými průměry tří pozorování z náhodných oblastí, kde byly buňky počítány. [15]

Tloušťky hřebenů a šířky údolí papilárních linií byly měřeny pomocí aplikace Lucia Forensic každých 15 dní po dobu 180 dní. Na základě mikroskopické studie tvaru a umístění pórů byly pozorovány následující aspekty: [15]

- Póry, které byly pozorovány, mají po jednom dni od vytvoření hustotu vyšší než 10/cm hřebene, přičemž póry jsou umístěny v krátké vzdálenosti od sebe.

- Pozice pórů může být jak ve středu, tak na okraji hřebene. Ty, které jsou na okraji hřebene, mohou být uzavřené nebo otevřené, zatímco ty uvnitř jsou vždy uzavřené a dobře definované
- Po 5 dnech začnou póry měnit svůj tvar, zejména ty okrajové, které by se mohly stát otevřenými póry. Kvůli degradaci hřebenů papilárních linií některé póry mizí.
- Vzdálenost mezi póry se zkracuje a ty blízké se spojují a tvoří řetězce. [15]

Na obrázku níže je znázorněna degradace otisku prstu v čase:



Obrázek 1. Makroskopický otisk prstu, zleva: první den, devadesátý den a sto osmdesátý den po expozici [15]

Šířka hřebene po 1 dni:

- Otisky prstů uchovávané v podmínkách vnitřního prostředí: tloušťka hřebene se pohybuje mezi 0,30 mm a 0,34 mm.
- Otisky prstů uchovávané ve venkovním prostředí: tloušťka se pohybuje mezi 0,28 mm a 0,32 mm. [15]

Šířka hřebene po 180 dnech:

- časem se zmenšuje, pohybuje se mezi 0,24 mm a 0,28 mm pro vnitřní a mezi 0,22 mm a 0,26 mm pro venkovní. [15]

Počáteční šířka údolí:

- U latentních papilárních otisků prstů zanechaných uvnitř se šířka údolí pohybuje mezi 0,24 mm a 0,28 mm.
- U latentních papilárních otisků prstů ponechaných venku se šířka údolí pohybuje mezi 0,26 mm a 0,28 mm. [15]

Šířka údolí po 180 dnech:

- Pokud jde o papilární otisky prstů zanechané uvnitř, šířka prohlubní se zvětšuje a pohybuje se mezi 0,28 mm a 0,30 mm.
- Pokud jde o papilární otisky prstů ponechané venku, jejich šířka se pohybuje mezi 0,26 mm a 0,28 mm. [15]

-
Analýza počtu makroskopických daktyloskopických prvků za období 150 dnů je uvedena v tabulce 1.

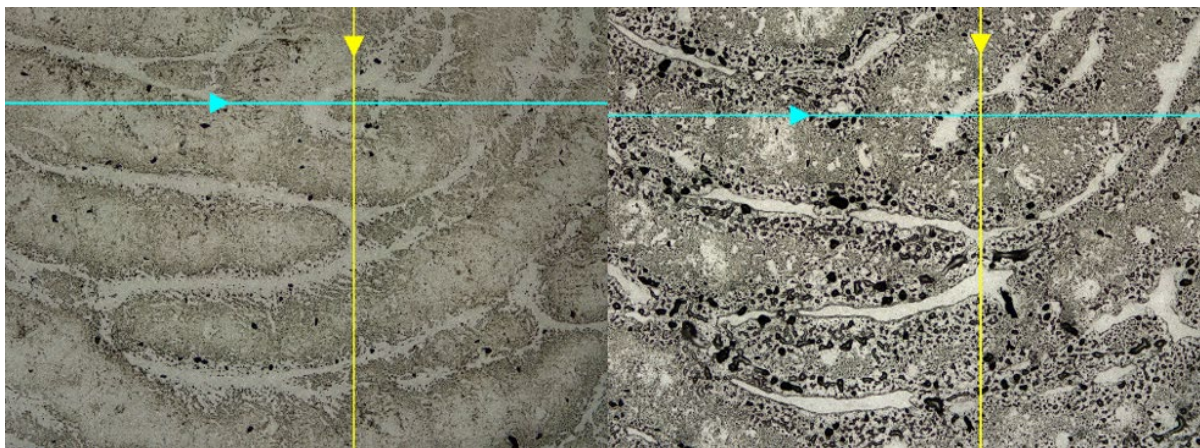
Tabulka 1. Analýza počtu makroskopických daktyloskopických elementů [15]

Den měření	Počet makroskopických markantů
1	41
15	41
30	33
45	27
60	25
75	23
90	19
105	18
120	15
135	13
150	12

4.1 Vlastní mikroskopické měření

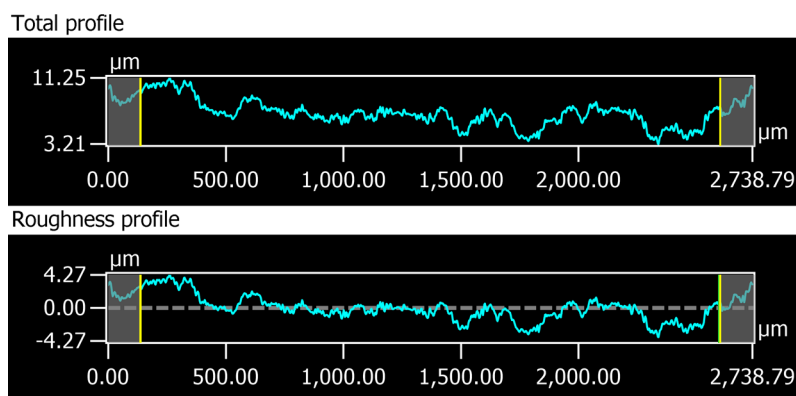
Pro tento výzkum byl použit laserový konfokální mikroskop Keyence VKX 1000, který umožňuje skenování reliéfu povrchu vzorku s přesností na setiny mikrometru. Při použití koaxiálního osvětlení není nutné latentní otisk nijak zvýrazňovat daktyloskopickými prášky, které mohou mít vliv na přesnost měření.

Na obrázku níže je patrný rozdíl mezi otiskem ekrinním (vlevo) a mastným (vpravo). U obou otisků byla provedena měření výšky reliéfu, které se v budoucnu bude opakovat a vyhodnocovat. Předpokladem je, že jak otisk bude stárnout, jeho výška bude se bude snižovat. V současné době byla provedena dvě měření v rozmezí tří dnů a naměřená data zatím nejsou průkazná, předpokladem je postupné snižování výšky reliéfu a změna šířky otisků hřebenů a údolů papilárních linií. Pro toto pozorování bude potřeba měření opakovat několikrát po delší dobu. Zásadním problémem je nutnost provedení měření ve stejném místě otisku, k tomuto poslouží charakteristické obrazce papilárních linií.



Obrázek 2. Ekrinní a mastný otisk prstu

Pro budoucí měření bude sada otisků rozšířena a budou použity dva typy podkladního materiálu (sklo a polymerní materiál). Následně bude jedna část ponechána na světle a druhá bude uchovávána ve tmě. Všechna měření také budou několikrát opakována pro stanovení směrodatné odchylky.



Obrázek 3. Ukázka naměřeného reliéfu povrchu otisku prstu

5 Závěr

Téma řešené v této studii je velmi významné a bylo zvoleno z důvodu nutnosti znát chování latentních otisků prstů v čase s cílem stanovit jejich stáří. Práce byla zaměřena na mikroskopické zkoumání latentních otisků prstů se zaměřením na jejich stárnutí. V současné době byla provedena dvě měření u dvou různých otisků, která neprokázala změny v reliéfu zkoumaných vzorků. Díky použití laserového konfokálního mikroskopu nebylo nutno latentní otisky prstů nijak zvýrazňovat za použití daktyloskopických prášků, což by mohlo mít negativní vliv na měření výšky reliéfu. V budoucnu bude vyhodnocováno větší množství vzorků v delším časovém rozmezí, na dvou typech podkladu (sklo a polymerní materiál), kdy jedna polovina bude uchovávána na světle a druhá ve tmě. Výška latentního otisku by se s postupem času měla snižovat, hřebeny a údolí papilárních linií by měly být užší, v důsledku odparu některých látek obsažených v otisku prstu.

Reference

- [1] SVOBODA, Ivo. Kriminalistika. Ostrava: Key Publishing, 2016. Učebnice (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-259-4.

- [2] DE ALCARAS-FOSSOUL, Josep. Technologies for Fingermark Age Estimations: A Step Forward. Cham: Springer, 2021. ISBN 978-3-030-69336-7.
- [3] PORADA, Viktor. Kriminalistika: (úvod, technika, taktika). Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2007. ISBN 978-80-7380-038-3.
- [4] SIEGEL, Jay A., Pekka SAUKKO a Max M. HOUCK, ed. Encyclopedia of forensic sciences. Second edition. Amsterdam: Elsevier, 2013. ISBN 978-0-12-382165-2.
- [5] STRAUS, Jiří a Viktor PORADA. Teorie, metody a metodologie kriminalistiky. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8.
- [6] JASUJA, Om Prakash, Gurvinder Singh BUMBRAH a Rakesh Mohan SHARMA. Emerging latent fingerprint technologies: a review. Research and Reports in Forensic Medical Science [online]. 2016, 6, 39-50 [cit. 2022-10-31]. ISSN 2230-2476. Dostupné z: doi:10.2147/RRFMS.S94192
- [7] ARCHER, Nia E., Yannis CHARLES, Julia A. ELLIOTT a Sue JICKELLS. Changes in the lipid composition of latent fingerprint residue with time after deposition on a surface. Forensic Science International. 2005, 154(2-3), 224-239 [cit. 2022-10-31]. ISSN 03790738. Dostupné z: doi:10.1016/j.forsciint.2004.09.120
- [8] DE ALCARAZ-FOSSOUL, Josep, Cristina MESTRES PATRIS, Antoni BALACIART MUNTANER, Carme BARROT FEIXAT a Manel GENÉ BADIA. Determination of latent fingerprint degradation patterns—a real fieldwork study. International Journal of Legal Medicine [online]. 2013, 127(4), 857-870 [cit. 2022-11-01]. ISSN 0937-9827. Dostupné z: doi:10.1007/s00414-012-0797-0g
- [9] STRAUS, Jiří a Petr HLAVÍN. Příspěvek k určení stáří latentních daktyloskopických stop. Kriminalistika: časopis pro kriminalistickou teorii a praxi. Praha: MV ČR, odbor tisku a public relations, 2006, 39(4), 275–291. ISSN 1210-9150.
- [10] WATSON, Philip, Robert J. PRANCE, Sam T. BEARDSMORE-RUST a Helen PRANCE. Imaging electrostatic fingerprints with implications for a forensic timeline. Forensic Science International [online]. 2011, 209(1–3), 41-45 [cit. 2022-11-02]. ISSN 0379-0738. Dostupné z: doi:10.1016/j.forsciint.2011.02.024
- [11] FRICK, Amanda, Glyn CHIDLOW, John GOODPASTER, S.W. LEWIS a Wilhelm. van BRONSWIJK. Monitoring compositional changes of the lipid fraction of fingermark residues deposited on paper during storage. Forensic Chemistry [online]. 2016, 2, 29-36 [cit. 2022-11-02]. ISSN 24681709. Dostupné z: doi:10.1016/j.forc.2016.09.001
- [12] GIROD, Aline a Céline WEYERMANN. Lipid composition of fingermark residue and donor classification using GC/MS. Forensic Science International [online]. 2014, 238, 68-82 [cit. 2022-11-02]. ISSN 03790738. Dostupné z: doi:10.1016/j.forsciint.2014.02.020
- [13] ANDERSSON, Per Ola, Christian LEJON, Therese MIKAELSSON a Lars LANDSTRÖM. Towards Fingermark Dating: A Raman Spectroscopy Proof-of-Concept Study. ChemistryOpen [online]. 2017, 6(6), 706-709 [cit. 2022-11-07]. ISSN 21911363. Dostupné z: doi:10.1002/open.201700129
- [14] WILLIAMS, Diane Keith, Corrie J. BROWN a Justine BRUKER. Characterization of children's latent fingerprint residues by infrared microspectroscopy: Forensic implications. Forensic Science International [online]. 2011, 206(1-3), 161-165 [cit. 2022-11-07]. ISSN 03790738. Dostupné z: doi:10.1016/j.forsciint.2010.07.033

- [15]POPA, Gheorghe, Romica POTORAC a Nicolae PREDA. Method for fingerprints age determination. Romanian Journal of Legal Medicine [online]. 2010, 18(2), 149-154 [cit. 2022-11-07]. ISSN 12218618. Dostupné z: doi:10.4323/rjlm.2010.149
- [16]CADD, Samuel, Meez ISLAM, Peter MANSON a Stephen BLEAY. Fingerprint composition and aging: A literature review. Science & Justice [online]. 2015, 55(4), 219-238 [cit. 2022-03-18]. ISSN 1355-0306. Dostupné z: doi.org/10.1016/j.sci-jus.2015.02.004
- [17]STONE, Scot.; METZGER, Robert Comparison of Development Techniques Sudan Black B Solution/Black Magna Powder for Water-Soaked Porous Items. Ident. News, 1981, 31.1: 13-14.
- [18]BARNETT, Paul, Donald a Richard, Andreas BERGER. The Effects of Temperature and Humidity on the Permanency of Latent Fingerprints. Journal of the Forensic Science Society [online]. 1976, 16(3), 249-254 [cit. 2022-03-28]. ISSN 00157368. Dostupné z: doi:10.1016/S0015-7368(76)71068-5
- [19]ALMOG, Joseph; HIRSHFELD, Amiram; KLUG, J. T. Reagents for the chemical development of latent fingerprints: synthesis and properties of some ninhydrin analogues. Journal of Forensic Science, 1982, 27(4), 912-917.
- [20]Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS). Thermo Fisher Scientific [on-line]. Waltham (Massachusetts): Thermo Fisher Scientific, c2021 [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: <https://www.thermofisher.com/cz/en/home/industrial/mass-spectrometry/mass-spectrometry-learning-center/gas-chromatography-mass-spectrometry-gc-ms-information.html>
- [21]What is Raman Spectroscopy?: Raman Spectroscopy Principle. Edinburgh Instruments [online]. Edinburgh: Edinburgh Instruments, c2022 [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: <https://www.edinst.com/blog/what-is-raman-spectroscopy/>
- [22]GIROD, Aline, Linda XIAO, Brian REEDY, Claude ROUX a Céline WEYERMANN. Fingerprint initial composition and aging using Fourier transform infrared microscopy (μ -FTIR). Forensic Science International [online]. 2015, 254, 185-196 [cit. 2022-03-29]. ISSN 03790738. Dostupné z: doi:10.1016/j.forsciint.2015.07.022

Hodnocení kultury bezpečnosti ve výrobních podnicích v ČR

Hana Halíčková¹, Ivana Slováčková²

¹ VŠB-TUO, Fakulta bezpečnostního inženýrství, hana.halickova@vsb.cz

² VŠB-TUO, Fakulta bezpečnostního inženýrství, ivana.slovackova@vsb.cz

Abstrakt:

V současnosti se stále více českých firem zaměřuje na rozvoj kultury bezpečnosti. Toto pojetí bezpečnosti zahrnuje systémy řízení rizik, předpisy a organizační opatření a také se soustředí na aspekty lidského chování, postoje, vnímání, vztahy na pracovišti nebo komunikaci. Zajišťuje tak komplexní přístup. Aby bylo možné zvyšovat kulturu bezpečnosti a s ní i výkon v oblasti bezpečnosti, je důležité hodnotit její úroveň. Příspěvek je zaměřen na posouzení současného stavu kultury bezpečnosti ve výrobních podnicích v ČR. Cílem bylo vyhodnocení úrovně kultury bezpečnosti u společností zapojených do iniciativy Safety Culture Award 2022/2023 a vytvoření žebříčku firem podle jejich úrovně kultury bezpečnosti. V rámci této iniciativy bylo u přihlášených společností provedeno vícestupňové hodnocení. Tento průzkum byl součástí pilotní případové studie pro připravovanou inovovanou metodiku hodnocení kultury bezpečnosti.

Klíčová slova:

Kultura bezpečnosti, hodnocení kultury bezpečnosti, bezpečnost, nástroje hodnocení, Safety Culture Award

1 Úvod

Termín kultura bezpečnosti se začal v odborné literatuře používat po černobylské jaderné katastrofě v roce 1986. International Nuclear Safety Advisory Group tehdy označila kulturu bezpečnosti jako příčinný faktor havárie. Od té doby, v průběhu uplynulých třech desetiletí, se pojmem kultura bezpečnosti a jejím hodnocením zabývalo na mezinárodní úrovni mnoho akademiků z různých vědeckých oborů (psychologie, antropologie, inženýrství atd.). To vedlo k různým, avšak vzájemně se doplňujícím přístupům zkoumání a hodnocení kultury bezpečnosti organizace. Dosud neexistuje jednotná definice ani přístup k hodnocení. [1] [2] [3] [4] Níže je uvedena často používaná a velmi komplexní definice navržená Advisory Committee on the Safety of Nuclear Installations:

„Kultura bezpečnosti organizace je výsledkem individuálních a skupinových hodnot, postojů, vnímání, kompetencí a vzorců chování, které určují oddanost, styl a úroveň řízení bezpečnosti a ochrany zdraví v organizaci.

Organizace s pozitivní kulturou bezpečnosti se vyznačují komunikací založenou na vzájemné důvěře, společným vnímáním důležitosti bezpečnosti a důvěrou v účinnost preventivních opatření.“ [1, s. 13]

Výzkum kultury bezpečnosti probíhal zejména ve vysoce rizikových odvětvích, jako je jaderný a petrochemický průmysl a (veřejná) hromadná doprava (železnice, letectví). Postupem času se pak kultura bezpečnosti začala skloňovat také v souvislosti s bezpečností a ochranou zdraví při práci, kde se ukázala jako efektivní cesta pro snižování nehod a celkové zvýšení bezpečnosti v podniku. [1]

Kultura bezpečnosti je přítomna v každé organizaci a je klíčová pro správné řízení bezpečnosti. Skrze kulturu bezpečnosti lze efektivně provádět postupné změny politik, procesů a postupů souvisejících s bezpečností, které vedou k jejímu rozvoji. Rozvoj kultury bezpečnosti tak může vést k lepší výkonnosti v oblasti bezpečnosti. Jedná se o soubor mnoha aspektů. Umožňuje zkoumat, jak neformální organizační aspekty pozitivně či negativně ovlivňují bezpečnost. Ovlivňuje vnímání bezpečnosti pracovníky organizace, to, jak k bezpečnosti přistupují, zda chápou její smysl a zda jednají bezpečně. Je rovněž velmi důležitá pro řízení rizik. Umožňuje širší pohled na nakládání s riziky a jejich řízení v organizacích. [1] [4]

V ČR je v současnosti trend kultury bezpečnosti stále několik let za světovým standardem. Ovšem v posledních letech se kultura bezpečnosti dostává i do popředí zájmu českých firem. Tento zvyšující se trend ostatně dokazují i výsledky Safety Culture Award 2022/2023, které jsou předmětem příspěvku.

2 Aspekty kultury bezpečnosti a její hodnocení

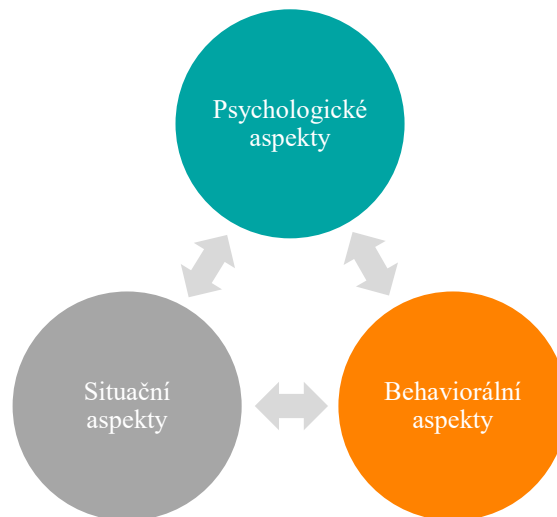
Před prováděním změn a zaváděním iniciativ ke zlepšení kultury bezpečnosti je důležité stanovit, kam organizace směřuje a jaký je očekávaný budoucí stav kultury bezpečnosti. Dalším krokem je vyhodnocení současného stavu a určení rozdílů mezi současným a budoucím stavem kultury bezpečnosti. Vyhodnocení kultury bezpečnosti poskytne užitečné vstupní informace pro provádění změn, specifikuje silné stránky a pomůže odhalit problémové otázky, které brání dalšímu rozvoji. Teprve potom je možné navrhnout specifický program pro efektivní změnu kultury bezpečnosti. [5]

První tendence hodnocení kultury bezpečnosti přinesly mnoho modelů a nástrojů. Původní hodnotící nástroje byly obvykle založené na průzkumu, který se zaměřoval zejména na psychologické aspekty. Dále se výzkum věnoval modelům vyspělosti kultury bezpečnosti. Vývoj modelů vyspělosti na počátku roku 2000 vedl k vytvoření nových přístupů k hodnocení kultury bezpečnosti. Mezi obecně přijímané a hojně využívané patřil např. tříúrovňový model podle IAEA [5] nebo model vyspělosti kultury bezpečnosti vyvinutý společností Shell (program Hearts & Minds) [6]. [3]

Pro proces hodnocení kultury bezpečnosti není vhodné volit pouze jeden přístup nebo techniku. K posuzování kultury bezpečnosti je důležité přistupovat komplexně, zvolit holistický přístup, který je založen na několika metodách. Je důležité zahrnout nejen metody kvantitativní (dotazníky, průzkumy), ale zejména metody kvalitativní (rozhovory, pozorování a analýzu dokumentů) a zaměřit se na všechny aspekty kultury. [1] [3]

2.1 Aspekty kultury bezpečnosti

Kulturu bezpečnosti je možné chápat jako soubor mnoha aspektů. Obecně uznávaným a často využívaným přístupem potvrzujícím tuto teorii je rámec kultury bezpečnosti podle M. D. Coopera, tzv. tříaspektový přístup. Podle něj lze kulturu bezpečnosti chápat jako tři vzájemně se ovlivňující prvky, které zahrnují subjektivní vnitřní psychologické aspekty, skutečné pozorovatelné chování související s bezpečností a objektivní situační charakteristiky. Diagram na obrázku 1 zobrazuje tři aspekty kultury bezpečnosti a symbolizuje jejich vzájemné propojení. [2] [7]



Obrázek 1 Aspekty kultury bezpečnosti, upraveno na základě přístupu M. D. Coopera

Zkoumání kultury bezpečnosti z pohledu Cooperova rámce poskytuje triangulační přístup. Triangulace umožňuje zkoumat vzájemné vztahy mezi psychologickými („Jak se lidé cítí“), behaviorálními („Co lidé dělají“) a situačními faktory („Co má organizace zavedeno“). Vzhledem k tomu, že každý ze tří aspektů lze přímo měřit samostatně nebo v kombinaci, je možné kulturu bezpečnosti smysluplně hodnotit na mnoha různých organizačních úrovních. [7]

2.2 Metody a dostupné nástroje pro hodnocení

Kultura bezpečnosti je velmi komplexní. Je tedy důležité i k hodnocení kultury bezpečnosti přistupovat komplexně. V současné době je k dispozici celá řada metod. Jedná se např. o dotazníky, rozhovory, „focus groups“ (tzv. ohniskové skupiny), pozorování nebo analýza dokumentace. Žádná z dostupných metod však neposkytuje komplexní posouzení kultury bezpečnosti. Proto je vhodným přístupem využití kombinace jednotlivých metod. V tabulce 4 je uveden přehled jednotlivých metod. Každá z níže popsaných metod poskytuje jiný typ informací. [4] [5]

V EU i ve světě je k dispozici mnoho nástrojů. Velká část těchto nástrojů je zaměřena především na měření postojů a vnímání, které zaměstnanci zauímají k bezpečnosti, tj. bezpečnostní klima [3]. Mezi dostupné nástroje je možné zařadit následující:

- Pokyny IAEA pro použití při zvyšování kultury bezpečnosti poskytují podrobný návod pro hodnocení, proces řízení a vývoje kultury bezpečnosti [5];

- Program přeměny kultury bezpečnosti Hearts and Minds, vyvinutý společností Shell Exploration and Production [8];
- Nordic Occupational Safety Climate Questionnaire (NOSACQ-50), nástroj pro hodnocení klimatu bezpečnosti, - psychologického aspektu kultury bezpečnosti [1].

Pro hodnocení Safety Culture Award 2022/2023 byla vytvořena speciální metodika. Vzhledem k charakteru kultury bezpečnosti bylo nutné využít několikastupňové hodnocení, které sestávalo z různých kvantitativních, kvalitativních a semikvantitativních metod hodnocení. Využitá metodika zahrnovala dotazníky, kontrolu dokumentace, semistrukturované rozhovory, prohlídky a pozorování na pracovištích. Zaměřovala se na 3 vzájemně se prolínající aspekty kultury bezpečnosti: situační, psychologický a behaviorální. [10]

3 Metodika a systém hodnocení Safety Culture Award 2022/2023

Tvorba metodiky a hodnocení Safety Culture Award 2022/2023 probíhaly v rámci výzkumných projektů VŠB–TUO, SP 2022/92 a SP 2023/066.

U podniků, které se do Safety Culture Award 2022/2023 zapojily bylo provedeno třístupňové hodnocení kultury bezpečnosti, od základního až po podrobné tak, aby bylo možné hodnotit více podniků a aby zároveň respektovalo multidimenzionální přístup ke kultuře bezpečnosti. Vyhodnocení a analýza byla prováděna hodnotiteli z FBI, VŠB – TUO na základě vlastního know-how, které se opíralo zejména o vědecké poznatky publikací [2] [4] [5] [9]. Předmětem příspěvku jsou první dva stupně hodnocení, zaměřené na situační aspekt, který byl posuzován v sedmi oblastech – Víze a cíle, Odpovědnost a zapojení, Organizace a systém, Nehody, Školení a vzdělávání, Posouzení rizik, Kontroly a audity.

Pro hodnocení zapojených společností byla klíčová především vysoká angažovanost a oddanost vedení k bezpečnosti a aktivní zapojení všech zaměstnanců do oblasti BOZP. Dále byla zásadní oboustranná otevřená komunikace mezi vedením a pracovníky založená na vzájemné důvěře, proaktivní přístup a viditelný safety leadership na všech úrovních vedení. Pro přidělování bodů byla rovněž velmi důležitá spravedlivá a učící se kultura, podpora zaměstnanců při hlášení incidentů a zejména vysoká a vyrovnaná úroveň ve všech hodnocených oblastech. [10]

3.1 Výběr podniků a propagace

Safety Culture Award 2022/2023 byla určena pro výrobní podniky v ČR, s více než 80 zaměstnanci. Do projektu se zapojilo celkem 34 společností z různých průmyslových odvětví. Nejčastěji byl zastoupen automobilový a elektrotechnický průmysl a strojírenství.

Oslovení výrobních podniků a propagace případové studie byly prováděny prostřednictvím letáků, webových stránek FBI, VŠB – TUO, mediálních partnerů Safety Culture Award 2022/2023 (BOZPprofi.cz, BOZPinfo.cz), Konference BOZP 2022 nebo přímým oslovením podniků. Dotazník využitý pro přihlašování podniků a zároveň první stupeň hodnocení byl volně přístupný na webových stránkách FBI, VŠB-TUO. Vzhledem ke způsobům distribuce a propagace nebylo možné určit, kolik firem dotazník

pro první kolo Safety Culture Award 2022/2023 obdrželo. Z tohoto důvodu nebylo možné vyhodnotit jeho návratnost.

3.2 První stupeň hodnocení – dotazník

V prvním stupni hodnocení byl posuzován situační aspekt kultury bezpečnosti („Co má organizace zavedeno“), zejména zavedený systém řízení bezpečnosti v podniku. Bylo prověřováno, jak je systém řízení bezpečnosti nastaven a nakolik je kladen důraz na zásadní ukazatele pozitivní kultury bezpečnosti. Posuzování probíhalo na základě dotazníků vyplněných zástupci podniků. Jednalo se zejména o techniky BOZP/OZO v prevenci rizik nebo HSE manažery. Dotazník byl rozdělen na několik částí podle hodnotících kritérií. Obsahoval celkem 86 otázek různých typů. Jednalo se o otázky uzavřené, otevřené, výběrové a doplňující. Otevřené rozšiřující otázky zpravidla navazovaly na otázky uzavřené (Ano/Ne). Bodové ohodnocení jednotlivých typů otázek uvádí tabulka 1. Součástí dotazníku byla oblast sebehodnocení se čtyřstupňovou Likertovou škálou odpovědí.

Tabulka 1 Systém hodnocení podle typu otázek

Typ otázky	Odpověď	Bodové ohodnocení
Uzavřená	Ano/Ne	0-1 bod
Výběrová	Výběr z možností	0-1-2 body
Otevřená, doplňující	Vlastní odpověď	0-1-2 body
Sebehodnocení	Likertova škála	0-1 bod

Aby byla zajištěna objektivita, hodnocení dotazníků prováděli nezávisle na sobě dva hodnotitelé z VŠB-TUO. Výsledky byly konzultovány a porovnávány a v případě rozdílných hodnocení byla hledána vzájemná shoda. Do druhého stupně postoupilo 19 nejlepších podniků. Společnosti, které se nedostaly do dalšího stupně hodnocení obdržely zpětnou vazbu se svými výsledky, návrhy na zlepšení a s výčtem silných a slabých stránek.

3.3 Druhý stupeň hodnocení – analýza dokumentace a rozhovor se zástupcem BOZP/HSE

Předmětem druhého stupně hodnocení byly rovněž situační aspekty. Hodnocení však bylo hlubší a mnohem více se zabýval tím, jak zavedený systém řízení bezpečnosti funguje v praxi, a jak jsou implementovány jednotlivé nástroje. Podklad pro hodnocení ve druhé stupni tvořilo posouzení dokumentace a strukturovaný, předem připravený rozhovor se zástupcem společnosti za BOZP/HSE. Rozhovory byly prováděny prostřednictvím platformy MS Teams a trvaly cca 120 min.

Aby bylo možné provést srovnání výsledků, bylo nutné provést částečnou kvantifikaci kvalitativních dat. Záměrem však nebylo provedení exaktního posouzení kultury bezpečnosti nebo určení úrovně, na které se podnik nachází. Kvantifikace byla zaměřena na identifikaci silných stránek a možností pro zlepšení, benchmarking a nalezení podniků, které dosáhly nejlepších výsledků. Takové hodnocení umožnilo poskytnutí podrobné zpětné vazby jednotlivým subjektům. Zároveň bylo zdrojem dat pro další výzkum v této oblasti a sdílení dobrých praktik.

3.4 Zpětná vazba

Na základě vyhodnocení prvního a druhého kola byla pro každý nepostupující podnik vytvořena zpětná vazba, která obsahovala informace důležité pro další rozvoj kultury bezpečnosti v organizaci. Jednalo se o popis hodnotících kritérií a ukazatelů silné kultury bezpečnosti. Byly zde uvedeny silné stránky organizace v oblasti kultury bezpečnosti a návrhy na zlepšení těch stránek, ve kterých byly viditelné nedostatky. Silné stránky a návrhy na zlepšení byly vždy vztaženy k odpovídající hodnocené oblasti, která vycházela z hodnotících kritérií. Součástí zpětné vazby byl rovněž výsledek organizace. Každý podnik obdržel k porovnání i průměrné a nejlepší výsledky. Zpětná vazba pro podniky z druhého kola byla v návaznosti na získané informace podrobnější.

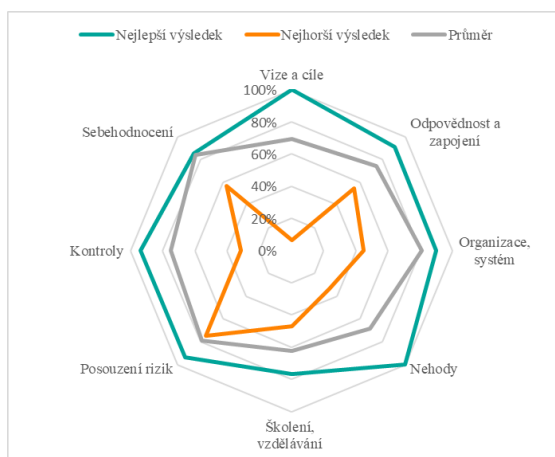
4 Vyhodnocení Safety Culture Award 2022/2023

Společnosti zapojené do Safety Culture Award 2022/2023 ve srovnání s většinou podniků v ČR vysoce překračují standardní úroveň bezpečnosti. Všechny společnosti, které postoupily do druhého kola, prokázaly vysokou úroveň kultury bezpečnosti, výsledky byly velmi vyrovnané a rozdíly minimální. Velká část podniků má implementovaný nějaký vlastní originální nástroj pro podporu kultury bezpečnosti. Nejlepší hodnocení dosahovaly podniky v obou stupních hodnocení v oblasti Organizace a systém, a naopak nejhorší v oblastech Školení, vzdělávání a Víze a cíle. Konkrétní bodové skóre a oblasti s nejnižším a nejvyšším hodnocení ve druhém stupni Safety Culture Award 2022/2023 jsou vidět v tabulce 2.

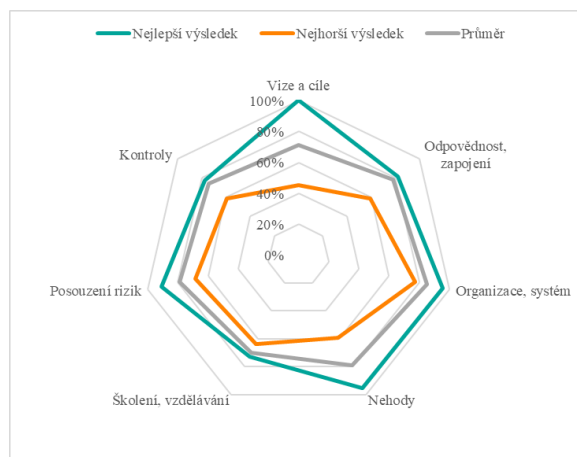
Tabulka 2 Přehled výsledků v jednotlivých oblastech druhého stupně hodnocení

Oblast hodnocení	Nejvyšší možný počet bodů	Nejvyšší dosažený počet bodů	Nejnižší dosažený počet bodů	Průměrný výsledek	Průměrný výsledek v procentech
Vize a cíle	22	22	10	15,7	71 %
Odpovědnost a zapojení	22	18	13	17,2	78 %
Organizace, systém	22	21	17	18,7	85 %
Nehody	22	21	13	17,4	79 %
Školení, vzdělávání	22	16	14	15,4	70 %
Posouzení rizik	22	20	15	17,3	79 %
Kontroly	22	17	13	16,3	74 %
Celkem	154	135	95	118	77 %

Je obtížné kulturu bezpečnosti zařadit do jednoho stádia vývoje, proto byly podniky během Safety Culture Award 2022/2023 hodnoceny formou silných a slabých stránek. Jedním z výstupů hodnocení byl graf srovnávající výsledky konkrétní společnosti s nejlepšími výsledky a průměrným hodnocením všech posuzovaných podniků. Na obrázku 2 a obrázku 3 jsou uvedeny výsledky společností v jednotlivých oblastech hodnocení.



Obrázek 3 Výstup z prvního stupně hodnocení



Obrázek 2 Výstup z druhého stupně hodnocení

4.1 Silné stránky podniků

Podniky zapojené do Safety Culture Award 2022/2023 prokázaly vysokou úroveň plnění zákonných požadavků, což dokazuje i hodnocení v oblasti „Organizace, systém“. Většina firem vlastní certifikaci podle ISO 45001. Jsou stanovovány firemní cíle pro oblast bezpečnosti. Všechny zapojené podniky mají systém pro hlášení návrhů na zlepšení. Silnou stránkou byly i systémy posuzování rizik, ve většině firem šlo o vysokou úroveň, nebylo prováděno pouze formální posouzení. Úrazovost v zapojených podnicích byla velmi nízká. Počty úrazů s pracovní neschopností se blížily k nule. Úspěšné byly organizace v provádění kontrol, do kterých jsou zapojováni členové vedení. Je zde viditelná snaha o provádění více druhů kontrol, které bývají součástí individuálních cílů.

Celkově byla viditelná snaha o zavádění iniciativ pro zvýšení úrovně kultury bezpečnosti. Zvláště u některých firem probíhalo zavádění řady zajímavých nástrojů a systémů. Všechny zapojené společnosti projevily snahu o zlepšení kultury bezpečnosti.

4.2 Slabé stránky podniků

Nedostatky byly odhaleny v hlášení incidentů. Skoronehody jsou hlášeny téměř ve všech podnicích, nicméně poměry neodpovídají počtu zaměstnanců a drobných poranění. Po provedení rozhovorů se ukázalo že spíše, než skoronehody jsou hlášeny nebezpečné situace. Rovněž chybí motivace pro zaměstnance, aby tyto incidenty hlásili. Je nezbytné, aby zaměstnanci věděli, proč je důležité tyto incidenty hlásit. Slabé výsledky dosahovaly organizace v otázce posouzení psychosociálních rizik, která v průběhu let získávají na důležitosti. Nedostatky byly identifikovány i v oblasti kontrol, během nichž je často poukazováno spíše na nedostatky než na pozitivní zjištění.

Po vyhodnocení obou kol Safety Culture Award 2022/2023 vyšlo najevo, že jen málo firem opravdu hodnotí kulturu bezpečnosti nebo bezpečnostní klima. Nicméně zapojení do Safety Culture Award 2022/2023 poukazuje na zájem společností o rozvoj kultury bezpečnosti.

5 Závěr

Příspěvek se zabýval hodnocením kultury bezpečnosti ve výrobních podnicích v ČR, které se zapojili do Safety Culture Award 2022/2023. Hodnocení probíhalo v několika stupních, přičemž do dalšího stupně postoupily vždy nejúspěšnější společnosti. Pro posouzení byla využita hodnotící kritéria vytvořena v rámci výzkumného projektu VŠB – TUO, SP 2022/92. Kultura bezpečnosti nelze snadno zařadit do jednoho stádia vývoje, proto byla v rámci Safety Culture Award 2022/2023 hodnocena prostřednictvím silných a slabých stránek.

Organizace zapojené do Safety Culture Award 2022/2023 projeví zájem o kulturu bezpečnosti. Prokázaly proaktivní přístup k jejímu dalšímu rozvoji. Kromě vysoké úrovně plnění zákonných požadavků zavádějí specifické nástroje, které napomáhají zvyšovat úroveň kultury bezpečnosti. Vedení i zaměstnanci jsou zapojováni do oblasti bezpečnosti prostřednictvím projektů, speciálních akcí, hlášení návrhů na zlepšení či soutěží. Přestože zapojené podniky vytvářejí iniciativy pro zlepšení kultury bezpečnosti, jen málo z nich provádí pravidelné hodnocení kultury bezpečnosti nebo bezpečnostního klimatu. Důvodem může být nedostatek informací, příkladů správné praxe a chybějící metodiky. Informace získané v rámci studie byly základem pro vytvoření metodiky hodnocení kultury bezpečnosti a databáze dobrých praktik.

Reference

- [1] EU-OSHA. Occupational Safety and Health culture assessment: A review of main approaches and selected tools. Online. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2011. ISBN 978-92-9191-662-7. Dostupné z: <https://osha.europa.eu/en/publications/occupational-safety-and-health-culture-assessment-review-main-approaches-and-selected>. [cit. 2024-02-10]
- [2] HSE. A review of safety culture and safety climate literature for the development of the safety culture inspection toolkit. Great Britain: Health and Safety Executive, 2005. ISBN 0 7176 6144 X.
- [3] FLEMING, Mark, Keri HARVEY a Brianna CREGAN. Safety culture research and practice: A review of 30 years of research collaboration. Online. Journal of Applied Biobehavioral Research. 2018, 23(4). ISSN 10712089. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1111/jabr.12155](https://doi.org/10.1111/jabr.12155). [cit. 2024-02-10]
- [4] FLEMING, Mark a Natasha SCOTT. A Regulator's Guide to Safety Culture and Leadership. Technical Report. Online. 2011. Dostupné z: https://docs2.cer-rec.gc.ca/ll-eng/llisapi.dll/fetch/2000/90463/621169/700096/707045/A2C2A2_-_Safety_Culture_Report_%28Fleming%29_-_Technical.pdf?nodeid=707046&vernum=-2. [cit. 2024-02-23]
- [5] IAEA. Safety culture in nuclear installations: Guidance for use in the enhancement of safety culture. IAEA-TECDOC-1329. VIENNA: IAEA, 2002, . ISBN 92-0-119102-2.
- [6] ENERGY INSTITUTE. Understanding your HSE culture. Online. In: Hearts and Minds. Dostupné z: <https://heartsandminds.energyinst.org/toolkit/UYC>. [cit. 2024-02-23]
- [7] COOPER, M.D. Towards a model of safety culture. Online. Safety Scienc. 2000, 36, 111-136. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(00\)00035-7](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(00)00035-7). [cit. 2024-02-10]
- [8] CSI. SAFETY CULTURE: THE HEARTS AND MINDS PROGRAM - SAFETY CULTURE DIAGNOSTICS AND TRANSFORMATION. Online. In: CANADIAN SAFETY INSTITUTE. 2015-2023. Dostupné z: <https://www.canadiansafetyinstitute.org/safety-culture>. [cit. 2024-02-23]
- [9] STEP CHANGE IN SAFETY. Changing Minds: A practical guide for behavioural change. Online. 3rd ed. 2003. Dostupné z: <https://www.stepchangeinsafety.net/resources/changing-minds-guidance/>. [cit. 2024-02-25]
- [10] SLOVÁČKOVÁ, Ivana. Metodika hodnocení a podklady pro Safety Culture Award 2022/2023. 2022. Nепublikovaný interní dokument.

Využitie dostupných online nástrojov na realizáciu simulovaných phishingových kampaní

Matúš Madleňák¹, Katarína Kampová², Ľubomíra Sokolová³

¹ Fakulta bezpečnostného inžinierstva, 1. mája 32, 01026 Žilina, matus.madlenak@uniza.sk

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

³ Fakulta bezpečnostného inžinierstva, 1. mája 32, 01026 Žilina, lubomira.sokolova@uniza.sk

Abstrakt: Článok sa zaoberá využitím online nástroja Mailchimp na realizáciu simulovaných phishingových kampaní. Mailchimp je nástroj, ktorý je využívaný na marketingové účely, avšak môže byť využitý aj na realizáciu phishingových útokov, keďže umožňuje vytvoriť graficky atraktívne e-mailové správy, čím je možné replikovať napríklad legitímne marketingové e-mailové správy. Phishingové útoky v súčasnosti reprezentujú najpočetnejší druh kybernetického útoku, prostredníctvom ktorého môžu útočníci získať rôzne kategórie osobných údajov. Cieľovou skupinou môžu byť napríklad bežní používatelia alebo zamestnanci z rôznych oblastí ako: zdravotníctvo, školstvo, bankovníctvo či iné služby. Na to, aby boli phishingové útoky úspešné, využívajú phishingoví útočníci rôzne techniky, ktoré sú bližšie špecifikované a analyzované v teoretickej časti článku. Dôležitým aspektom článku je poukázať, že dostupnosť takýchto online nástrojov nie je len negatívom, ale je možné ich využiť na realizáciu simulovaných phishingových kampaní s cieľom testovať pripravenosť používateľov na phishingový útok. Práve testovanie pripravenosti na phishingový útok poskytuje kľúčové metriky, na základe ktorých je možné čiastočne monitorovať úroveň kybernetickej bezpečnosti v organizáciách. Simulované phishingové kampane môžu byť súčasťou rámca zameraného na vzdelávanie o phishingových útokoch, pričom cieľom je informovať používateľov o hrozbách phishingových útokov a následne overiť ich odolnosť voči danému typu kybernetického útoku. Takéto simulované kampane sú dôležitým nástrojom na monitorovanie kybernetickej bezpečnosti v organizáciách a môžu prispieť k zvýšeniu povedomia o rizikách spojených s phishingom medzi zamestnancami a používateľmi.

Kľúčová slova: Phishing, phishingová kampaň, kybernetický útok, kybernetická bezpečnosť, GDPR

1 Úvod

V dnešnej digitálnej dobe sa stávajú phishingové útoky čoraz častejším a sofistikovanejším spôsobom kybernetických útokov, ktoré majú za cieľ získať osobné a citlivé údaje od svojich obetí. Tieto útoky môžu mať vážne dôsledky nielen pre jednotlivcov, ale aj pre celé organizácie. Preto je kľúčové porozumieť tomu, ako fungujú phishingové útoky, aké sú ich rôzne formy, aké osobné údaje sú cieľom útočníkov a aké opatrenia je možné prijať na ochranu pred nimi. Tento článok sa zameriava na hlbší pohľad na phishingové útoky a popisuje rôzne druhy phishingových útokov, ich ciele a tiež ochranné a preventívne opatrenia. Ďalej popisuje metodológiu použitú na vytvorenie simulovanej phishingovej kampane a postup získavania užitočných metrick. Cieľom článku je poukázať na potencionálne využitie

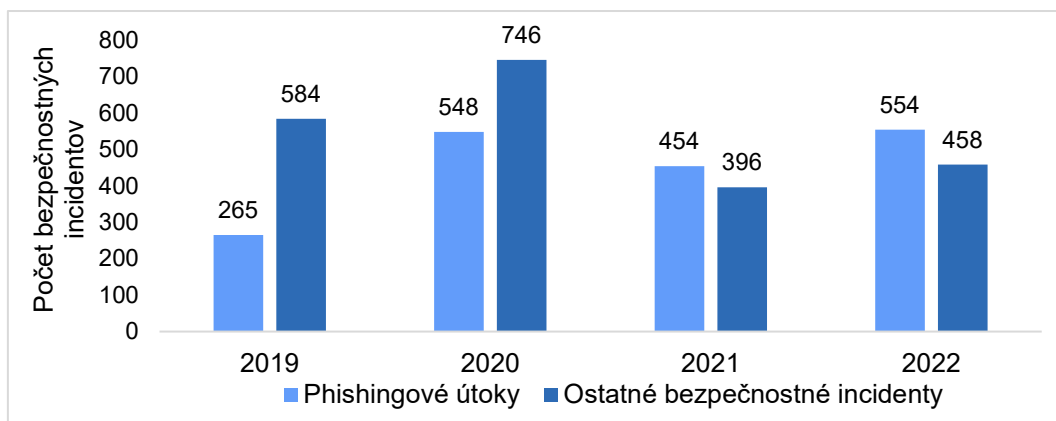
nástroja mailchimp pri tvorbe simulovanej phishingovej kampane, ktorá môže byť súčasťou skúmania úrovne kybernetickej bezpečnosti vo vybranej organizácii.

2 Phishingové útoky

Phishingový útok je druh kybernetického útoku, ktorý predstavuje hrozbu pre kybernetickú bezpečnosť organizácií alebo jednotlivcov. Tento druh kybernetického útoku je špecifický tým, že phishingoví útočníci využívajú techniky sociálneho inžinierstva, ktoré sú založené na získavaní dôvery používateľov. Útočníci sa prostredníctvom techník sociálneho inžinierstva snažia získať osobné údaje a iné dáta od používateľov, ktoré môžu byť následne zneužitú na získanie prístupu do používateľských účtov, obchodných tajomstiev, údajov o zákazníkoch a zamestnancoch, alebo na spôsobenie finančných strát [1]. Útočníci teda zneužívajú zraniteľnosť, ktorej zdrojom je ľudský faktor.

2.1 Štatistika phishingových útokov

Na základe dostupných štatistík môžeme konštatovať, že zo všetkých známych kybernetických hrozieb sú však najviac frekventované práve phishingové útoky. Phishingové útoky sú dlhodobo diskutovanou témou v rámci odbornej verejnosti, čo dokazuje aj fakt, že v rámci databázy Web of Science bola už v roku 2003 uverejnená publikácia na túto tému [2]. Phishingové útoky sú však v súčasnosti stále viac rozšírené, čo dokazuje aj štatistika CSIRT.SK zobrazená na obrázku 1. Podľa tejto štatistiky bolo v roku 2019 nahlásených 265 prípadov phishingových útokov, pričom v roku 2020 tento počet vzrástol na úroveň 548. V nasledujúcich rokoch počet nahlásených phishingových útokov prevýšil počet ostatných nahlásených kybernetických bezpečnostných incidentov, pričom za uplynulý rok 2022 bolo nahlásených až 554 phishingových útokov [3].



Obrázok 1. Štatistika bezpečnostných incidentov

Tieto štatistiky poukazujú na výraznú potrebu zameriavať sa na riešenia v oblasti phishingových útokov, ktoré môžu zvyšovať odolnosť subjektov pred týmto druhom kybernetickej hrozby, čo môže pomôcť znižovať počet obetí phishingových útokov.

2.2 Druhy phishingových útokov

Existuje niekoľko typov phishingových útokov, ktoré využívajú rôzne siete a metódy na manipuláciu obetí s cieľom získať osobné informácie alebo údaje [4]. Phishingové útoky možno vykonávať prostredníctvom SMS (Smishing), hlasových hovorov (Vishing), ale väčšina phishingových útokov sa

vykonáva cez internetovú sieť [5]. Phishingový útočník využíva e-mailovú komunikáciu, online správy, sociálne siete alebo falošné webové stránky na realizáciu phishingových útokov [6]. Keďže je tento článok zameraný na využívanie online nástroja Mailchimp, ktorý umožňuje vytváranie e-mailových správ, tak na tieto účely budú definované len typy phishingových útokov, ktoré súvisia s emailovou komunikáciou. Medzi najčastejšie typy e-mailových phishingových útokov patria:

- e-mailový phishing,
- spear phishing,
- whaling phishing.

Phishingové útoky možno rozdeliť do rôznych kategórií, no cieľ zostáva rovnaký. Ich primárnym cieľom je rôznymi metódami oklamať používateľov internetu alebo telekomunikačnej siete a získať a zneužiť citlivé informácie používateľov.

- **E-mailový phishing:** ide o typ phishingového útoku, pri ktorom sú obeť vyberané náhodne. Phishingové e-maily sa odosielajú náhodne viacerým používateľom a odosielateľ sa snaží vystupovať ako dôveryhodný zdroj, napríklad banka alebo vládna agentúra [7].
- **Spear phishing:** forma phishingu, pri ktorej sa útočník zameriava na konkrétnu osobu alebo organizáciu. Útočník často použije osobné informácie, ktoré zhromaždil o obetiach, aby e-mail vyzeral legitímnejšie [8].
- **Whaling phishing:** špecifický typ spear phishingu, ktorý sa primárne zameriava na vysokopostavených jednotlivcov, manažérov alebo vedúcich pracovníkov spoločnosti. Útočník využíva otvorené zdroje alebo súkromné informácie o obetiach na vytvorenie veľmi dôveryhodného e-mailu alebo správy, aby oklamal cieľ, pre účel poskytnutia citlivých osobných údajov [9].

Tieto typy phishingových útokov môžu mať vážne následky pre jednotlivcov aj organizácie, a preto je dôležité poznať ich charakteristiky a vedieť sa pred nimi účinne brániť. Rôzne druhy phishingových útokov vznikajú tým, že útočníci často vyvíjajú nové sofistikované techniky, ktoré sú schopné oklamať aj najobzretnejších používateľov.

2.3 Cieľ phishingových útočníkov-osobné údaje

Cieľom phishingových útokov je získať osobné údaje používateľov alebo donútiť používateľa vykonať určitú akciu. Podľa Nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2016/679 z 27. apríla 2016 o ochrane fyzických osôb pri spracúvaní osobných údajov a o voľnom pohybe takýchto údajov (ďalej len „GDPR“) a Zákona NR SR č. 18/2018 Z. z. o ochrane osobných údajov a o zmene niektorých zákonov (ďalej len „Zákon č.18/2018“) sú osobné údaje akékoľvek informácie týkajúce sa identifikovanej alebo identifikovateľnej fyzickej osoby. Identifikovateľná fyzická osoba je pritom osoba, ktorú je možné identifikovať priamo alebo nepriamo, najmä odkazom na identifikátor, ako je meno, identifikačné číslo, lokalizačné údaje, online identifikátor, alebo identifikáciou prvkov, špecifických pre fyzickú, fyziologickú, genetickú, mentálnu, ekonomickú, kultúrnu alebo sociálnu identitu tejto fyzickej osoby [10] [11].

Samostatnou kategoriou osobných údajov sú tzv. citlivé osobné údaje resp. osobitná kategória osobných údajov, ktorá je špecifikovaná v článku 4 ods. 13, 14 a 15, pričom ich spracúvanie je uvedené v článku 9 GDPR. Do tejto kategórie osobných údajov patria:

- osobné údaje odhaľujúce rasový alebo etnický pôvod, náboženské, filozofické presvedčenie politické názory, príp. členstvo v odborových zväzoch;
- genetické údaje poskytujúce informácie o fyziológii, zdraví fyzickej osoby, a ktoré vyplývajú najmä z analýzy biologickej vzorky fyzickej osoby,
- údaje týkajúce sa zdravia fyzického alebo duševného, vrátane údajov odhaľujúcich informácie zdravotný stav osoby,
- údaje týkajúce sa sexuálneho života [10].

Takéto osobné údaje je potrebné chrániť osobitne, nakoľko by ich spracúvaním mohli byť porušené základné práva a slobody ovplyvňujúce významné riziká [10].

Podľa článku 9 GDPR sa zakazuje spracúvanie osobitnej kategórie osobných údajov. Zákaz sa neuplatňuje len v prípade, ak :

- dotknutá osoba vyjadrila výslovný súhlas so spracúvaním týchto osobných údajov,
- je spracúvanie nevyhnutné na účely plnenia povinností a výkonu osobitných práv prevádzkovateľa alebo v oblasti pracovného práva a práva sociálneho zabezpečenia a sociálnej ochrany,
- je spracúvanie nevyhnutné na ochranu životne dôležitých záujmov,
- spracúvanie vykonáva v rámci svojej zákonnej činnosti s primeranými zárukami nadácia, združenie alebo akýkoľvek iný neziskový subjekt a týka sa výlučne členov, bývalých členov príp. osôb, ktoré majú pravidelný kontakt s daným subjektom,
- sa spracúvanie týka osobných údajov, ktoré dotknutá osoba zverejnila,
- je spracúvanie nevyhnutné na preukazovanie, uplatňovanie alebo obhajovanie právnych nárokov, alebo v prípade, ak súdy vykonávajú svoju súdnu právomoc,
- je spracúvanie nevyhnutné z dôvodov významného verejného záujmu na základe práva Únie alebo práva členského štátu,
- je spracúvanie je nevyhnutné na účely preventívneho alebo pracovného lekárstva,
- je spracúvanie nevyhnutné z dôvodov verejného záujmu v oblasti verejného zdravia,
- je spracúvanie nevyhnutné na účely archivácie vo verejnom záujme, vedecký, historický alebo štatistický účel (GDPR, čl.9).

Spracúvanie fotografií by sa nemalo považovať za spracúvanie osobitných kategórií osobných údajov, nakoľko nie sú biometrickými údajmi, vynímajúc prípady spracúvané prostredníctvom osobitných technických prostriedkov zabezpečujúcich identifikáciu fyzickej osoby [10].

Spracúvanie osobných údajov dieťaťa je zákonné len v prípade, ak má dieťa aspoň 16 rokov. Ak má dieťa menej ako 16 rokov, spracúvanie je zákonné iba v prípade súhlasu nositeľa rodičovských práv a povinností. GDPR uvádza, že členské štáty si môžu znížiť vekovú hranicu na 13 rokov [10].

2.4 Ochrana a prevencia pred phishingovými útokmi

Na ochranu a prevenciu pred phishingovými útokmi sa v súčasnosti využíva široká škála softvérových, technologických a netechnologických riešení. Zatiaľ čo softvérové a technologické riešenia môžu predstavovať pre organizácie výrazné finančné náklady na obstaranie a údržbu, netechnologické riešenia sú organizačne náročnejšie. V závislosti na požiadavkách organizácie, je tak potrebné adekvátne implementovať softvérové, technologické a netechnologické riešenia.

Medzi možné riešenia ochrany a prevencie patria napríklad phishingové školenia, phishingové testy, simulované phishingové kampane, anti-phishingové softvéry, strojové učenie, antivírusy, blokovanie podozrivých domén a ochrana prihlasovacích údajov. Pre účely tohto článku budú definované hlavne phishingové školenia, phishingové testy a simulované phishingové kampane.

- **Phishingové školenie:** edukačný a osvetový proces, v rámci ktorého sú respondenti oboznamovaní o phishingových útokoch, spôsoboch ochrany, signifikantných znakoch a o tom, akým spôsobom je možné odhaliť phishingový útok [12].
- **Phishingový test:** realizovaný phishingový test, ktorý má zvyčajne formu dotazníka alebo elektronického testu. Phishingové testy slúžia na overenie schopností respondentov identifikovať phishingové útoky a v konečnom dôsledku slúžia na identifikáciu zraniteľnosti vo vybraných skupinách.
- **Simulované phishingové kampane:** sú realizované prostredníctvom e-mailu, SMS alebo telefonicky, kedy sú respondenti systematicky konfrontovaní s phishingovým útokom. Po realizácii simulovanej phishingovej kampane zvyčajne nasleduje vyhodnotenie výsledkov, upozornenie respondentov na vzniknuté simulované bezpečnostné incidenty a realizácia phishingových školení [13].

Výber konkrétnych riešení ochrany a prevencie pred phishingom závisí od individuálnych potrieb a možností organizácie. Je dôležité zväžiť nielen technologické aspekty, ale aj organizačné a edukačné opatrenia, ktoré môžu prispieť k efektívnej ochrane pred phishingovými útokmi.

3 Metodológia

V prvom kroku je potrebné sa zamerať na oboznámenie so základnými pojmami a konceptami súvisiacich s phishingovými útokmi. To zahŕňa definíciu phishingových útokov, ako fungujú, aké sú ich typické znaky, techniky používané útočníkmi a taktiež poukázanie na početnosť phishingových útokov v rámci dostupných štatistík kybernetických bezpečnostných incidentov.

Samotným cieľom článku je vytvoriť simulovanú phishingovú kampaň s využitím nástroja Mailchimp. V rámci tejto časti sa článok zameriava na popis postupov na vytvorenie phishingovej e-mailovej správy, ktorá napodobňuje typickú phishingovú správu. Po samotnom vytvorení a realizovaní simulovanej phishingovej kampane budú popísané a zobrazené získané údaje, ktoré môžu byť využité na účely analyzovania úrovne kybernetickej bezpečnosti v organizácii.

4 Vytvorenie simulovanej phishingovej kampane

Na vytváranie simulovanej phishingovej kampane bude využitý online nástroj Mailchimp. Mailchimp je služba, ktorá umožňuje používateľom vytvárať, spravovať a sledovať emailové kampane, ako aj automatizovať procesy ako napríklad manažment odberateľov, odosielanie sérií emailových správ a ďalšie marketingové úlohy. Mailchimp ponúka užívateľom rôzne nástroje na dizajn a personalizáciu emailov, sledovanie výkonnosti kampaní a analýzu údajov. Je to populárny nástroj pre organizácie a jednotlivcov, ktorí sa zaoberajú digitálnym marketingom [14]. Cieľom článku je však poukázať na potencionálne využitie tohto nástroja pri realizácii simulovaných phishingových kampaní. Údaje získané prostredníctvom nástroja Mailchimp môžu slúžiť na meranie odolnosti používateľov voči phishingovým útokom, čo priamo vplyva na úroveň kybernetickej bezpečnosti v organizáciách.

4.1 Postup vytvorenia simulovanej phishingovej kampane

V nasledujúcej kapitole bude bližšie popísaný proces vytvárania simulovanej phishingovej kampane na platforme Mailchimp a na to, ako je možné využiť tento nástroj na vytvorenie dôveryhodnej a úspešnej simulovanej phishingovej správy. Prvým krokom je registrácia a prihlásenie sa do účtu na platforme Mailchimp. Účet je možné vytvoriť zdarma a získať prístup k základným funkciám. Ďalej je potrebné definovať parametre ako napríklad:

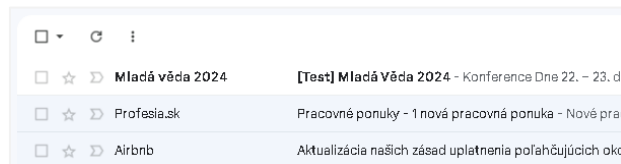
- **Príjemcovia správy:** Po prihlásení do účtu je možné začať pracovať na vytvorení kampane. Je možné definovať segmenty alebo zoznamy kontaktov, ktorým bude zaslaná emailová správa.
- **Odosielateľ správy:** Je potrebné nastaviť adresu odosielateľa tak, aby vzbudzovala dôveryhodnosť. Preto je vhodné vytvoriť emailovú adresu, ktorá je podobná s legitímnou emailovou adresou. Mailchimp umožňuje nastaviť meno, ktoré sa bude zobrazovať v inboxe príjemcov emailovej správy.
- **Predmet emailu:** Predmet emailu je kľúčovým aspektom emailovej správy či už z hľadiska upútania pozornosti prijímateľa správy alebo vzbudzovania legitímnosti. Predmet by mal byť relevantný čo zvyšuje pravdepodobnosť, že príjemcovia otvoria email.
- **Čas odoslania:** Kampaň je možno odoslať okamžite alebo definovať konkrétny čas odoslania. V prípade, že chce odosielateľ cieľiť napríklad na zamestnancov, čas odoslania je vhodné definovať počas pracovnej doby vybraných zamestnancov.
- **Dizajn emailu:** Mailchimp umožňuje vytvoriť ľubovoľný dizajn emailovej správy. Je možné použiť ľubovoľné šablóny, ktoré sú preddefinované alebo vytvoriť vlastný dizajn emailovej správy. Pokiaľ je cieľom odosielateľa vytvoriť simulovaný phishingový email, tak mailchimp ponúka širokú škálu funkcií, ktoré môžu byť využité na získanie dôvery prijímateľa, čím sa zvyšuje pravdepodobnosť úspechu phishingovej kampane.
- **Tlačidlá a odkazy:** Mailchimp umožňuje zakomponovať tlačidlá a odkazy, čím je možné presmerovať prijímateľa na ľubovoľnú webovú adresu. Práve táto možnosť môže byť zneužitá na presmerovanie prijímateľa na phishingovú webovú adresu s cieľom získať osobné údaje.

Po definovaní týchto parametrov je kampaň uložená a odoslaná okamžite, alebo v definovanom čase. Následne je potrebné počkať na interakciu prijímateľov s danou emailovou správou.

4.2 Ukážka simulovanej phishingovej kampane

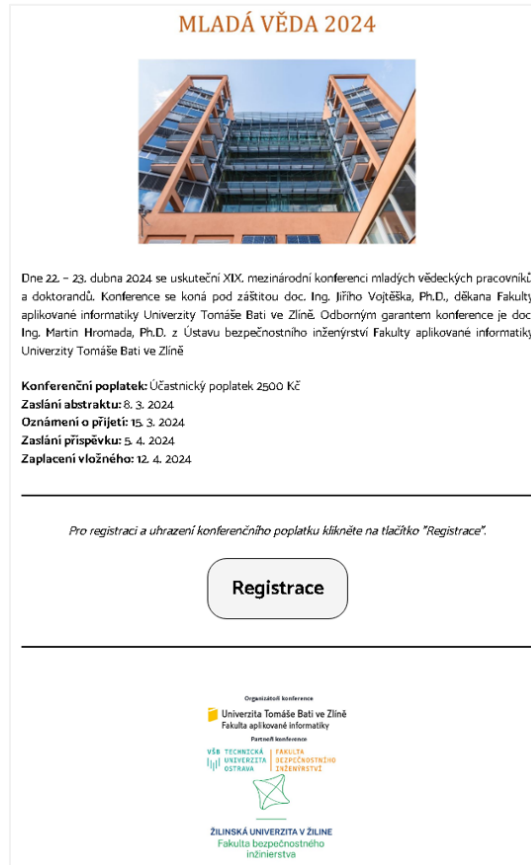
Pre účely tohto článku bola vytvorená simulovaná phishingová kampaň, ktorá sa snaží napodobiť emailovú správu od organizátorov konferencie Mladá Věda 2024. Cieľom správy je presmerovať používateľa na webovú adresu, kde používateľ vytvorí registráciu a následne uhradí konferenčný poplatok.

Prvá interakcia používateľa so správou prebieha po doručení správy do emailovej schránky používateľa. Tu sa zobrazí predmet emailovej správy a časť textu. V uvedenom prípade sa pri správe zobrazuje aj text „[Test]“ z dôvodu, že tento email je len testovací a nejedná sa o reálnu emailovú kampaň. Vytvorená simulovaná phishingová správa doručená do emailovej schránky www.gmail.com je zobrazená na obrázku 2.



Obrázok 3. Simulovaný phishingový email

Po otvorení phishingovej správy sa používateľovi zobrazí obsah samotnej správy. Ten pozostáva z obrázkov, textu, tlačidla (odkazu) a popisu organizačného výboru. Samotný text je prevzatý z webovej adresy konferencie, ktorá ponúka prehľad informácií pre účastníkov. Ukážka phishingového emailu je zobrazená na obrázku 3.



Obrázok 3. Simulovaný phishingový email

Tlačidlo „registrace“ presmeruje používateľa na ľubovoľnú webovú adresu, ktorú útočník vytvorí. Webová adresa môže obsahovať formulár, do ktorého musí používateľ vyplniť svoje osobné údaje a vykonať platbu za konferenciu. Daný druh phishingového útoku môžeme označiť ako spear phishing, keďže cieľi na konkrétnu skupinu osôb, prevažne pôsobiacich v akademickom prostredí.

4.3 Údaje získané prostredníctvom phishingovej kampane

Mailchimp poskytuje širokú škálu údajov, ktoré sú užitočné nielen pre bežné emailové kampane, ale aj pre simulované phishingové kampane. Niektoré z týchto údajov môžu poskytnúť cenné informácie o správaní používateľov a účinnosti phishingového útoku. Po odoslaní kampane je možné monitorovať jej výkonnosť s využitím informácií ako napríklad:

- **Otvorenie emailu:** Mailchimp zaznamenáva čas, kedy boli emaily otvorené. Tieto informácie môžu byť dôležité pri analýze správania používateľov a identifikácii časových okien, kedy sú najviac zraniteľní voči phishingovým útokom. Napríklad, ak sa zistí, že väčšina používateľov otvára emaily v určitých hodinách alebo dňoch, organizácia môže prijať opatrenia na zvýšenie bezpečnosti počas týchto období.
- **Otvorenie odkazu:** Mailchimp tiež zaznamenáva počet kliknutí na odkazy v emailoch. Tieto údaje umožňujú ďalšiu analýzu správania používateľov a úspešnosti phishingového útoku. Môžu poskytnúť informácie o tom, ako veľa používateľov sa dalo zlákať na kliknutie na falošné odkazy a podrobiť sa ďalším rizikám.

Ďalšie získavanie údajov je možné až po presmerovaní používateľov na phishingovú webovú adresu. Týmto spôsobom je možné získať osobné údaje (prostredníctvom formuláru), platobné údaje alebo technické údaje ako IP adresa, typ používaného zariadenia, používaný prehliadač a ďalšie. Nástroj Mailchimp však neumožňuje zhromažďovať takéto údaje, je preto potrebné aby tvorca kampane vytvoril takúto podvodnú webovú adresu s využitím iných nástrojov. Pokiaľ používateľ odovzdá takéto údaje, tak je možné považovať phishingovú kampaň za úspešnú.

Analyzovanie týchto údajov môže organizácii poskytnúť cenné poznatky o účinnosti phishingovej kampane a pomôcť pri vytváraní lepších stratégií na ochranu pred podvodnými správami. Zároveň môže pomôcť v identifikácii slabých miest v bezpečnostnej politike a prijatí náležitých opatrení na zlepšenie kybernetickej bezpečnosti organizácie.

5 Záver

Realizácia simulovaných phishingových kampaní je kľúčovým prvkom v ochrane organizácií pred kybernetickými hrozbami. Tieto kampane nielenže umožňujú testovať pripravenosť zamestnancov voči phishingovým útokom a zvýšiť ich povedomie o týchto rizikách, ale poskytujú i cenné údaje na identifikáciu slabých miest v bezpečnostných systémoch a procesoch organizácií. Využitie voľne dostupných online nástrojov ako je Mailchimp umožňuje organizáciám nákladovo efektívnu realizáciu simulovaných phishingových kampaní. Mailchimp ponúka možnosti získavania kľúčových metrík, ktoré odrzkadľujú správanie používateľov a môžu byť využité na čiastočné meranie úrovne kybernetickej bezpečnosti. Je však dôležité poukázať aj na to, že s dostupnosťou týchto nástrojov prichádza aj určité riziko, a to vo forme ich zneužitia na páchanie skutočných phishingových útokov. Avšak za to sú

zodpovední vývojáři týchto nástrojov, ktorí by mali mať navrhnuté adekvátne bezpečnostné opatrenia, aby zamedzili takýmto nekalým praktikám. Celkovo však Mailchimp predstavuje prínosný a cenovo dostupný nástroj na monitorovanie kybernetickej bezpečnosti organizácií, ktorý môže využiť každá organizácia, ktorá má záujem o monitorovanie odolnosti voči phishingovým útokom.

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

Referencie

- [1] Asadullah, S. a Satwinder, S., 2023. A systematic literature review on phishing website detection techniques. In: Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2023.01.004>
- [2] HOYLE, J., 2023. 'Phishing' for trouble. In: JOURNAL OF THE AMERICAN DENTAL ASSOCIATION, 2003. ISSN: 0002-8177
- [3] Štatistika incidentov 2019 až 2022. Ministerstvo investícií, regionálneho rozvoja a informatizácie SR.
- [4] CHIEW, K., YONG, K. a TAN, Ch., 2018. A Survey of Phishing Attacks: Their Types, Vectors and Technical Approaches. In: Expert Systems with Applications. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.03.050>
- [5] Kumarasinghe, P., Dissanayake, D., Gamage, P. and Ganegoda, G., 2023. User Behavior Analysis in Determining the Vulnerable Category of Vishing and Smishing. In: 2023 5th International Conference on Advancements in Computing (ICAC). DOI: <https://doi.org/10.1109/ICAC60630.2023.10417682>
- [6] Naqvi, B., Perova, K., Farooq, A., Makhdoom, I., Oyedeji, S. a Porras, J., 2023. Mitigation strategies against the phishing attacks: A systematic literature review. In: Computers & Security. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cose.2023.103387>
- [7] Amandeep, K. a Mian S., 2023. A Review on Phishing Technique: Classification, Lifecycle and Detection Approaches. In: 2023 3rd International Conference on Advance Computing and Innovative Technologies in Engineering (ICACITE). DOI: <https://doi.org/10.1109/ICACITE57410.2023.10183292>
- [8] Xu, T., Singh, K. a Rajivan, P., 2023. Personalized persuasion: Quantifying susceptibility to information exploitation in spear-phishing attacks. In: Applied Ergonomics. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2022.103908>
- [9] Varshney, G., Kumawat, R., Varadharajan, V., Tupakula, U. a Gupta Ch., 2024. Anti-phishing: A comprehensive perspective. In: Expert Systems with Applications. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.122199>
- [10] NARIADENIE EURÓPSKEHO PARLAMENTU A RADY (EÚ) 2016/679 z 27. apríla 2016 o ochrane fyzických osôb pri spracúvaní osobných údajov a o voľnom pohybe takýchto údajov, ktorým sa zrušuje smernica 95/46/ES (všeobecné nariadenie o ochrane údajov)

- [11] Zákon č. 18/2018 Z. z. Zákon o ochrane osobných údajov a o zmene a doplnení niektorých zákonov
- [12] Sarker, O., Jayatilaka, A., Haggag, S., Liu, Ch. a Babar A., 2024. A Multi-vocal Literature Review on challenges and critical success factors of phishing education, training and awareness. In: Journal of Systems and Software. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2023.111899>
- [13] Althobaiti, K., Wolters, M., Alsufyani, N. a Vaniea K., 2023. Using Clustering Algorithms to Automatically Identify Phishing Campaigns. In: IEEE Access. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3310810>
- [14] About Mailchimp. Mailchimp, 2024. Dostupné na: <https://mailchimp.com/about/>

Implementace dokumentace zdolávání požáru pro objekty Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně: případová studie Centrum polymerních systémů

Ing. Lenka Kouřilová

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, nám. T. G. Masaryka 5555, 760 01 Zlín, kourilova@utb.cz

Abstrakt: Zajištění režijních opatření je nutné pro umožnění rychlého a účinného zásahu jednotek požární ochrany. Centrálním bodem těchto opatření je vypracování dokumentace zdolávání požáru, která slouží jako klíčový nástroj pro jednotky Hasičského záchranného sboru při zásahu. Při zpracování operativního plánu jakožto součásti dokumentace zdolávání požáru se postupuje systematicky od textové části, která je tvořena základním textem. Tento základní text obsahuje operativně taktickou studii, stanovení nejsložitější varianty požáru a výpočty pro stanovení sil a prostředků jednotek požární ochrany, případně také stanovení požadavků na speciální hasební látky a postupy. V textové části je mimo jiné popsána i nejsložitější varianta požáru. Jednou z hlavních součástí operativního plánu je poté vyjímatelná příloha, která obsahuje textovou část s operativně taktickými údaji o objektu a grafickou část s plánem objektu. Kompletní dokumentace zdolávání požáru je uložena u jednotky hasičského záchranného sboru kraje. Dokumentace zdolávání požáru musí být průběžně aktualizována, aby reflektovala aktuální podmínky v daném objektu. Hlavním cílem článku je aplikace teoretických poznatků pro lepší porozumění dokumentace pro zdolávání požáru a prezentování této dokumentace jako jeden z hlavních prvků zajištění požární bezpečnosti na objektech Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. Předložený článek představuje postupné vytváření dokumentace zdolávání požáru pro jeden konkrétní objekt Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně (dále jen UTB). S ohledem na riziko provozu byl vybrán objekt Centra polymerních systémů, jehož atypický charakter spočívá v zaměření na laboratorní práci s vysokým podílem strojního, technického a chemického vybavení, přičemž zastoupení výukových činností je relativně nízké.

Klíčová slova: Požární ochrana, dokumentace zdolávání požáru, operativní plán, zdolávání požáru

1 Úvod

Pro všechny objekty Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně (dále jen UTB) je nutné implementovat účinná opatření pro případ vzniku mimořádné události. Jedním z těchto opatření je vypracování dokumentace zdolávání požáru. Zpracování uvedené dokumentace je vyžadováno v souladu se Zákonem č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, a Vyhláškou č. 246/2006 Sb., o požární prevenci. Dokumentace zdolávání požáru představuje strukturovaný plán pro jednotky požární ochrany, který zvyšuje bezpečnost jak zasahujících hasičů, tak i ostatních osob v objektu a jeho okolí. Dokumentace zdolávání požáru je nedílná součást požární ochrany pro většinu objektů UTB, může být využita pro rychlé řešení jiných

mimořádných událostí, které nevyžadují přímou účast jednotek požární ochrany. Dokumentace zdolávání požáru je zpravidla tvořena operativním plánem, který je následně popsán v tomto článku na konkrétním příkladu objektu Centra polymerních systémů na UTB.

2 Základní text dokumentace zdolávání požáru

Základní text dokumentace zdolávání požáru je zpracován jako podklad pro vyjímatelnou přílohu operativního plánu, kdy je možné je i dále využít jako součást dokumentů o posouzení požárního nebezpečí. [1]

Základní text obsahuje operativně taktickou studii, nejsložitější variantu požáru a výpočty pro stanovení sil a prostředků jednotek požární ochrany. Tento výpočet umožňuje efektivní alokaci lidských zdrojů, vybavení a techniky na základě analýzy specifík požáru a požadavků na zásah.

Prvním krokem v tomto výpočtu je zhodnocení povahy a rozsahu požáru, včetně faktorů jako je velikost objektu, typ hořlavých materiálů, přítomnost osob, geografické podmínky a další. Následně se určuje potřebný počet jednotek hasičů, jejich specifické role a případné vybavení. dýchací přístroje, speciální nástroje pro vstup do objektu, hasicí zařízení a další.

Dalším důležitým faktorem při výpočtu je časový faktor. Zohledňuje se rychlost šíření požáru, předpokládaný čas příjezdu jednotek na místo události a čas potřebný k zajištění zásobování vodou, evakuaci osob a další důležité úkoly.

Výsledný výpočet umožňuje stanovit optimální počet, složení a distribuci jednotek požární ochrany tak, aby bylo dosaženo co nejefektivnějšího a bezpečného zásahu při požáru.

2.1 Operativně taktická studie

2.1.1 Popis objektu

Centrum polymerních systémů se nachází ve Zlíně na ulici Antonínova, v blízkosti bývalého areálu SVIT. Jedná se o pětipodlažní stavbu. Budova je z nehořlavého konstrukčního systému. Celková výška budovy je 28,4 m, požární výška je 14,56 m. Objekt je ve tvaru písmene „H“ o celkových rozměrech 71,6 m x 41,2 m. Konstrukční systém je železobetonový monolitický skelet, kombinovaný s železobetonovými monolitickými stěnami a stropy, keramickými tvarovkami, střešní nástavba je vytvořena z nosné ocelové konstrukce opláštěné nenosnými sendvičovými panely.

Centrum polymerních systémů představuje výzkumné pracoviště, které aktivně působí ve sféře výzkumu a vývoje v oblasti zpracování plastů a pryží, materiálového inženýrství a dalších chemicko-technologických oborů. Jeho hlavním záměrem je podpořit propojení výzkumu s praxí a poskytnout podněty pro inovace a technologický rozvoj v daných odvětvích.

Od 1.NP je objekt tvořen dvěma stejně dlouhými trakty – větší laboratorní (2.NP – 4.NP) a menší administrativní trakt (2.NP – 5.NP), trakty jsou propojeny krčkem, ve kterém se nachází vertikální komunikace (neslouží pro únik), sociální a technické zázemí. Nad laboratorní částí a krčkem je provedena nástavba – technické podlaží. V objektu jsou umístěny speciální laboratoře a provozy pro výzkum a vývoj polymerních systémů, procesů a jejich aplikace. V celém objektu je max. 36

tlakových lahví s plyny (vodík, argon, dusík a acetylen) – v laboratořích dle aktuální potřeby, vyznačeno na dveřích. V laboratořích jsou boxy na tlakové láhve s požární odolností 90 min. a odfukem mimo objekt. V objektu se pracuje s velkým množstvím chemických přípravků. Po stranách budovy jsou celkem čtyři chráněné únikové cesty typu „A“ (dále jen „CHÚC A“). V prostoru 1.PP jsou umístěny prostory energetického a technického zázemí (trafostanice se suchými transformátory, el. rozvodna VN a NN, prostor náhradního zdroje – dieselagregát s nádrží do 350 l nafty, prostory výměňkové stanice a skladové prostory. Jsou zde těžké laboratoře (s jeřábovými dráhami o světlosti přes dvě podlaží) a prostory specializovaných laboratoří s potřebou umístění v suterénu – elektromagneticky odstíněné laboratoře, ve kterých je znemožněna radiová komunikace. Z venkovní západní strany budovy je zásobník zkvapalněného dusíku (3 000 l). Na podlaží se nachází sklad prázdných plynových lahví (max. 36 kusů, 50 l/ks) a sklad komunálního odpadu. Hlavní vstup do objektu (podlaží 1. PP) je řešen ve střední části objektu s napojením na schodiště vedoucí do 1. NP. V 1. NP je hlavní foyer, vrátnice s napojením na vnitřní centrální schodiště. Dále je zde velká konferenční, seminární a videokonferenční místnost. V jižním traktu jsou laboratoře v provedení standardního a čistého prostředí. 2.NP tvoří administrativní část a část fyzikálních laboratoří. Střední trakt slouží jako zázemí, komunikační prostory, strojovna a kanceláře doktorandů. Ve 3.NP se nachází kanceláře, chemické laboratoře a sklady chemikálií. Ve 4.NP se nachází pouze administrativní část objektu s kanceláři. V 5. NP je pouze laboratorní část s biologickými laboratořemi, sklady odpadu a sklady chemikálií. Střední trakt slouží jako zázemí, komunikační prostory a zasedací místnosti. Je zde vstup na střechu, který slouží i pro evakuaci – po pochůzném střeše do schodiště (CHÚC A). V 6.NP se nachází vzduchotechnické zařízení a strojovna výtahů. Je zde umístěn výstup na střechu nad laboratorní část objektu. [3]

Maximální kapacita objektu je 500 osob. Vzhledem k charakteru objektu nelze určit přesné osazení osobami. [3]

Zemní plyn je do objektu zaveden pouze pro potřeby laboratoří. Kromě pevných hořlavých látek na bázi dřeva, textilií a plastických hmot se v objektech vyskytují aceton, amoniak, glycerol, chloroform, isopropylalkohol, kyseliny (dusičná, chlorovodíková, octová, sírová), technický líh, methanol, tetrahydrofuran, toluen a biologické látky. Množství těchto látek se mění v závislosti na probíhajících výzkumech.

POŽÁRNĚ BEZPEČNOSTNÍ ZAŘÍZENÍ:

Objektu je napojen na pult centralizované ochrany (dále jen „PCO“) pomocí zařízení dálkového přenosu. Signalizace požárního poplachu je zajištěna akusticky, současně do všech pater celého objektu.

EPS ovládá:

- odblokování trezoru KTPO
- aktivaci zábleskového majáku
- vypnutí provozního ozvučení (AV media).
- ovládání výtahů, kdy je zajištěno jejich sjetí do úrovně 1. NP
- vypnutí vzduchotechniky s výjimkou větrání skladu chemikálií
- odblokování všech osazených elektrozámků

– uzavření ventilu provozní vody (dodávka pouze do vnitřního hydrantového rozvodu).

Tlačítko TOTAL STOP vypíná veškerá elektrická zařízení. Tlačítko CENTRAL STOP 1 vypíná veškerá elektrická zařízení kromě UPS, EPS, vzduchotechniky a nouzového osvětlení. Tlačítko CENTRAL STOP 2 vypíná veškerá elektrická zařízení kromě EPS, vzduchotechniky a nouzového osvětlení.

HASICÍ LÁTKY:

Budova je osazena stávajícími vnitřními požárními vodovody s hydrantovými systémy DN25 s tvarově stálou hadicí v počtu 12 kusů. V jednotlivých podlažích objektu jsou instalovány přenosné práškové hasicí přístroje. Pro doplnění CAS je možno použít nadzemní a podzemních hydrantů v blízkosti budovy, případně řeku Dřevnici (odběr z mostu 500 m severně od objektu, výška mostu 4 m).

2.2 Nejsložitější varianta požáru

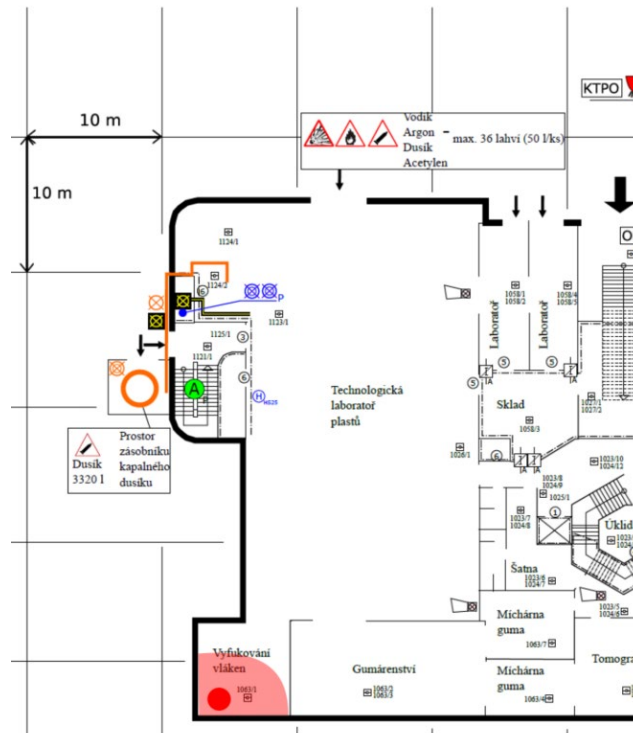
Doba zpozorování vzniklého požáru v nejnepříznivější situaci (noc) je dána instalovaným systémem EPS a činí 2 minuty. Zásobování požární vodou je provedeno z podzemních hydrantů, vydatnost vodovodní sítě odpovídá ČSN 730873.

Tabulka 1. Přiřazení jednotek požární ochrany dle požárního poplachového plánu Zlínského kraje

Jednotka	Zásoba vody v cisternách	Kategorie JPO	Vzdálenost (km)	Doba výjezdu (min)	Doba dojezdu (min)	Mn. vody (l)	Počet osob	Doba jízdy (min)
HZS Zlín	3,500 l	JPO I	3,5	2	10	3,500	1+3	4,66
HZS Zlín	4,000 l	JPO I	3,5	2	10	4,000	1+3	4,66
HZS Zlín	3,400 l	JPO II	4	5	15	3,400	1+3	5,33

2.3 Výpočet sil a prostředků JPO pro nejsložitější variantu požáru

Předpokládaný vznik požáru je stanoven pro prostory laboratoře v 1. PP v části objektu vývoje gumových materiálů. Tento prostor byl vybrán po konzultaci s velitelem stanice HZS Zlín. Požár se bude šířit úhlovou formou, po dosažení obvodových stavebních konstrukcí se bude postupně měnit na pravoúhlu formu. Jako příčina požáru je stanoven zkrat elektrického rozvodu. Vznik požáru zaznamenaná instalována EPS. Prostor tvoří samostatný požární úsek, a proto nehrozí šíření požáru mimo tyto prostory. V době ukončení rozhořívání požáru budou, dle výpočtů, již na místě tři jednotky HZS ZLK.



Obrázek 1. Schéma prostor

Vypočtené síly a prostředky slouží jako základ pro navrhování opatření k posouzení požárního nebezpečí. To může zahrnovat kontrolu oprávněnosti zařazení právnických osob nebo podnikajících fyzických osob do určitého stupně poplachu, stejně jako odůvodnění zřízení a vybavení jednotky požární ochrany. Vypočtené síly a prostředky potřebné pro zásah při požáru jsou porovnány s tím, co je k dispozici první zasahující jednotce požární ochrany. Pokud jsou tyto síly a prostředky nedostatečné, slouží tato analýza jako základ pro navrhování opatření, která by mohla zvýšit efektivitu a schopnost této jednotky reagovat na vzniklý požár. Tato opatření mohou zahrnovat přidání dalšího vybavení, posílení personálu, zlepšení tréninku nebo úpravy postupů pro lépe koordinovanou a účinnou reakci v případě požáru. Cílem je optimalizovat schopnost jednotky požární ochrany k účinnému zvládnutí různých typů mimořádných událostí. [1]

Pro výpočet sil a prostředků, potřebných pro hašení požáru je potřeba mít předem vypočítán parametr požáru, dobu lokalizace, rádius požáru a nasazení požárních proudů.

Parametry požáru:

Doba zpozorování požáru $t_{zp} = 2$ min

Doba ohlášení požáru $t_{oh} = 0$ min

Doba dojezdu první JPO $t_{do}^{pr} = t_v + t_j = 7$ min

Doba bojového rozvinutí první JPO $t_{br}^{pr} = 2$ min

Doba dojezdu poslední JPO $t_{do}^{po} = t_v + t_j = 8,2$ min

Doba bojového rozvinutí poslední JPO $t_{br}^{po} = 2$ min

Rozdíl mezi dojezdy první a poslední JPO $t_r = t_{do}^{po} - t_{do}^{pr} = 1,2$ min

Doba volného rozvoje požáru $t_{vr} = t_{zp} + t_{oh} + t_{pr}^{do} + t_{br}^{pr} = 11 \text{ min}$

Doba lokalizace požáru:

Doba rozhořivání $t_1 = 10 \text{ min}$

Doba volného rozvoje požáru $t_2 = t_{vr} - t_1 = 1 \text{ min}$

Doba šíření požáru $t_3 = t_r + t_{br}^{po} - t_{br}^{pr} + 5 = 14 \text{ min}$

Doba od vzniku do lokalizace požáru $t = t_1 + t_2 + t_3 = 25 \text{ min}$

Rádiu požáru:

Rádus požáru do nasazení 1. JPO $R = 5 \cdot v_1 + v_1 \cdot t_2 = 7,2 \text{ m}$

Nasazení požárních proudů se stanovuje jedním směrem z chodby.

Plocha hašení požáru $S_h = f \cdot \pi \cdot [R^2 - (R-h)^2] = 36,7 \text{ m}^2$

Dodávané množství vody	$Q_{dv} = N_{pr}^h \cdot q_{pr}^h = 414 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$
Nezbytný počet požárních automobilů	$N_A = Q_{dv} / 0,75 \cdot Q_c = 414 / 0,75 \cdot 2000 = \underline{1 \text{ x CAS 20}}$
Nutný počet hasičů (bez 100% zálohy)	$N_{HA} = 1,25 \cdot 3 \cdot 1 = \underline{4 \text{ hasiči}}$
Předpokládaná doba hašení	$t_h = (S_p / S_h) \cdot 5 = \underline{5,6 \text{ min}}$
Celková spotřeba vody	$V_v = Q_{dv} \cdot t_h = \underline{2280 \text{ litrů}}$
Dovezená zásoba vody ve vozidlech I. výjezdového stupně	$V_{vd1} = \underline{10 \text{ 900 litrů}}$
Celková dovezená zásoba vody ve vozidlech	$V_{vd} = \underline{10 \text{ 900 litrů}}$

Z uvedeného vyplývá, že množství vody na hašení, které by se použilo z požární techniky, popřípadě podzemního hydrantu u objektu, bude pro úspěšné hašení dostatečné. Vypočtená potřeba sil a prostředků potvrdila nutnost využití jednotek z I. stupně požárního poplachového plánu Zlínského kraje.

3 Vyjímatelná příloha dokumentace zdolávání požáru

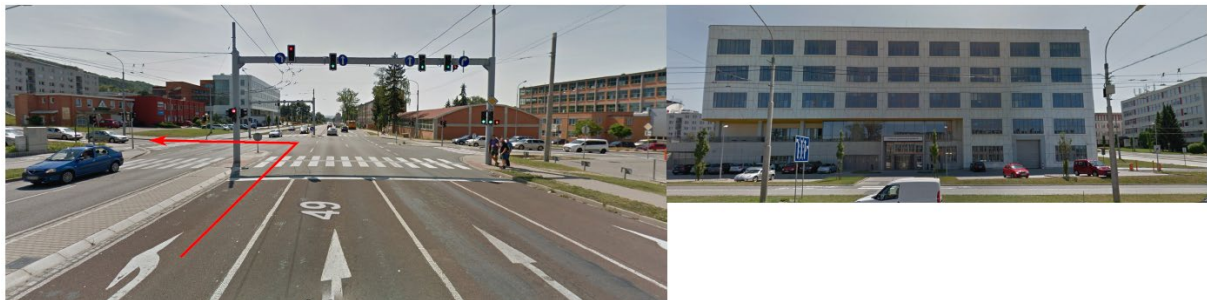
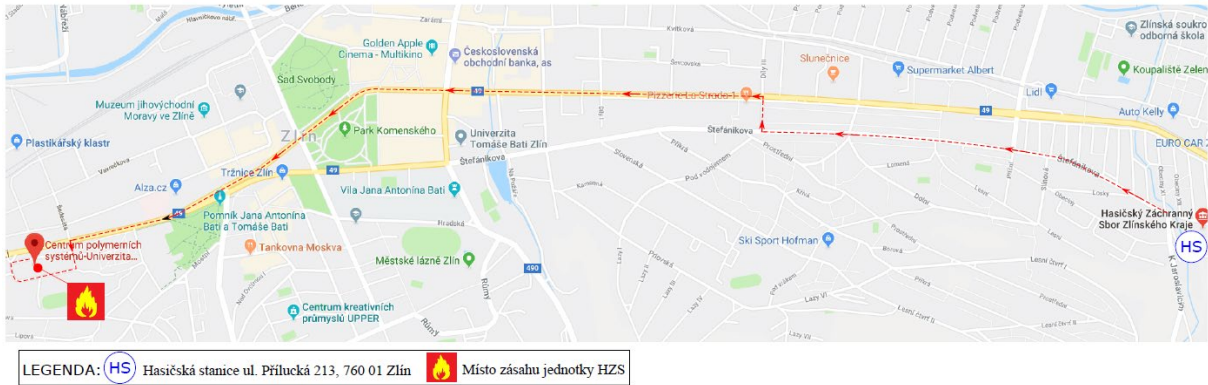
3.1 Textová část

Textová část by měla být stručná a obsahovat pouze důležité informace pro zasahující hasiče. V našem případě je textová část totožná s operativně taktickou studií, která tvoří základní text operativního plánu.

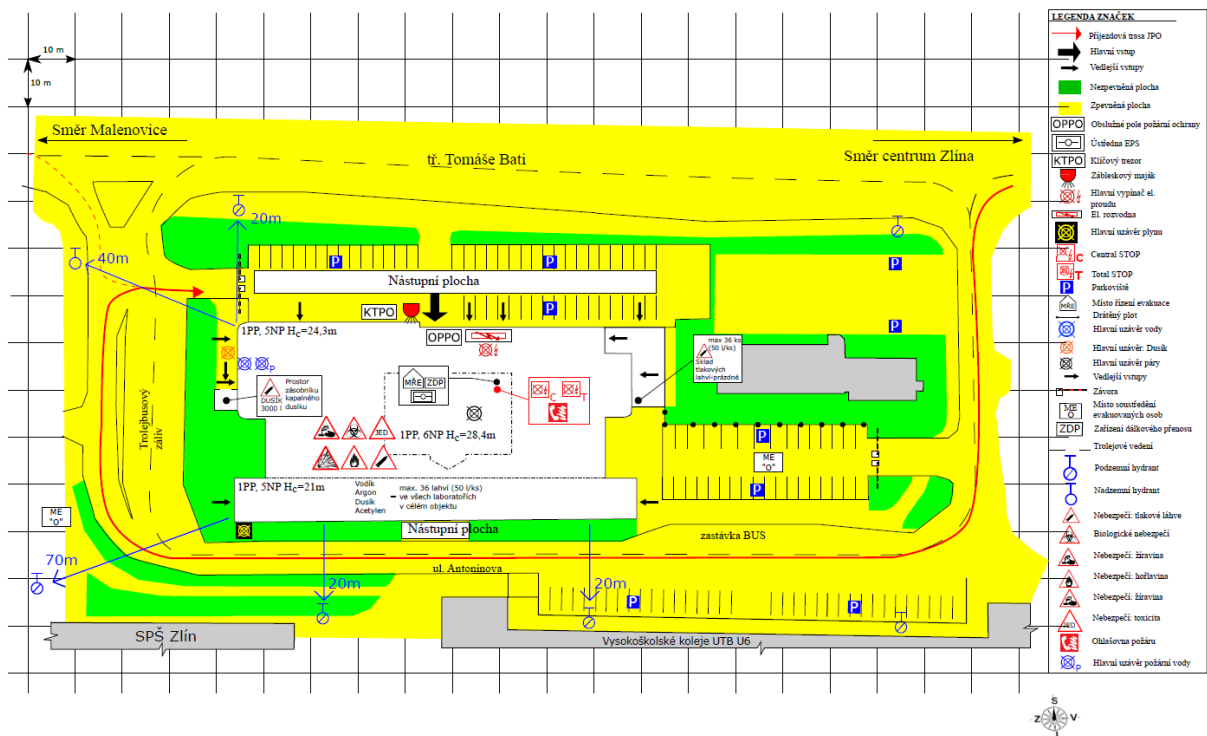
3.2 Grafická část

Grafická část je tvořena výkresy, kde jsou zakresleny údaje operativně taktického charakteru. Jde zde o zakreslen detailně řešený objekt a veškeré údaje, které mohou mít vliv na rozvoj požáru, orientaci velitele zásahu a hasební práce. [1]

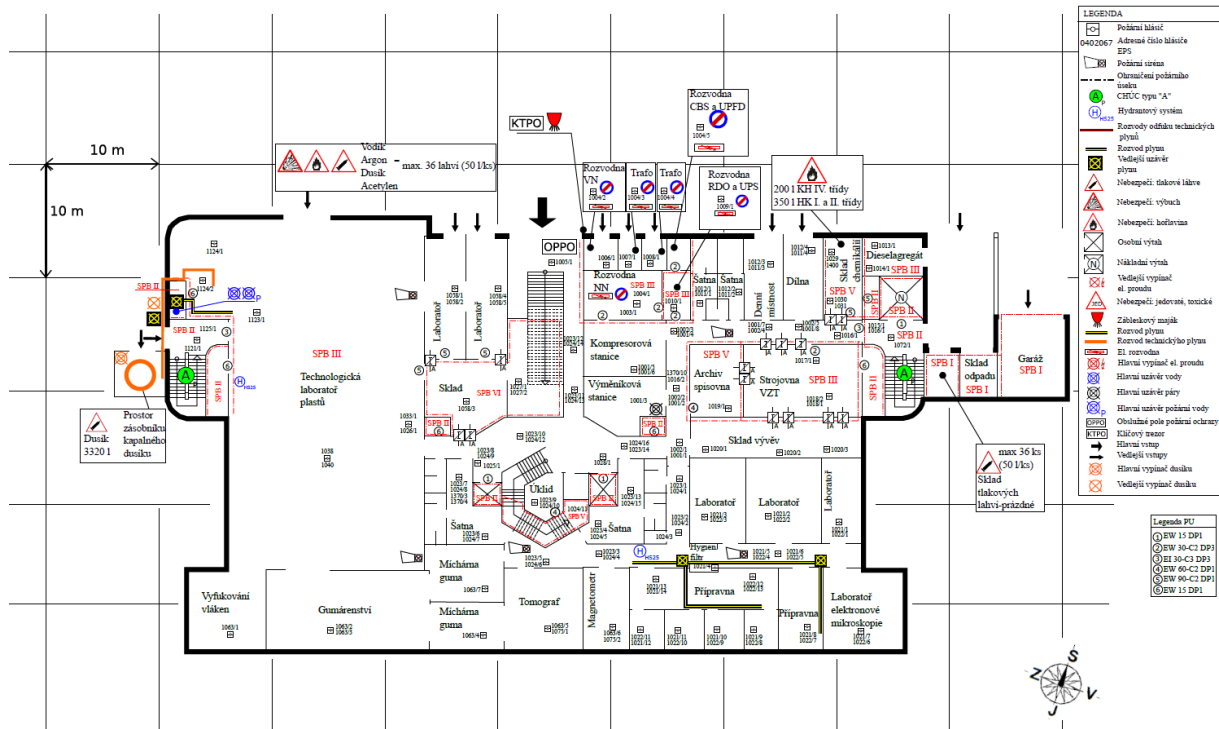
CENTRUM POLYMERNÍCH SYSTÉMŮ UTB Zlín - Trasa příjezdu - grafická část Dokumentace PCO



Obrázek 2. Příjezd k objektu CPS



Obrázek 3. Situace objektu CPS



Obrázek 4. Půdorys 1.PP

4 Závěr

Zpracování dokumentace zdolávání požáru vyžaduje systémový přístup a klade důraz na komplexní řešení problému. I přesto je třeba vyzdvihnout část dokumentace, kde je třeba zvolit nejsložitější variantu požáru. Volba nejsložitější varianty požáru je důležitá z hlediska přípravy na zvládnutí požáru a účinného nasazení sil a prostředků, ovšem současně by měla být provedena s ohledem na reálná rizika a potenciální dopady na bezpečnost a majetek. Nejsložitější varianta požáru by měla zohledňovat možné rizikové faktory a scénáře, které mohou vyžadovat rozsáhlejší a komplexnější zásah. Mezi faktory, které mohou přispět k složitosti požáru, patří velikost a rozsah požáru, typ budovy, obsah a materiály v budově, přítomnost osob, přístup k vodě a další. I přesto je více než troufalé se domnívat, že požár vypukne pouze v předem definované oblasti a bude se chovat dle námi vytvořeného scénáře. Dále však tato dokumentace zůstává nedílnou součástí většiny objektů UTB. Její systematické zpracování a aktualizace jsou klíčové pro zajištění bezpečnosti prostředí a ochranu majetku a životů v případě vzniku požáru.

Reference

- [1] Metodický návod k vypracování dokumentace zdolávání požárů [online]. Ministerstvo vnitra Ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 1996
- [2] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon České národní rady o požární ochraně. In.: 1985, 133/1985.
- [3] ČEJKA, Zdeněk. Požárně bezpečnostní řešení: Centrum polymerních systémů. Změna k z.č.: 11-1068. 2014.

Plynné produkty tepelného rozkladu biologických materiálů spodního patra lesa, jako nová cesta detekce lesních požárů

Kateřina Symonová¹, Hana Věžníková¹

¹Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Lumírova 630/13, 70030, Ostrava-Výškovice, katerina.symonova@vsb.cz

Abstrakt:

Extrémní teploty, jakožto důsledek klimatických změn, vedou k vysychání půdy a postupnému usychání lesů, což zvyšuje riziko vzniku rozsáhlých lesních požárů. Problematikou lesních požárů se zabývají týmy odborníků po celém světě. Mimo techniku zdolávání lesních požárů je v dnešní době kladen důraz na včasnou detekci vznikajícího požáru. Se stále se vyvíjejícími technologiemi existuje několik možností, jak požár detekovat na základě spalin, respektive kouře využitím optických detektorů. S vývojem technického provedení detektorů lze využít přesné složení směsi plyných produktů ke včasné detekci vznikajícího požáru. Složení směsi plyných produktů se odráží od složení vzorku, pro toto měření byly analyzovány vzorky biologického materiálu spodního patra lese, a to jak z listnatých, jehličnatých tak i smíšených lesů. Pro stanovení konkrétního složení směsi je využívána infračervená spektrometrie s Furierovou transformací – vývoj spektrogramu v čase prezentuje konkrétní látky, ve směsi obsažené a jejich intenzitu. Na základě složení jednotlivých vzorků a v závislosti na působící teplotě se ve směsi vznikajících spalin objevují plyny jako metan, amoniak, sulfan nebo oxid uhličitý (standardní produkty biologického rozkladu), a zároveň oxid uhelnatý, kyselina octová nebo metanol dle druhu lesa pak i formaldehyd nebo pinen. Při detekci všech těchto látek pak lze říci, že se jedná o lesní požár.

Klíčová slova: Analýza spalin, lesní požár, detekce požáru, plyné produkty hoření, simulace lesního požáru.

1 Úvod

Problematika lesních požárů je palčivé téma, které je na pořadu dne každý rok, a to nejen v letních měsících. Na základě statistik o složení lesů na území ČR, ale i Evropy, vznikla myšlenka zanalyzovat složení vznikajících produktů při tepelném rozkladu biologického materiálu spodního patra lesa. Lesními požáry, jako ekologicky významnou událostí, se pro území Evropy zabývá Expertní skupina pro lesní požáry (EGFF – Expert Group on Forest Fires) a v rámci Evropského Informačního Systému Lesních Požárů (EFFIS – European Forest Fire Information System) má za cíl sdružovat informace o příčině, průběhu a vypořádávání se s následky požárů na území 30 evropských států do projektu zapojených.

Kromě statistických dat za aktuální a uplynulý kalendářní rok jsou ve výroční zprávě EGFF uvedena i dlouhodobá data, jež hodnotí Portugalsko, Španělsko, Francii, Itálii a Řecko, jako 5 států nejvíce zasažených lesními požáry (v přepočtu na rozlohu). [1]

Valné množství dostupných publikací, zabývajících se včasnou detekcí lesních požárů je lokalizována do států východní Asie, Afriky nebo Jižní Ameriky. Pro výzkum ve střední Evropě jsou ale v těchto publikacích zcela nevyhovující podmínky, ať už se jedná o podnebné podmínky, množství srážek nebo přímo druhové zastoupení dřevin v lesních porostech. [2] Například články [3] a [4] pojednávají o lesních požárech v Číně, konkrétně o jejich výskytu v závislosti na druhu a složení krajiny, ale i meteorologických podmínkách a ročním období, kdy předmětem vědeckých experimentů jsou vzorky typického složení pro místní topografické prominence. Na těchto vzorcích jsou v laboratorním prostředí jsou simulovány fáze hoření, k analýze spalin z těchto experimentů je využíváno metody infračervené spektroskopie s Furierovou transformací (FTIR).

Možnosti detekce v podobnějších podnebných podmínkách jsou prezentovány německou výzkumnou skupinou [2], která využívá několika stovek monitorovacích věží, systematicky rozmístěných u lesních porostů. Podstata tohoto monitorování ale spočívá v kamerovém snímání vymezeného území a softwarového vyhodnocování. V případě pozitivní detekce z kamerového záznamu je na místo vyslán bezpilotní letoun se senzory plynu a infračervenou kamerou, který na základě lokální analýzy požár případně potvrdí. [2]

Na základě literární rešerše a získaných informací v problematice včasné detekce lesních požárů byl definován cíl výzkumné práce: Experimentální činností v laboratorních podmínkách stanovit přesné složení směsi plyných produktů, vznikajících v první fázi požáru spodního patra lesa.

Povědomí o detailním složení vzniklých zplodin, případně jejich koncentraci, je pak souborem zdrojových informací pro možnost detekce vznikajícího požáru.

Cílem tohoto článku je rozšířit povědomí o složení vznikajících plyných produktů při lesním požáru a potenciální využití těchto informací pro včasnou detekci vznikajícího požáru.

2 Experimentální část

Většinu plynů je velmi náročné detekovat, kvůli absenci zápachu či zbarvení. Nemálo z nich je škodlivých životnímu prostředí, stejně jako lidskému organismu. Vědeckou činností bylo stanoveno mnoho potenciálních technik, jak tyto plyny analyzovat. Nejvíce rozšířené jsou hmotnostní spektrometrie (MS), infračervená spektrometrie s Fourierovou transformací (FTIR) a plynová chromatografie (GC). Společně s hmotnostní spektrometrií a metodou FTIR se využívá i termogravimetrie. [5]

Většina IR spektrometrů pracovala na bázi rozkladu světelného paprsku (disperzi), což bylo problematické při analýze silně absorbujících částic, omezující při měření pevných vzorků. Díky technologickému rozvoji tak bylo rozšířeno používání IR spektrometrů s Fourierovou transformací (FT). Fourierova transformace je matematickým modelem pro zpracování a analýzu signálů. Jedná se o zobrazení, které každému signálu (funkci) přiřazuje jinou funkci, z jejichž vlastností lze vyčíst informace o původním signálu [6].

Pro tento experiment byl využíván právě FTIR spektrometr, vzhledem k jeho dostupnosti, a zároveň k relevanci získatelných výstupů.

Oproti detektorům, používaným v uzavřených oblastech, domech či jiných soukromých prostorách je potřeba vzít v úvahu, že detekce kouře a plynu bude zásadně ovlivněna prouděním vzduchu. Látky budou extrémně ředěné a díky turbulencím větru nebudou rovnoměrně rozptýleny v analyzovaném prostředí. Z tohoto důvodu musí být používána čidla extrémně citlivá a pro zvýšení efektivity jsou doplněna nasávacím systémem. [2] Z toho důvodu je měřena koncentrace vznikajících zplodin.

2.1 Experimentální vzorky

V České republice je k prosinci roku 2017 lesním porostem pokryto 36,8 % celkové rozlohy státu. Tato plocha zaujímá 2,9 milionů ha a udržuje si mírně se zvyšující trend, kdy se lesnatost za 10 let zvedla cca o 1 %. Zásadní událostí pro rozlohu českých lesů byl požár Českého Švýcarska v roce 2022, kdy došlo ke vyhoření více než 1600 ha lesa. [7]

Pro získání konkrétních testovaných subjektů bylo zvoleno právě 6 vzorků, a to na základě variability lesů na území ČR. Jednotlivé vzorky byly odebírány v lesech listnatých, jehličnatých i smíšených. Místa pro odběr vzorků byla zvolena na základě časové dostupnosti, a to na území ČR, v Moravskoslezském kraji. Každé z míst bylo vybráno tak, aby odpovídalo konkrétnímu zastoupení lesa a zdokumentováno. Odběr vzorků z hlediska ročního období, tedy časového rámce, byl proveden v podzimních měsících (září–listopad), lze v nich tedy očekávat menší procento vody, a tedy větší náchylnost k potenciálnímu zahoření, zároveň tak předpokládat, že právě spadené listí bude ve větším množství, bude sušší než v ostatních částech roku a ve spodním patře lesa bude ve větší vrstvě. U jehličnatých vzorků se nebude jednat o výraznější rozdíly v množství dřevnatých látek či jehličí a obecně bude platit, že složení vzorků se nebude příliš lišit, nehledě na dobu odběru. Nejrazantnější rozdíl bude pouze v množství obsažené vody v jednotlivých segmentech vzorků (listy, jehličí, mech apod.).

Na základě rozdílného složení vzorků je očekáváno i rozdílné složení plyných produktů, nejen v obsahu H₂O a CO₂ či CO.

Vzorek č. 1 byl odbírán z listnatého lesa. Sestává se z listů, drobných větviček a prachových částic.

Vzorek č. 2 je také složen převážně z listů, jedná se ale o listy dubové a lipové a zároveň se ve vzorku nachází žaludy, uschlé lipové květy, drobné větvičky a prachové části.

Vzorek č. 3 je zástupcem jehličnatého lesa, ovšem sestává se primárně z drobných smrkových větviček (chrastí). Je zde ale i jehličí a několik malých listů. Pro samotný experiment bylo listí odstraněno a testovaly se pouze větvičky a jehličí.

Vzorek č. 4 je pak složen převážně z drobných smrkových větviček, jehličí, mechu a drobných listů (jednalo se o smíšený les). Pro experiment byl vždy odebírán stejný poměr každé části.

Vzorek č. 5 je složen z jehličí, mechu, nepatrného množství větviček a „listu“ z šišek. Pro každé měření byl vzorek odebrán tak, aby v něm byly všechny jednotlivé složky stejně.

Vzorek č. 6 je zástupcem opět listnatého lesa, nicméně byl odebírán po období vytrvalých dešťů. Nejedná se tedy o vyschlé listy, ale značně vlhké, společně s již tlejícími listy – rozkládající se vrstva bezprostředně pod listy čerstvě spadnými. Společně s listy se v tomto vzorku povedlo z lesa odnést i živé organismy (pavouka, stonožku, mravence), které ovšem součástí samotného měření nebyly.

2.2 Experimentální aparatura

Experimentální aparatura byla sestavena na základě patentu analyzační linky zplodin hoření VĚŽNÍKOVÁ, H., BARČOVÁ, K., LESŇÁK, M. Analyzační linka zplodin hoření. č. CZ 308619 B6 – Patentový spis č. 308619, Věstník Úřadu průmyslového vlastnictví, č. 1/2021, RIV číslo: RIV/61989100:27640/20:10246133.

Samotná linka začíná vyhřívanou trubicí o délce cca 100 cm, na kterou navazuje FTIR spektrometr. FTIR spektrometru je předsazena vyhřívaná plynová kyveta. Zplodiny, přiváděné do kyvety, jsou díky systému vyhřívaných rukávců ohřívány na teplotu 120 °C. FTIR spektrometr je propojen se stolním počítačem, kde je využíván program OMNIC spectra pro analýzu měřených vzorků.

FTIR spektrometr byl v tomto experimentu využit pro kvalitativní analýzu zplodin, pro kvantitativní analýzu pak byl za tuto soustavu napojen analyzátor spalin TESTO 350 XL. K tomuto analyzátoru lze připojit detektory pro hodnocení vybraných plynů, v tomto případě byly použity detektory pro měření koncentrace CO₂, CO, SO₂, NO, NO_x, O₂. Na základě hodnot těchto jednotlivých plynů je dopočítávána koncentrace H₂ v měřené směsi. Právě tyto detektory byly zvoleny na základě předchozích znalostí o složení směsi zplodin vzorků s obdobným složením, jako vzorky pro tento experiment.

Analyzátoru TESTO je předsazena souprava čtyř promývaček, plnící funkci filtru pevných částic zplodin. Při prostupu těchto částic k jednotlivým detektorům by mohlo docházet k jejich zanesení, a tedy nesprávnému vyhodnocování analyzované směsi. Do první promývačky je vložena skelná vata, sloužící jako primární filtr pevných částic. Druhá promývačka je prázdná, ale slouží ke snížení teploty spalin a jejich případné kondenzaci. Je proto vložena do nádoby s ledovou vodou a ledem. Třetí a čtvrtá

promývačka obsahuje silikagel, jehož úlohou je zachytit přebytečnou vlhkost. Do poslední promývačky je před výstupní kapiláru vloženo opět menší množství skelné vaty, opět sloužící jako filtr pevných částic (případných úlomků silikagelu).

Z analyzátoru TESTO byla data vyhodnocena pomocí počítačového softwaru testo easyEmission. Finální výstup spalin byl odveden do systému vzduchotechniky a odvětrání. Z důvodu neznámého složení zplodin je zcela zásadní analyzovanou směs odvětrávat.

2.3 Experimentální metoda

Samotná experimentální část začíná již odběrem vzorků z příslušných částí lesa, na kterou navazuje simulace podmínek lesního požáru v laboratorních podmínkách a následná analýza těchto zplodin.

Laboratorní část práce probíhá v následujících krocích:

1. Příprava měřicí techniky,
2. příprava vzorků pro jednotlivá měření,
3. vložení vzorku do trubice,
4. postupné zahřívání a proces analýzy,
5. kompletace a vyhodnocení dat.

Pro získávání dat z FTIR spektrometru budeme pracovat v programu OMNIC spectra. Jeho správná funkce je indikována hodnotami vybraných parametrů, které musí být stabilní v rozsahu ± 1 . Změřené spektrum je porovnáváno s pozadím, které představuje složení okolní atmosféry. Tento program umí na základě naměřeného pozadí „potlačit či ignorovat“ píky pro H_2O a CO_2 – plyny, které mohou být ve výrazně větších koncentracích v měřeném vzorku, a zároveň by přehlušovaly ostatní možné plyny na výsledném spektru.

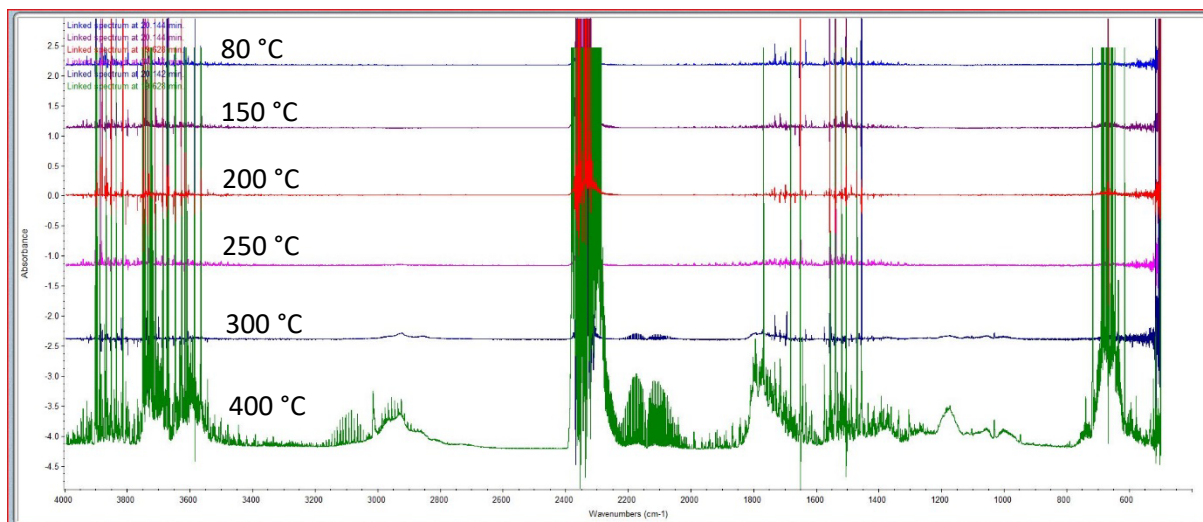
Příprava vzorků pro měření spočívá v odvážení dílčího množství z každého z testovaných vzorků. Hmotnost vzorku pro jedno měření je cca 2 g. Navažování vzorků probíhá za laboratorních podmínek pomocí laboratorních vah a keramické mističky. V případě vzorku č. 6 je stěžejní, aby doba mezi navažováním vzorku, jeho umístěním na lodičku a zahájením měření, nepřekročila 2 minuty. Vzhledem k faktu, že tento vzorek obsahuje výrazně vyšší procento vlhkosti, dochází k rychlému úbytku jeho hmotnosti, a tudíž ke zkreslení měření.

3 Naměřené výsledky

Naměřené výsledky byly vyhodnocovány ze dvou pohledů – vliv působící teploty na složení a koncentraci vznikajících spalin a vliv složení vzorku na složení a koncentraci spalin.

Působením tepla na vzorek uprostřed trubice lze testovat přibližnou teplotu vznícení testovaného biologického materiálu, respektive zda již u vzorků ke vznícení dochází. V rámci experimentu byly

zvoleny teploty 80, 150, 200, 250, 300, a 400 °C, a to právě pro možnost pozorovat rozdíly v množství a složení plyných produktů, vznikajících tepelným rozkladem. Obrázek 1 znázorňuje intenzitu naměřených látek ve směsi při vybraných teplotách.



Obrázek 1 Vývoj intenzity emisí s rostoucí teplotou

80 °C je teplota, při které začíná docházet k tepelnému rozkladu dřeva a vzhledem ke složení jednotlivých vzorků, je toto vhodná počáteční teplota pro měření. První fáze požáru bývá definována do 400 °C, což je zároveň nejvyšší zvolená teplota, která byla v experimentální části použita. Kroky mezi jednotlivými teplotami byly zvoleny logicky, aby zde byl teplotní rozdíl, ale ne moc velký pro možnost pozorování a stanovení teploty, kde došlo k nějakým změnám.

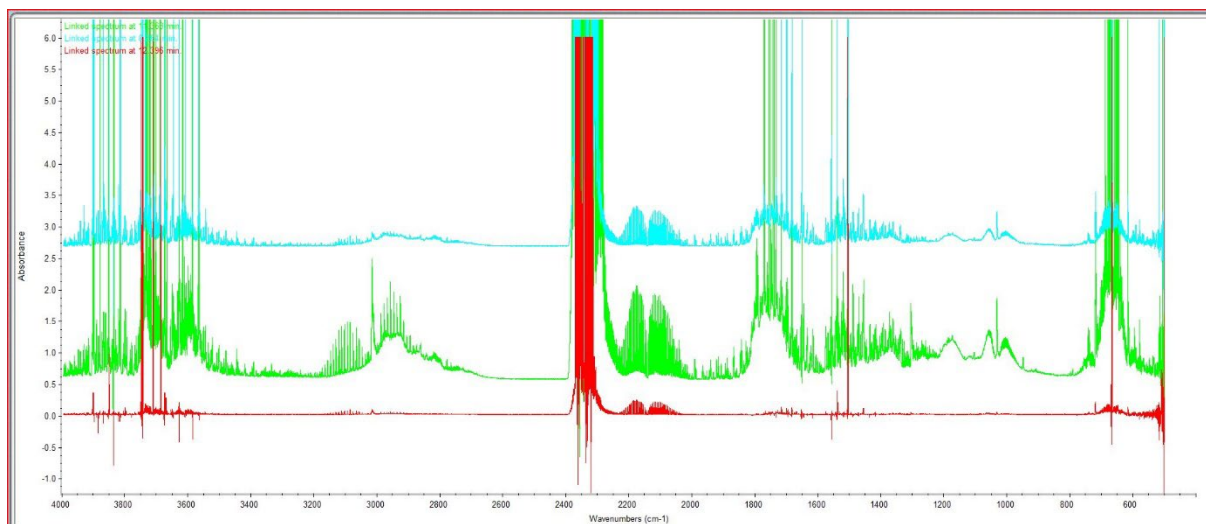
Při experimentu byl nejdříve proměřen vzorek č. 1 na všechny teploty. Z množství i složení naměřených hodnot bylo zjištěno, že při teplotě 80 i 150 °C nedochází ke vzniku významného množství spalin a počáteční teplotou měření pro ostatní vzorky tedy bude 200 °C.

Během měření bylo zjištěno, že u některých vzorků dojde v průběhu experimentu ke shoření vzniklých plynů a koncentrace jednotlivých látek, naměřené po uplynutí měřicího cyklu, nejsou ty nejvyšší.

Obrázek 2 znázorňuje vývoj intenzity emisí v čase, kdy modrá linie odpovídá 8. minutě experimentu, zelená 11. minutě a červená 12. minutě.

Složení jednotlivých vzorků jasně ukázalo závislost výskytu specifických produktů, jako například pinen, který byl identifikován v jehličnatém vzorku.

Obecně lze ale stanovit plyné produkty, které byly analyzovány ve všech vzorcích. Jedná se o molekuly vody, methanu, oxidu uhličitého a uhelnatého, kyseliny octové a methanolu. Následně je pak možné analyzovat specifické produkty, vznikající defacto v závislosti na konkrétním druhu lesa. Zde se jedná o kyanovodík, amoniak, formaldehyd a pinen.



Obrázek 2 Intenzita emisí v čase

Koncentrace, naměřené analyzátořem TESTO je ideální zpracovat do grafické podoby, kde je vidět vývoj, potažmo závislost výskytu jednotlivých analyzovaných plynů. Rozdíly koncentrací se zde pohybují řádově v procentech pro kyslík, kolem 9000 ppm pro oxid uhličitý, kolem 3000 ppm pro oxid uhelnatý a v jednotkách ppm pro oxidy dusíku. Například oxidy síry vůbec nebyly detekovány.

4 Diskuze

Výskyt těchto plynů je důkazem tepelného rozkladu přírodních materiálů a může tak být zdrojovou informací o vznikajícím požáru. Je důležité neopomenout proces přirozeného rozkladu (tlení). Zde vznikají primárně methan, amoniak, sulfan a oxid uhličitý. Tyto plyny samy o sobě nemohou signalizovat potenciálně vznikající požár a je tak stěžejní i výskyt oxidu uhelnatého, kyseliny octové, methanolu a dle druhové rozmanitosti lesa pak i například formaldehydu a pinenu.

Pro detekci jednotlivých plynů by mohlo být použito elektrochemických detektorů nebo čidel měřících okamžité koncentrace zvolených plynů. Pro volbu ideálního detektoru je ale potřeba ověřit tuto činnost v reálných podmínkách. Významnou roli zde bude hrát například vzdušná vlhkost, společně s rychlostí větru, případně teplota. Vzhledem k lidské činnosti v lese pak lze uvažovat i plynné produkty z plastů či odpadků, které mohou být potenciálním zdrojem požáru, založeného lidskou činností. Detektory se pak vyplatí používat pro monitorování uhašeného požáru, jako krok prevence opakovaných požárů. K monitorování uhaslých nebo uhašených míst lze využít právě stacionární detektory konkrétních plynů. Výhodou je v dnešní době možnost kontinuálního snímkování a online přenosu informací do monitorovacího centra nebo na příslušné oddělení HZS. V případě obnovení požáru pak bude tento fakt ihned patrný.

Velmi vysoké spolehlivosti detekce lesního požáru lze dosáhnout kombinací IR kamery, mikrovlnného radiometru a snímači zplodin hoření (částic kouře). Použitá čidla jsou zároveň kalibrována tak, aby nedetekovala částice vody a prachu, což by vedlo k falešnému poplachu. Instalováním těchto zařízení na bezpilotní letoun nebo monitorovací vzducholod' lze vytvořit snadno ovladatelný analyzátor potenciálně vznikajícího požáru. [2]

Pro dlouhodobější monitorování terénu či situace se častěji využívají vzducholodě. Jejich hlavním cílem je pozorovat zasažené území pomocí termokamery, radiometru a plynových a kouřových senzorů. Výhodou takových vzducholodí je vyšší nosnost. Součástí tohoto zařízení je i vestavěný počítač, který řídí její pohyb a zajišťuje přenos dat mezi výškovým senzorem a pozemní stanicí. Tato data jsou přenášena díky GPS systémům s časovým razítkem. Vzducholodě je možné využít i pro odhalení zasypaných ohnisek nebo znovu zapálených míst, stejně tak jako lze z naměřených spalin stanovit, zda byl požár uhašen, nebo došlo k jeho samovolnému uhasnutí. [2]

5 Závěr

Pro včasnou detekci vznikajícího lesního požáru je možné využít znalosti složení zplodin.

Během přirozených procesů rozkladu přírodních materiálů vznikají plyny, jako methan, amoniak, sulfan nebo oxid uhličitý, ale aby bylo možné identifikovat směs zplodin, doprovázející právě lesní požár, je nutné detekovat i plyny následující.

Pro vzorky listnatého lesa (č. 1 a 2) jsou signifikantními vznikajícími látkami kyselina humenová, kyselina octová, oxid uhelnatý a kyanovodík. Pro vzorky jehličnatého lesa, zastoupené jehličím a drobnými větvičkami, jsou signifikantními látkami kyanovodík, formaldehyd, oxid uhelnatý, kyselina octová. V případě vzorku č. 4 a 5, pravděpodobně díky většímu zastoupení jehličí pak ještě pinen.

Detailní složení vznikajících plyných produktů v závislosti na působící teplotě a složení vzorku bylo analyzováno FTIR spektrometrem a analyzátozem TESTO 350 XL, na základě Analyzační linky zplodin hoření.

Předpokládané vznikající zplodiny byly produkty přirozeného rozkladu biologických materiálů a mimo tyto očekávané byly experimentálně stanoveny ještě právě tzv. specifické produkty tepelného rozkladu.

Se zvyšující se teplotou se zvyšuje intenzita vznikajících zplodin a včasná detekce se odvíjí tedy i od citlivosti detektoru. Pro volbu konkrétních detektorů, monitorujících potenciální požářiště je ale potřeba provést další sadu experimentálních měření, a to při teplotách specifických pro druhou fázi požáru (např. 600 °C), což by mohlo odhalit další potenciální plyny, stěžejní pro detekci. Tato teplota může také výrazně změnit koncentraci vznikajících plynů.

Reference

- [1] EFFIS Estimates for European Union. In: EFFIS Statistics Portal [online]. [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: <https://effis.jrc.ec.europa.eu/apps/effis.statistics/estimates>
- [2] KRÜLL, Wolfgang, Robert TOBERA, Ingolf WILLMS, Helmut ESSEN a Nora VON WAHL, 2012. Early Forest Fire Detection and Verification using Optical Smoke, Gas and Microwave Sensors. *Procedia Engineering* [online]. Elsevier, 2012, 584-594 [cit. 2023-01-18]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.08.208>
- [3] SUN, Yuping, Oixing ZHANG, Kaili LI, Yinuo HUO a Yongming ZHANG, 2022. Trace gas emissions from laboratory combustion of leaves typically consumed in forestfires in Southwest China. *Science of The Total Environment* [online]. Article 157282 [cit. 2023-01-18]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157282>
- [4] SONG, Rong, Tijian WANG, Juncai HAN, et al., 2022. Spatial and temporal variation of air pollutant emissions from forest fires in China. *Atmospheric Environment* [online]. Elsevier, Article 119156 [cit. 2023-01-18]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2022.119156>
- [5] Infračervená spektroskopie. In: VŠCHT [online]. [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: <http://old.vscht.cz/lms/Zverze/Infrared.htm>
- [6] KLÍČ, Alois, Karel VOLKA a Miroslava DUBCOVÁ, 2002. Fourierova transformace: (a příklady z infračervené spektroskopie) [online]. VŠCHT [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: <http://old.vscht.cz/mat/Pavel.Pokorny/students/ft/skripta/Four.pdf>
- [7] LESNÍ POŽÁRY V ČESKÉ REPUBLICE – DEFINICE A ROZDĚLENÍ: REVIEW, 2018. Zprávy lesnického výzkumu. (63), 102-111.

Využitie digitálnych dvojčiat v oblasti kritickej infraštruktúry

Ing. Michal Miške¹, prof. Ing. Zdeněk Dvořák, PhD.²

¹ Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Univerzitná 8215, 010 26 Žilina, michal.miske@uniza.sk

² Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Univerzitná 8215, 010 26 Žilina, zdenek.dvorak@uniza.sk

Abstrakt: Kritická infraštruktúra je životne dôležitou súčasťou moderných spoločností, zahŕňajúcou široké spektrum systémov a zariadení, ako sú energetické siete, dopravné systémy, telekomunikácie a vodné hospodárstvo. Ich nepretržité fungovanie je kľúčové pre stabilitu a prosperitu spoločnosti ako celku, ako aj pre každodenný život jednotlivcov. S narastajúcou závislosťou na digitálnych technológiách sa však zvyšuje aj riziko kybernetických a fyzických hrozieb, ktoré môžu vážne ohroziť túto kritickú infraštruktúru. Digitálne dvojčatá sa stávajú dôležitým nástrojom v boji proti týmto hrozbám. Tieto digitálne repliky fyzických systémov sú neustále aktualizované o dáta z reálneho sveta a umožňujú simuláciu rôznych scenárov a testovanie bezpečnostných opatrení. V budúcnosti by mohli digitálne dvojčatá zohrávať kľúčovú úlohu v ochrane kritickej infraštruktúry, poskytujúc dôležité informácie o fungovaní a zraniteľnostiach týchto systémov. Ich využitie môže prispieť k lepšiemu pochopeniu a monitorovaniu kritickej infraštruktúry, čo umožní efektívnejšiu identifikáciu rizík a implementáciu proaktívnych bezpečnostných opatrení. To v konečnom dôsledku zvýši odolnosť a bezpečnosť kritickej infraštruktúry a prispeje k udržateľnému fungovaniu spoločnosti v dnešnom dynamickom a neustále sa meniacom prostredí.

Kľúčové slova: digitálne dvojča, kritická infraštruktúra, technológia, resiliencia, riziko.

1 Teoretické východiska práce

Infraštruktúrou rozumieme základné zariadenia, ktoré slúžia na dlhodobé užívanie a zaručujú plnenie úloh v štátnom hospodárstve. **Verejnú infraštruktúru** môžeme charakterizovať ako konkrétne prvky, ktoré plnia funkcie vo verejnom záujme. Sú to napríklad cesty, mosty, vodárne resp. vodovodné potrubia, výroba a prenos elektrickej energie, spracovanie komunálneho odpadu a podobne [1].

Niektoré z prvkov infraštruktúry majú esenciálny význam pre základné fungovanie štátu a spoločnosti. Narušenie, poškodenie či úplné vyradenie z funkčnosti týchto prvkov by mohlo mať závažné dopady pre spoločnosť, hospodárstvo štátu alebo aj viacerých štátov. Takto významné prvky infraštruktúry kategorizujeme ako **kritická infraštruktúra**. V súčasnosti existujú rôzne definície pojmu kritická infraštruktúra. V Nemecku je chápaná ako zariadenia so zvláštnym významom pre štát, ktorých narušenie alebo zničenie by spôsobilo trvalé následky v oblasti zásobovania, bezpečnosti a ovplyvnilo by aj iné aspekty spoločenského života [1].

Terminologický slovník krízového riadenia definuje **kritickú infraštruktúru** ako *objekty osobitnej dôležitosti, ďalšie dôležité objekty, vybrané informačné a komunikačné prostriedky, zariadenia na výrobu a zásobovanie vodou, elektrickou energiou, ropou a zemným plynom a ďalšie časti majetku štátu a podnikateľských právnických a fyzických osôb určené vládou SR alebo iným kompetentným orgánom štátnej správy, ktoré sú nevyhnutné na zvládnutie krízových situácií, ochranu obyvateľstva a*

majetku, na zaistenie minimálneho chodu ekonomiky a správy štátu, ako aj jeho vonkajšej a vnútornej bezpečnosti a ktoré treba špeciálne ochraňovať. Sú to zariadenia, služby a informačné systémy životne dôležité pre obyvateľov a riadenie štátu, ktorých nefunkčnosť alebo zničenie môže ohroziť bezpečnostné záujmy štátu“ [2].

Kritickú infraštruktúru je možné vnímať aj ako systém, ktorý sa ďalej člení na sektory a prvky, pričom takto je to definované v zákone Slovenskej republiky 45/2011 Z. z. o kritickej infraštruktúre [3]. **Prvkom kritickej infraštruktúry** sa podľa tohto zákona rozumie najmä inžinierska stavba, služba vo verejnom záujme spoločnosti alebo štátu a informačný systém v sektore kritickej infraštruktúry, ktorých narušenie alebo vyradenie zo stavu funkčnosti by malo podľa sektorových kritérií a prierezových kritérií závažné nepriaznivé dôsledky na uskutočňovanie hospodárskej a sociálnej funkcie štátu, a tým na kvalitu života obyvateľov z hľadiska ochrany ich života, zdravia, bezpečnosti, majetku, a tiež aj životného prostredia [3]. **Sektorom kritickej infraštruktúry** je časť kritickej infraštruktúry, do ktorej sa zaraďujú prvky kritickej infraštruktúry, sektor môže obsahovať jeden alebo viac podsektorov kritickej infraštruktúry.

Na Slovensku sa prvky kritickej infraštruktúry kategorizujú do desiatich sektorov ktoré sú vypísané v tabuľke 1. Pričom každý štát má svoje vlastné sektory a podsektory, kde zaraďuje jednotlivé prvky KI. Avšak takmer všetky krajiny majú päť sektorov podobného zamerania: energetika, doprava, komunikácia, financie a zdravotníctvo. Pre porovnanie Slovenská republika má 10 sektorov KI, USA ich má 16 sektorov KI, Veľká Británia 12 a Česká republika má 9 sektorov KI.

Tabuľka 1. Sektory v pôsobnosti ústredných orgánov na Slovensku [3]

Sektor	Podsektor	Ústredný orgán
Doprava	Cestná doprava Letecká doprava Vodná doprava Železničná doprava	Ministerstvo dopravy a výstavby Slovenskej republiky
Elektronické komunikácie	Satelitná komunikácia Siete a služby pevných elektronických komunikácií a mobilných elektronických komunikácií	Ministerstvo dopravy a výstavby Slovenskej republiky
Energetika	Baníctvo Elektroenergetika Plynárenstvo Ropa a ropné produkty	Ministerstvo hospodárstva Slovenskej republiky
Pošta	Poskytovanie poštových služieb, poštový platobný styk a obstarávateľská činnosť	Ministerstvo dopravy a výstavby Slovenskej republiky
Priemysel	Farmaceutický priemysel Hutnícky priemysel Chemický priemysel	Ministerstvo hospodárstva Slovenskej republiky
Informačné a komunikačné technológie	Informačné systémy a siete	Ministerstvo investícií, regionálneho rozvoja a informatizácie Slovenskej republiky
Voda a atmosféra	Meteorologická služba Vodné stavby Zabezpečovanie pitnej vody	Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky
Zdravotníctvo		Ministerstvo zdravotníctva Slovenskej republiky
Financie	Bankovníctvo Finančné trhy Systémy riadenia verejných financií	Ministerstvo financií Slovenskej republiky
Pôdohospodárstvo	poľnohospodárstvo potravinárstvo	Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky

S kritickou infraštruktúrou úzko súvisí pojem **resiliencia** alebo aj **odolnosť kritickej infraštruktúry**, ktorú sa stále snažíme zvyšovať aj napríklad prostredníctvom pokrokových technológií. Odolnosť je pri tom vnímaná ako schopnosť systému absorbovať narušenie, znášať negatívne zmeny systému, a pritom zabezpečiť kľúčové funkcie, štruktúru a spätnú väzbu systému. Predstavuje vnútornú pripravenosť subsystémov kritickej infraštruktúry odolávať nežiadúcim udalostiam, poprípade schopnosť subsystémov zaistiť a udržať si svoje funkcie pri negatívnom pôsobení vonkajších alebo vnútorných faktorov [4].

Digitálne dvojča je termín, ktorý nemá ešte úplne presnú definíciu, avšak viacero spoločností má svoje vlastné chápanie tejto pokrokovej technológie. **Digitálne dvojča** je virtuálny model fyzického objektu alebo systému, ktorý sa dá použiť na monitorovanie a optimalizáciu výkonu jeho reálneho protivníka (Siemens) [5].

Digitálne dvojča je dynamická digitálna reprezentácia fyzického majetku, procesu alebo systému, ktorá umožňuje získať dátové prehľady na zlepšenie rozhodovania a podporu inovácií (Microsoft) [4].

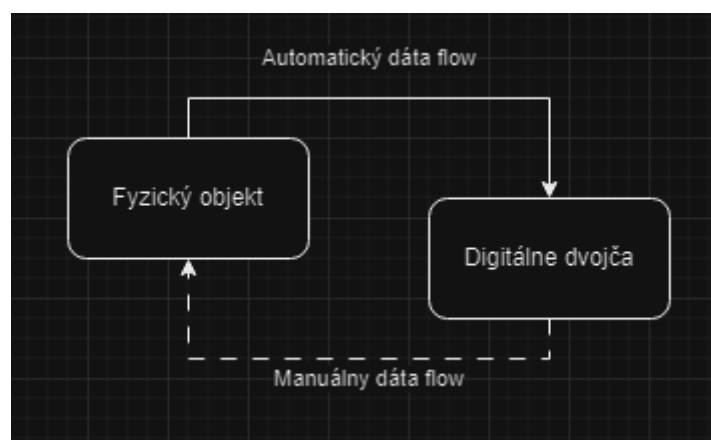
- Siemens kladie dôraz na monitorovanie a optimalizáciu výkonu,
- Microsoft zdôrazňuje dynamickú povahu digitálneho dvojčata a jeho využitie na získavanie dátových prehľadov pre lepšie rozhodovanie a inovácie.

Inovačným prístupom k vytváraniu modelov konkrétnych objektov v digitálnom svete je práve technológia digitálneho dvojčata. Táto technológia je v súčasnosti jednou z najrozšírenejších metód digitalizácie. Digitálne dvojča predstavuje presný virtuálny model produktu, ktorý kombinuje simulácie, 3D CAD modely a dátové kanály zo senzorov, plynúce v reálnom čase z fyzického prostredia. Jeho úlohou je neustále zaznamenávať a analyzovať zmeny v priebehu celého životného cyklu objektu alebo produktu. Následne sa na digitálnom dvojčati môžu simulovať aj rôzne scenáre či modelové situácie.

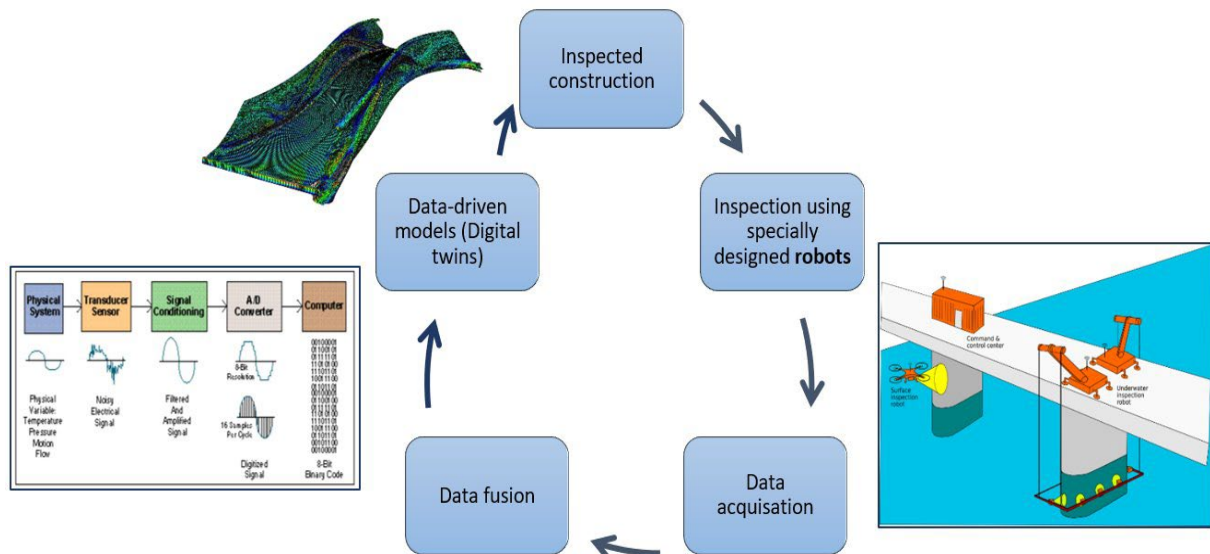
V dnešnej dobe však evidujeme už viacero druhov digitálnych dvojčiat napríklad podľa platforiem resp. softvérových nástrojov, ktoré môžu vytvoriť digitálne dvojča či rozšírenie o umelej inteligencie a ďalšie. Podľa Wanga existuje niekoľko druhov digitálnych dvojčiat, ktoré opisuje bližšie v svojej publikácii. Ide o dvojča deskriptívne, informačné dvojča, prediktívne dvojča, komplexné dvojča a autonómne dvojča [5]. Čo však tieto digitálne dvojčatá majú spoločné je poskytovanie informácií cez dátový tok medzi fyzickým objektom a digitálnym dvojčatom, ktorý je tiež naznačený na obrázku 1 a obrázku 2.

Využívanie digitálnych dvojčiat poskytuje viacero benefitov, ktorými sú napríklad:

- zvýšená viditeľnosť a prehľadnosť infraštruktúry,
- lepšie pochopenie fungovania infraštruktúry a jej zraniteľností,
- možnosť simulovať rôzne scenáre a testovať riešenia vzniknutých kríz,
- možnosť prognóz pre fyzické objekty a ich okolie,
- vytváranie návrhov na zvyšovanie resiliencie objektov kritickej infraštruktúry,
- zvýšenie efektivity údržby a opravy infraštruktúry,
- zníženie pôsobenia rizík a nákladov na prevádzku vďaka včasnému zisteniu.



Obrázok 1 Dátový tok medzi objektom a digitálnym dvojčatom



Obrázok 2 Dátový tok (proces tvorenia digitálneho dvojčata) [6]

Diego Galar vo svojej prezentácii na konferencii v Maroku hovoril o využívaní umelej inteligencie ako rozšírenie funkčného prostredia digitálnych dvojčiat. Digitálne dvojčatá označuje generáciami 1 až 4 pričom hovorí o obmedzeniach, ktoré majú generácie jedna, dva a tri. Generácia 1 (Digital twin 1.0) poskytuje resp. zahrňuje reaktívnu umelú inteligenciu, ktorá je dobrá pre jednoduchú klasifikáciu a modelové situácie, kde však musíme poznať všetky parametre a tým pádom z hľadiska výpočtov je efektívnejšia ako človek. Táto prvá generácia má však problém s riešením historického vývinu a nedokonalých parametrov resp. nie dokonalých scenárov. Druhá generácia (Digital twin 2.0) dokáže zvládnuť komplexné úlohy a je schopná pochopiť historické dáta. Taktiež dokáže riešiť úlohy akými sú napríklad automatické šoférovanie auta. Bohužiaľ Gallar hovorí, že toto je zatiaľ najlepšia verzia umelej inteligencie, ktorú sme aktuálne schopní využívať v kombinácii s digitálnymi dvojčatami. Pripravovaná tretia generácia (Digital twin 3.0) by mala byť schopná pochopiť človeka jeho motiváciu a dôvody a mala by dokázať ponúknuť skúsenosť, riešenie každému človeku na základe jeho potrieb. Digitálne dvojčata by tak mohlo byť za pomoci tohto pokroku v budúcnosti tvorené oveľa jednoduchšie a jednoduchšie by malo byť aj poskytovanie dát či riešenie krízových situácií vďaka prognózam umelej inteligencie. Táto umelá inteligencia by mala byť schopná učiť sa a považuje sa za ďalší míľnik v evolúcii. Poslednou verziou je generácia 4 (Digital twin 4.0), ktorá by mala v konečnom dôsledku byť schopná sama navrhovať scenáre a možné riešenia týchto scenárov. Tu hovoríme o umelej inteligencii, ktorá by mala byť schopná prekonať ľudské chápanie a učiť v podstate nás o možných rizikách, hrozbách a tak ďalej [7].

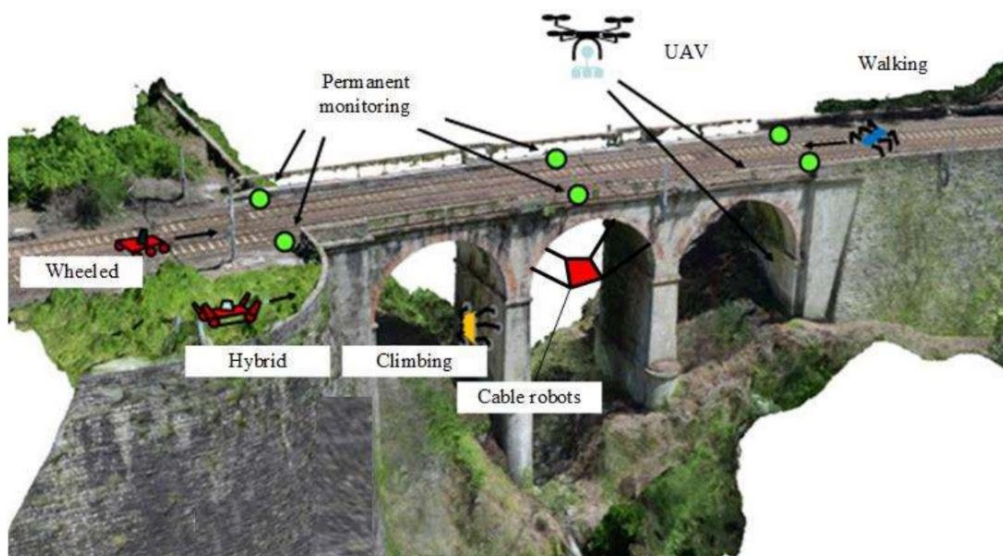
2 Projekty s rovnakým zameraním

Po mnohých nedávnych prírodných katastrofách v krajinách ako Taliansko, Grécko, Líbya, ale aj po antropogénnej činnosti, ktoré viedli k zničeniu kritickej infraštruktúry, ako je napríklad Kachovská priehrada, získava koncept kritickej infraštruktúry čoraz väčšiu pozornosť. Avšak vedci z viacerých krajín sa otázkou zvyšovania resiliencie kritickej infraštruktúry zaoberá už dlhšiu dobu a v tomto smere už prebiehajú rôzne projekty:

- DESDEMONA (Medzinárodný projekt),

- IRIS G5924 (NATO SPS),
- REMAKE 3D (APVV na Slovensku).

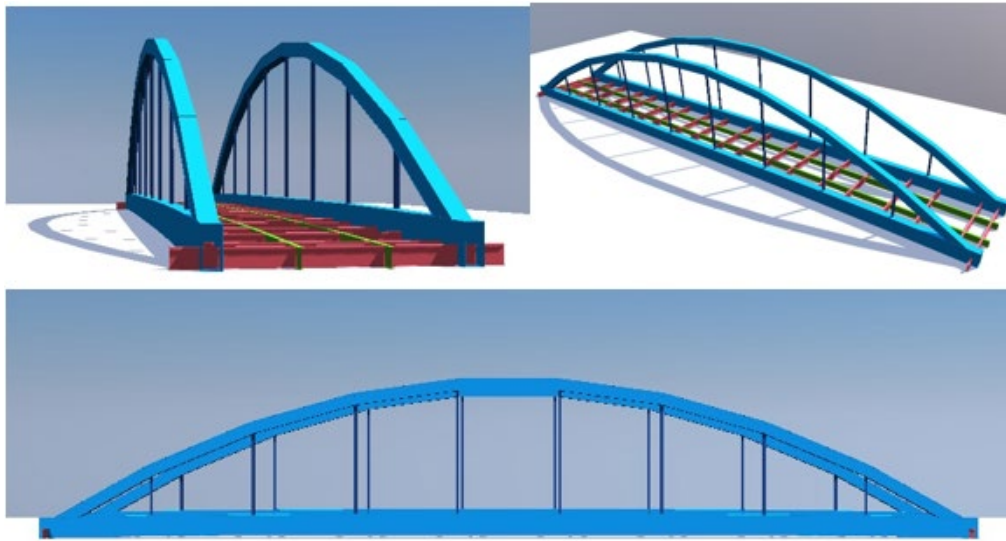
Tieto projekty využívajú rôzne pokročilé technológie, vrátane robotov a dronov na skenovanie kritických infraštruktúrnych objektov na vytvorenie tzv. digitálnych dvojčiat, ako sa to dnes nazýva. Tieto digitálne dvojčky sa potom používajú na preskúmanie vplyvu vonkajších vplyvov na predmet. Výstupy z týchto technológií môžu byť využité na rôzne účely, ako sú numerické simulácie, vizualizácie alebo jednoduchá analýza dát. Hlavné nástroje používané v týchto projektoch zahŕňajú drony, káble roboty, roboty schopné operovať pod vodou na skenovanie objektov, ktoré čiastočne stoja vo vode, ako sú mosty, a samozrejme, 3D skenery sú nasadené na každom z týchto, ako je vizualizované na obrázku 3 [6]. Cieľom všetkých spomenutých projektov je samozrejme zvyšovanie úrovne bezpečnosti a resiliencie kritickej infraštruktúry, ktorú Řehák a spol. v *Metodike hodnotenia resiliencie prvkov kritickej infraštruktúry* [8] definujú ako vnútornú pripravenosť systému na nežiadúce udalosti, resp. ide o schopnosť týchto subsystémov zaistiť udržateľnosť svojich funkcií pri pôsobení negatívnych vonkajších alebo vnútorných faktorov.



Obrázok 3 Metódy skenovania a monitorovania prostredníctvom robotov a senzorov [6]

Produktom celého procesu snímania a následného vykresľovania v konkrétnej platforme je následne dokonalá napodobenina, digitálne dvojča, skutočného objektu alebo produktu, ako je to zobrazené na

obrázku 4. Tento most je skutočným digitálnym dvojčaťom cestného mostu pri okresnom meste Bytča a spája toto mesto s príľahlými obcami, ktoré sú situované za riekou Váh.



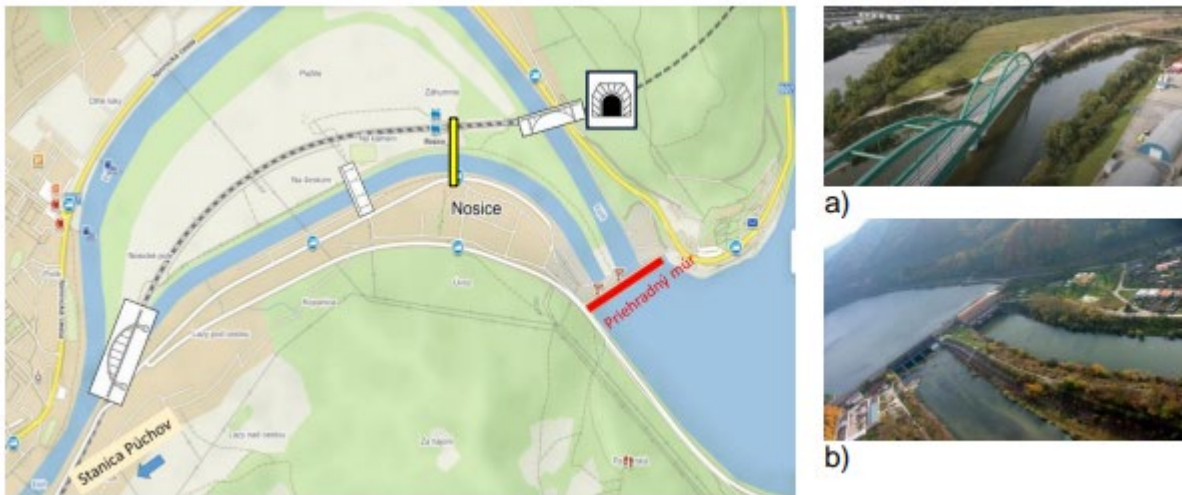
Obrázok 4 Digitálne dvojča cestného mosta [6]

Fakulta bezpečnostného inžinierstva na UNIZA aktívne participuje na týchto projektoch a spolupracuje s rôznymi subjektmi nielen na Slovensku, ale aj medzinárodne. Projekt IRIS, financovaný programom SPS NATO, sa zameriava na vytváranie digitálnych dvojčiek, pričom jeho hlavné ciele zahŕňajú [9]:

- Vývoj nových technológií na plne automatizované využívanie robotizovaných systémov a senzorových sietí pre získavanie dát pri prieskume, inšpekcii a monitorovaní,
- Interakcia medzi získavaním a ukladaním dát je riadená vytvorením pokročilých modelov predstavujúcich digitálne dvojčky infraštruktúry v reálnom čase,
- Zabezpečenie kontinuálnej neznižujúcej hodnotenia (NDE) infraštruktúry, pričom sa rôzne informácie integrujú prostredníctvom procesu fúzie dát na vytvorenie výkonných digitálnych modelov, ktoré ponúkajú komplexný a realistický popis skúmaného zariadenia počas celej jeho životnosti, aj po katastrofe,
- Dáta a modely tvoria základ na identifikáciu a opis defektov a degradácie, najmä pokiaľ ide o možné zníženie výkonu existujúcich štruktúr,
- Všetky získané poznatky, adekvátne spravované, slúžia ako vstup pre automatizované alebo čiastočne automatizované procesy rozhodovania, ktoré sú užitočné pri riadení zariadení a infraštruktúry.

Účasť na medzinárodných výskumných projektoch motivovala ľudí na Fakulte bezpečnostného inžinierstva k príprave podobného výskumného projektu aj na území Slovenskej republiky. Tento projekt bol schválený a finančne podporený z Agentúry na podporu vedy a vývoja. Hlavným cieľom projektu REMAKE 3D je skúmať a analyzovať kritickú infraštruktúru v okolí okresného mesta Púchova. V rámci tohto projektu budú použité rôzne pokrokové technológie, medzi ktorými figuruje aj technológia digitálneho dvojčaťa. Získané dáta a skeny budú použité na vytvorenie digitálnych dvojčiek

týchto infraštruktúrnych objektov. Na obrázku 5 sú zobrazené konkrétne časti kritickej infraštruktúry, ktoré budú predmetom budúceho skúmania a skenované v rámci projektu REMAKE 3D [10].



Obrázok 5 Zobrazenie záujmového prostredia (a - železničný most ponad rieku Váh; b - Nosická priehrada) [10]

Cieľom tohto projektu je vyvinúť a overiť integrovaný systém na hodnotenie odolnosti kritickej infraštruktúrnych objektov, s dôrazom na posúdenie ich odolnosti voči hrozbám a bezpečnostným rizikám. Očakávaným výsledkom riešenia bude pilotná verzia informačného systému Area Resilience Informational Modeling (AResIM) a metodika na hodnotenie úrovne odolnosti vybraných typov objektov v oblasti záujmu, ktorou sú okolie mesta Púchov [10]. V tomto projekte je potrebné vytvoriť digitálne dvojčatá spomínaných prvkov infraštruktúry a získať dáta o tom čo všetko pôsobí na tieto objekty.

3 Záver

Zhrnutím článku je fakt, že technológia digitálneho dvojčata je aktuálne jednou z najčastejšie využívaných metód digitalizácie. Táto technológia má pri veľmi široké spektrum využitia a je teda samozrejmé, že našla svoje uplatnenie aj v oblasti kritickej infraštruktúry. S pomocou tejto technológie môžeme simulovať rôzne krízové scenáre, ktoré môžu nastať v budúcnosti a byť tak pripravený reagovať. Avšak v ideálnom prípade týmto krízovým situáciám chceme zabrániť včasným prijatím opatrení a tak riešiť skôr prevenciu než reakciu. Digitálne dvojča počas celého životného cyklu poskytuje aktuálne informácie v reálnom čase o svojom stave čím zjednodušuje časť údržby a opravy infraštruktúry. Taktiež táto technológia poskytuje užívateľom lepší prehľad a viditeľnosť infraštruktúry a teda aj kritickej infraštruktúry. Umožňuje nám lepšie pochopiť čo všetko ovplyvňuje reálny fyzický objekt a ako funguje či reaguje v konkrétnych situáciách s konkrétnymi reálnymi podmienkami. V neposlednom rade táto technológia poskytuje dáta a informácie pre človeka, ktorý s nimi ďalej dokáže narábať.

V aktuálnom projekte APVV REMAKE 3D sa snažíme využiť digitálne dvojčatá na prípravu pilotnej verzie informačného systému ARESIM, ktorý veríme bude môcť byť v budúcnosti využívaný municipalitami a spoločnosťami ako je napríklad Slovenská správa ciest a iné. Konkrétne digitálne dvojčatá by mali poskytnúť dáta o rizikách a potenciálnych hrozbách, ktoré existujú na území mesta či obce. Tento

projekt je však len na začiatku druhého roku riešenia a preto ďalší postup bude predmetom nadväzujúcich výskumných aktivít.

Medzi najaktuálnejšie výzvy pri používaní technológie digitálnych dvojčiat patria predovšetkým výdavky spojené s nákladmi na implementáciu a údržbu digitálnych dvojčiat. Samozrejme aj využívanie tejto technológie má svoje riziká a tým najvýznamnejším je kybernetický útok. Kybernetická bezpečnosť preto pri využívaní digitálnych dvojčiat nie len kritickej infraštruktúry, ale aj ostatných fyzických prvkov musí byť na vysokej úrovni. Táto skutočnosť opäť podmieňuje náklady, ktoré sú spojené s prevádzkou digitálnych dvojčiat. V budúcnosti pri tom očakávame ešte väčší nárast využívania digitálnych dvojčiat v oblasti kritickej infraštruktúry, pretože má obrovský potenciál pre tento sektor. Jej výhodami sú zvýšenie resiliencie, efektivity a bezpečnosť ako už bolo spomenuté. Je dôležité riešiť výzvy, ktoré sú späté s implementáciou tejto technológie. Očakáva sa preto zníženie nákladov na prevádzku a implementáciu, zlepšenie interoperability a zvýšenie kybernetickej bezpečnosti.

POĎAKOVANIE

Tento článok bol pripravený v rámci podpory projektu APVV-22-0562 Posilnenie odolnosti kľúčových prvkov infraštruktúry využitím pokrokov v 3D modelovaní.

Reference

- [1] ŠENOVSKÝ, M. – ADAMEC, V. – ŠENOVSKÝ, P. 2007. *Ochrana kritickej infraštruktúry*. 1. vydanie. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě. 2007. 141 s. ISBN 978-80-7385-025-8.
- [2] Terminologický slovník krízového riadenia a zásady jeho používania. 2017 [online]. Bezpečnostná rada Slovenskej republiky [cit. 2024-01-10]. Dostupné na: <https://www.reserves.gov.sk/wp-content/uploads/2019/10/Terminologick%C3%BD-slovn%C3%ADk-kr%C3%ADzov%C3%A9ho-riadenia.pdf>
- [3] Zákon č. 45/2011 Z. z. o kritickej infraštruktúre.
- [4] HROMADA, M. 2010. *Stanovení odolnosti kritickej infraštruktúry – teoretický rámec/Critical Infrastructure Resilience Determination – Theoretical Framework*. In. Security Magazín. č. 93, str. 26-27. ISSN –1210-8723
- [5] WANG, W. a kol. 2023. *Digital Twin Technologies in Transportation Infrastructure Management*. Singapore: Springer. 2023. 222 s. ISBN 978-981-99-5803-0. Dostupné na: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-99-5804-7>
- [6] GATTULI, V. et al, (2021). *Inspection, maintenance and security pursued by innovative Robots, enhanced data communication and Infrastructure digital twinS (IRIS)*. <https://www.irisnatoproject.eu>
- [7] GALAR, D. (2024) *Maroko: Using robots, DTs and metaverse in inspection, maintenance and repair of marine critical assets* [cit. 04-04-2024].
- [8] ŘEHÁK, D. et al. (2018). *Metodika hodnocení resilience prvku kritickej infraštruktúry* (CIERA).

- [9] FIGULI, L. & ,DVOŘÁK, Z. (2023). Threats on the Critical Infrastructure Elements. In Monitoring and protection of critical infrastructure by unmanned systems. ISBN 978-1-64368-377-5,2023. p .238.
- [10] DVOŘÁK, Z. et al. (2023). *Posilnenie odolnosti klíčových prvkov infraštruktúry využitím pokrokov v 3D modelovaní (REMAKE-3D)* <https://www.remake3d.fri.uniza.sk>

Měření radiačního zatížení krajiny

Bc. Aleš Navrátil

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Nad Stráněmi 4511, 760 05 Zlín, a1_navratil@utb.cz

Abstrakt:

Práce se zabývá problematikou měření radioaktivity přírodního prostředí s využitím laboratorního vybavení FAI UTB ve Zlíně. Důležitou roli zde hraje měření plošného a hloubkového rozložení radiačního pozadí ve vybrané lokalitě. Pro měření byly zvoleny dva způsoby získávání dat. Při povrchovém měření se získávala data v okolí obce Popůvky u Kojetína. Pro hloubkové měření byla vyhloubena geologická mikrosonda do hloubky 1,3 m. Přidanou hodnotou při odebírání vrstev ve výkopu byly nálezy archeologických zlomků, které se staly součástí studií v dané problematice. Na základě získaných dat při povrchovém měření byly průměrné hodnoty draslíku ^{40}K ($1,9 \pm 0,1$) %, uranu ^{238}U ($3,3 \pm 0,2$) ppm a thoria ^{232}Th ($11,2 \pm 0,3$) ppm. Dále byla povrchová data vizualizována v programu ArcGIS Pro, kde se zobrazila místa s větší koncentrací primordiálních radionuklidů. Tyto místa vykazují vliv lidské činnosti, například při spalování uhlí a používání fosfátových hnojiv. Další povrchové měření bylo zaměřeno na výskyt antropogenních radionuklidů, mezi které patří cesium ^{137}Cs jehož průměrné hodnoty byly naměřeny při deštivém období ($0,7 \pm 0,2$) kBq/m^2 a slunečním období ($1 \pm 0,1$) kBq/m^2 . Data z geologické mikrosondy upozorňují na hloubkovou migraci cesia ^{137}Cs do 0,85 m ($0,0008 \pm 0,1$) kBq/m^2 . Nejvyšší naměřená hodnota cesia je v hloubce 0,05 m ($0,5 \pm 0,1$) kBq/m^2 . V souvislosti s výskytem cesia ^{137}Cs můžeme hovořit o kontaminaci v důsledku testů jaderných zbraní v atmosféře. Zjištěná data poukazují na souvislost vlivu lidské činnosti a radiační znečišťování zkoumané lokality.

Klíčová slova: radioaktivita, geologická mikrosonda, primordiální radionuklidy, antropogenní radionuklidy.

1 Úvod

Pro současnou společnost je důležitý určitý komfort, bez kterého si nedokážeme život představit. S nárůstem populace se velké nároky kladou na energetický, strojírenský, vojenský, potravinářský, zemědělský a farmaceutický průmysl [1]. Ve všech těchto odvětvích můžeme nalézt původce ionizujícího záření, které zatěžuje krajinu. Velkým problémem pro současnost je řešení energetické otázky. Jedná se o snížení extenzivního využívání spalování uhlí a dalších fosilních paliv, které vykazují vysoké koncentrace radioaktivních nuklidů [2]. V neposlední řadě lze hovořit o kontaminaci antropogenními zdroji, které souvisí s testy jaderných zbraní [3], těžbou a zpracováním uranu, haváriemi jaderných elektráren [4] nebo uložišti jaderných odpadů [5].

2 Původ ionizujícího záření

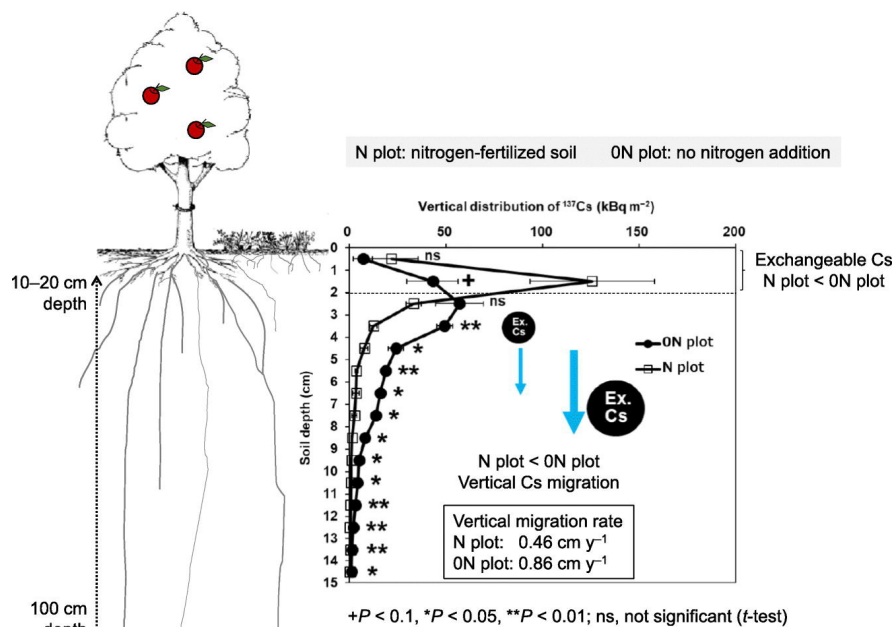
Původ ionizujícího záření musíme hledat už v počátku vzniku vesmíru a naší sluneční soustavy. Otázkou vzniku vesmíru a samotného původu života na naší planetě se zabývá lidstvo od nepaměti.

Přírodní ionizující záření je přirozenou součástí prostředí, které nás obklopuje na naší planetě. Toto záření je všudypřítomné. Intenzita záření může být ovlivněna magnetickou šířkou, sluneční aktivitou nebo nadmořskou výškou. Dále intenzitu záření ovlivňuje složení hornin v zemské kůře, pohyb zemských desek nebo sopečná činnost [6; 7].

3 Zatížení životního prostředí ionizujícím zářením

Velká část výroby elektrické energie a tepla je založena na klasickém spalování fosilních paliv [8]. Při spalování uhlí nebo ropy dochází k uvolňování radioaktivních prvků jako je uran ^{238}U a thorium ^{232}Th [9]. Dále se může jednat o arsen ^{33}As , radium ^{88}Ra , radon ^{86}Rn , polonium ^{84}Po a rtuť ^{80}Hg . Uhelná elektrárna vyprodukuje desetkrát více radiace než jaderná elektrárna při výrobě stejného množství energie [10].

Další z činností, kterou může člověk ovlivňovat radiační zatížení krajiny, je fosfátový průmysl. Jedná se hlavně o fosfátová hnojiva, která obsahují uran ^{238}U , thorium ^{232}Th a draslík ^{40}K . Dále to mohou být radioaktivní prvky polonium ^{210}Po , olovo ^{210}Pb a radium ^{226}Ra [11].



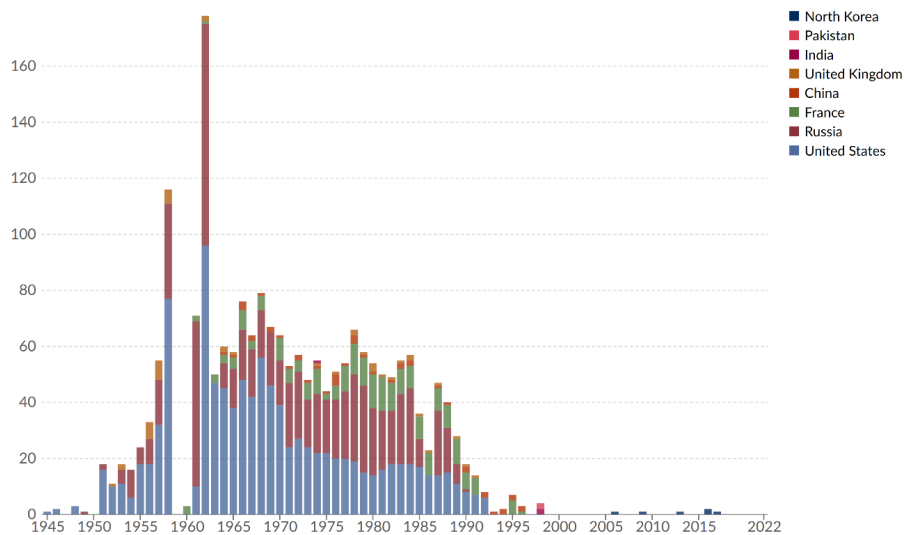
Obrázek 1. Dusíkaté hnojiva a jejich vliv na vertikální migraci cesia ^{137}Cs [12].

3.1 Testy jaderných zbraní

Počátek jaderného věku se začal počítat 16. července 1945 při první úspěšné explozi atomové bomby. Tento test byl uskutečněn v Los Alamos v Novém Mexiku pod kódovým označením „Trinity“. Od tohoto data se rozběhl závod ve vývoji jaderných zbraní [13].

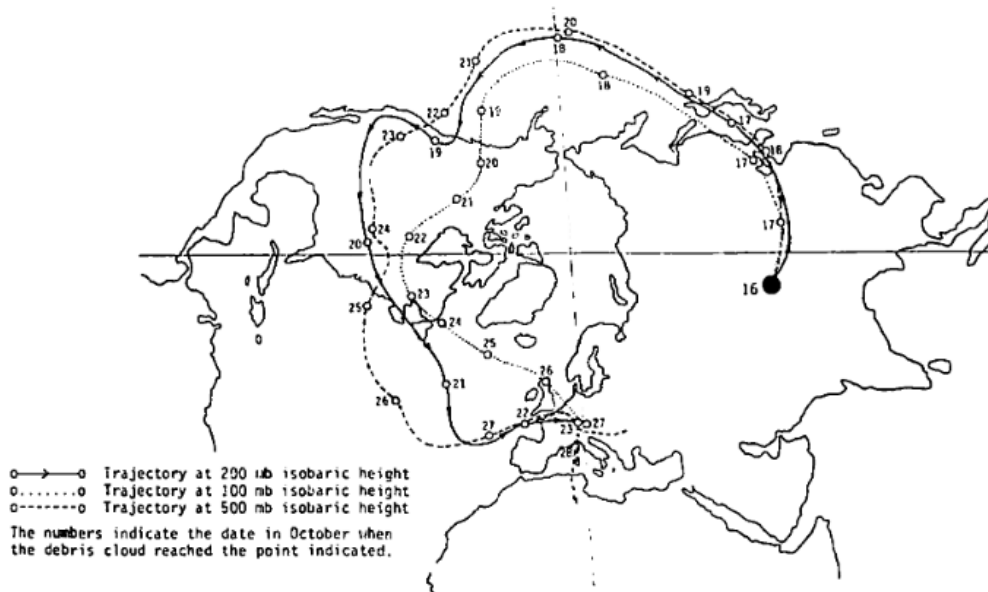
3.2 Atmosférické testy jaderných zbraní

Jedná se o testy ve velkých výškách atmosféry. Z více než 2000 testů, které se během let 1945 až 1998 provedlo, bylo 25 % testů v atmosféře [8]. To činí přibližně 440 Mt. Testy v USA se prováděly v nízkých zeměpisných šířkách. V SSSR se testy prováděly ve vysokých zeměpisných výškách. Další testy prováděla Čína, která si určila prostor ve střední části severní polokoule. V případě Francie a Velké Británie byly atmosférické testy prováděny na jižní polokouli [14].



Obrázek 2. Intenzita jaderných zkoušek od roku 1945 do roku 2022. Graf zobrazuje na svislé ose počet jaderných testů a na vodorovné ose jednotlivé roky [15].

K poslednímu atmosférickému jadernému testu došlo v poušti Makan v čínské provincii Sinkiang 16. října 1980 [16]. Tento test je podrobně zdokumentován, včetně atmosférických vzdušných pohybů s migracemi radioaktivních izotopů. [17].



Obrázek 3. Meteorologická data vzdušné migrace radioaktivních izotopů při čínském atmosférickém jaderném testu 16. října 1980 [17].

Průměrná doba pobytu částic v dolních vrstvách stratosféry se pohybovala v polárních oblastech v rozmezí od 3 do 12 měsíců. V rovníkových oblastech se délka pobytu částic pohybovala od 8 do 24 měsíců. Důležitými faktory pro migrace radioaktivních izotopů v rámci jaderných testů jsou vzdušné proudy, zeměpisná šířka a roční období. [17].

4 Měření ionizujícího záření v přírodních a laboratorních podmínkách

Na začátku bylo nutné vytvořit seznam zařízení a nářadí, které bude nutné pro povrchové měření a výkopové práce. Dále bylo důležité stanovit harmonogram a postup prováděných prací. Jednalo o vytvoření časové osy tak, aby postup venkovních prací odpovídal ročním obdobím.

Pro povrchové měření bylo zvoleno období od února do května. V tomto období se snáze pohybovalo v terénu. Půda byla promrzlá a zaseté polní plodiny nebyly dostatečně vzrostlé.

Pro výkopové práce bylo zvoleno období od června do července. Letní období bylo důležité pro prosychání výkopových vrstev, které byly později převezeny do laboratoře.

Závěrečnou fází bylo naplánovat laboratorní měření na Fakultě aplikované informatiky UTB v laboratoři forenzních věd.

5 Měřicí zařízení

Pro měření a přesnou práci jsem použil:

- GT40 – víceúčelový spektrometr gama
- Software GEOMON pro gama spektrometr GT 40
- Software ArcGIS Pro
- Olověný box FAI UTB (forenzní laboratoř)

5.1 GT 40 – víceúčelový přenosný spektrometr gama

Víceúčelový přenosný spektrometr gama je určen pro detekci záření s vysokou citlivostí pro průzkum i pro stanovení obsahů a aktivit nuklidů. Tento detektor má citlivost detekce v rozsahu detekce od 15 keV do 3000 keV. Citlivost pro 1 MBq ^{137}Cs ve vzdálenosti 1 m je 386 imp/s.

Další parametry detektoru [18]:

- NaI(Tl) detektor, objem 345 cm^3 , průměr 76 x 76 mm, bi-alkalický fotonásobič
- DSP Linearizovaný spektrometr 1024 kanálový, 40 MHz. Odstraňovač superponovaných impulsů, rozlišovací schopnost 200 ns
- Automatická energiová kalibrace spektrometru na bázi přírodního pozadí záření draslíku ^{40}K , uranu ^{238}U , thoria ^{232}Th
- Algoritmus pro vyhodnocování obsahu nebo aktivit až 6 vybraných radionuklidů v různých geometriích
- Integrovaný GPS modul

- Integrovaný mikrofon pro hlasové záznamy
- Vnitřní nabíjecí Li-ion bateriový modul.

6 Povrchové měření přírodního ionizujícího záření v okolí obce Popůvky

Povrchové měření bylo zaměřeno na výskyt přírodních radionuklidů ve vybrané lokalitě Popůvky u Kojetína. Lokalita se nachází v nadmořské výšce 194 metrů s převládajícími severo-severozápadními větry. Perimetr měření byl jeden kilometr s převýšením 44 metrů. V této oblasti bylo prováděno měření množství výskytu primárních přírodních radionuklidů draslíku ^{40}K , uranu ^{238}U a thoria ^{232}Th . Měření se provádělo od února do května 2023. Počet měřících bodů byl stanoven na 125 při době měření 200 s.

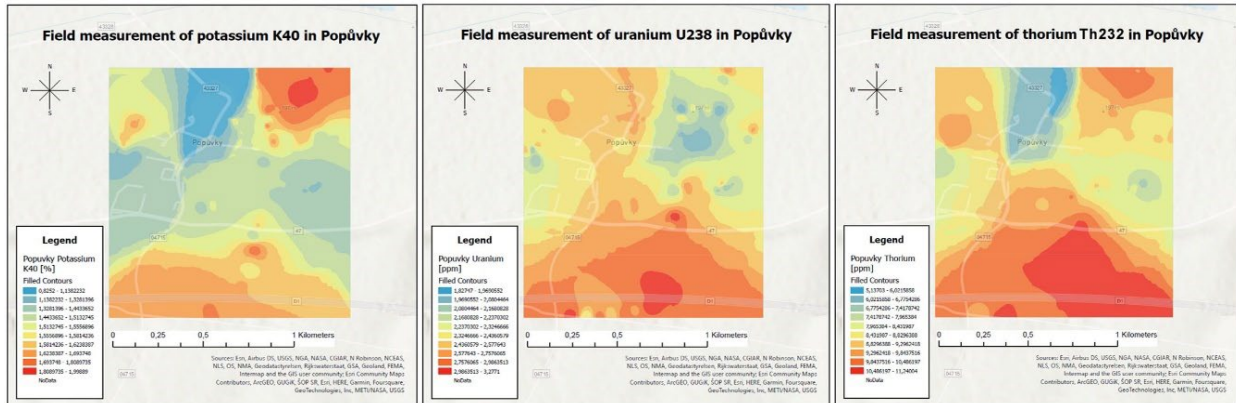


Obrázek 4. Měření přírodního ionizujícího záření v okolí obce Popůvky.

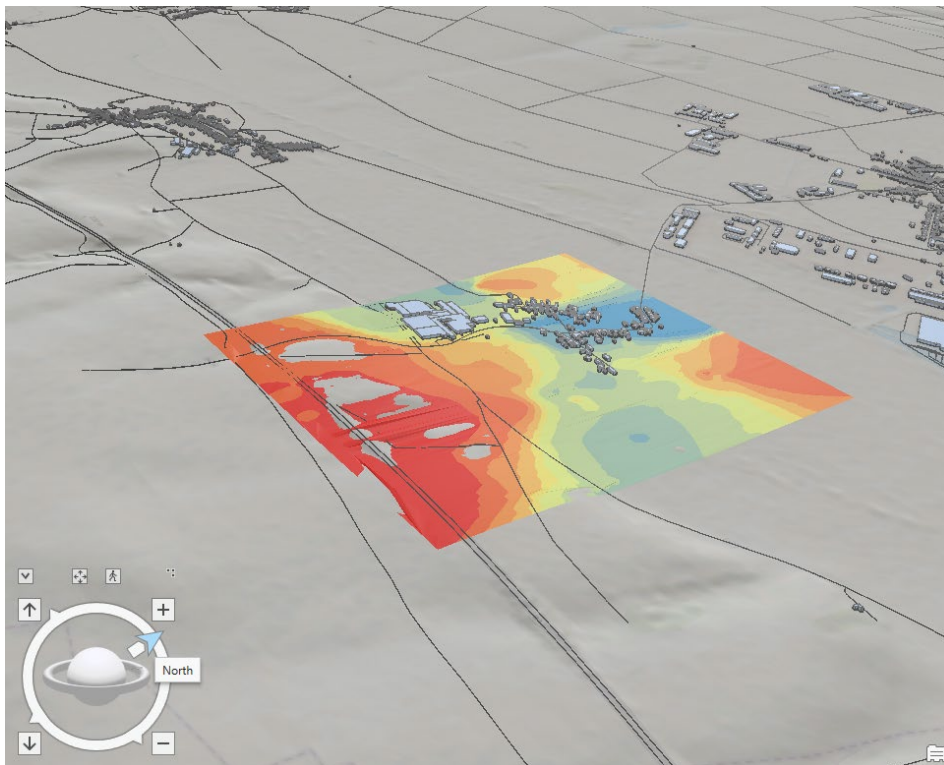
Naměřené průměrné hodnoty primordiálních radionuklidů:

- Draslíku ^{40}K – $(1,4 \pm 0,1)$ %
- Uranu ^{238}U – $(2,4 \pm 0,2)$ ppm
- Thorium ^{232}Th – $(8,5 \pm 0,4)$ ppm

Data byla importována do atributových tabulek v rámci softwaru ArcGIS Pro a dále vizualizována. Pomocí funkce IDW (Spatial Analyst) se zobrazují oblasti, které určují množství hodnot pro jednotlivé radionuklidy.



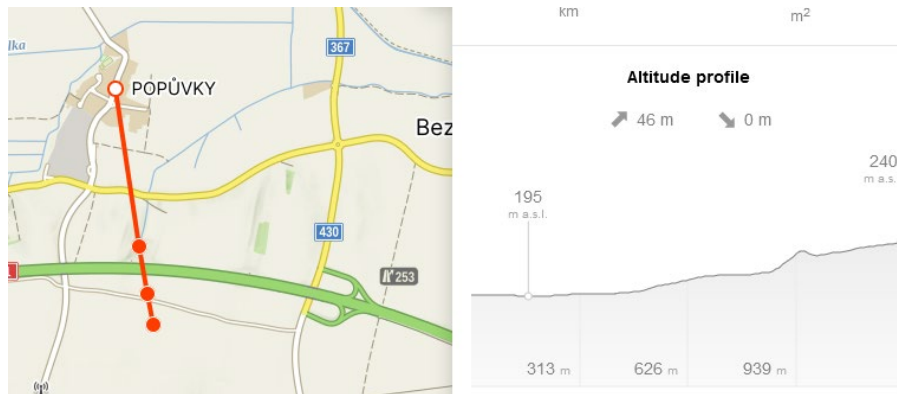
Obrázek 5. Vizualizovaná data z ArcGIS Pro. Povrchové měření draslíku ^{40}K , uranu ^{238}U a thoria ^{232}Th v okolí obce Popůvky.



Obrázek 6. 3D vizualizace ukazuje možný vliv lidské činnosti na koncentraci přírodních radionuklidů při spalování uhlí nebo používání fosfátových hnojiv.

6.1 Vyhodnocení povrchového měření přírodního ionizujícího záření v okolí obce Popůvky u Kojetína

Naměřené hodnoty a jejich povrchové rozložení poukazují na možnost vlivu lidské činnosti a jejího dopadu na radiační zatížení krajiny. Jedná se o vliv spalování uhlí a používání fosfátových hnojiv při zemědělské činnosti.



Obrázek 7. Výškový profil velkou měrou ovlivňuje radiální zatížení krajiny [19].

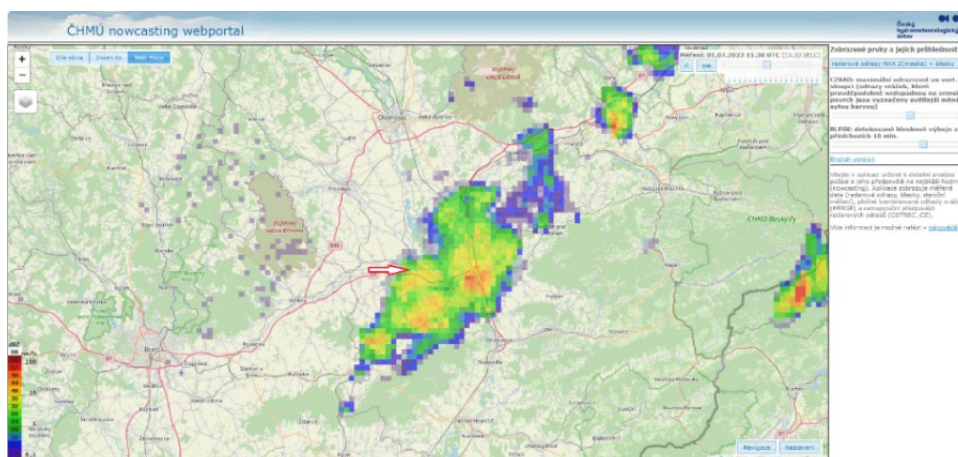
Při měření a pozorování krajiny okolo Popůvek se dospělo k závěru, že u spalování uhlí v této oblasti po dlouhou dobu docházelo k usazování přírodních radionuklidů na severní části Litenčické pahorkatiny. Tato část je patrná na vizualizaci z ArcGIS Pro. Hodnoty s největší koncentrací se nacházejí jižně od Popůvek a jsou zobrazeny červenou barvou.

Naměřené nejvyšší hodnoty přírodních nuklidů v oblasti Popůvky:

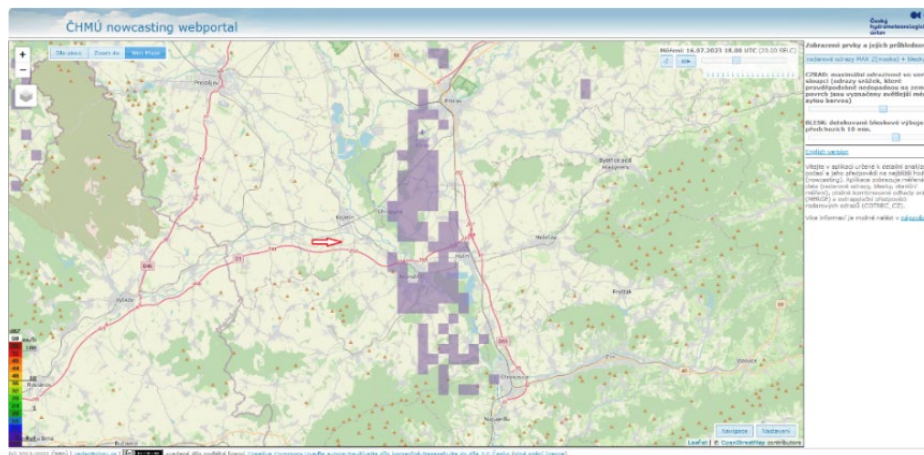
- Draslík ^{40}K – $(1,9 \pm 0,1)$ %
- Uran ^{238}U – $(3,3 \pm 0,2)$ ppm
- Thorium ^{232}Th – $(11,2 \pm 0,3)$ ppm

7 Povrchové měření cesia při klimatických změnách počasí

Povrchové měření cesia ^{137}Cs při meteorologických změnách počasí, mělo za cíl porovnat chování cesia ^{137}Cs při deštivém a slunečném počasí. Cesium ^{137}Cs patří do stejné chemické skupiny jako draslík. Při kontaminaci půdy se cesium podílí na aktivních bio ekologických cirkulačních procesech [20].



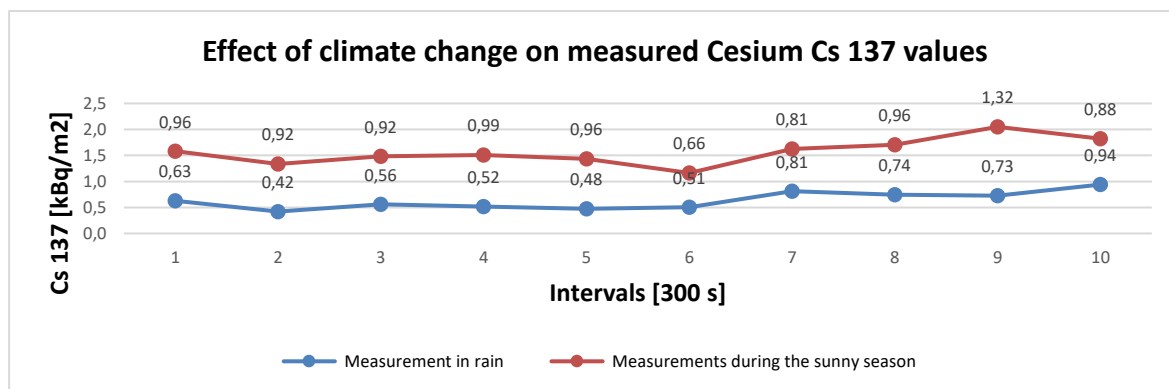
Obrázek 8. Meteorologická situace 1. 7. 2023 za deště nad měřenou oblastí Popůvky [21].



Obrázek 9. Meteorologická situace 16. 7. 2023 nad měřenou oblastí Popůvky [21].

Naměřené průměrné hodnoty:

- Déšť: Cesium ^{137}Cs – $(0,7 \pm 0,2)$ kBq/m²
- Slunečno: Cesium ^{137}Cs – $(1 \pm 0,1)$ kBq/m²



Obrázek 10. Vliv změny klimatu na naměřené hodnoty cesia ^{137}Cs .

7.1 Vyhodnocení měření cesia při klimatických změnách

Naměřené hodnoty ukazují vyšší hodnoty cesia ^{137}Cs při suchém klimatu. Při deštivém počasí dochází k eliminaci cesia v atmosféře, a tudíž jsou hodnoty naměřeného cesia ^{137}Cs nižší než při suchém a prašném období. Nicméně dle japonské studie může docházet také k cirkulačním procesům vyvolaným deštěm v lesním prostředí [20].

8 Měření vzorků přírodní a umělé radioaktivity z výkopu

Výkop byl prováděn v lokalitě Popůvky u Kojetína. Podmínkou bylo vybrat lokalitu, která nebyla obdělávaná minimálně 70 let. Za takovou lokalitu byl zvolen sad na soukromém pozemku. Tento pozemek je oplocen a zajišťuje nerušenou práci.



Obrázek 11. Vybraný a označený prostor pro provedení geologické mikrosondy.

Místo pro výkop bylo vybráno nedaleko pokáceného švestkového stromu, který byl skácen v roce 2016. Pro přesnější datování bylo provedeno odebrání vzorku z pařezu pokácené švestky. Na základě dobře viditelných letokruhů se stanovila přibližná doba výsadby stromu na rok 1911 a přibližné stáří stromu na 105 let.



Obrázek 12. Prostor výkopu s odebraným vzorkem pařezu a dle letokruhů vyznačené zásadní datové údaje.

Velikost výkopu byl stanoven na 1 x 1 x 1,3 metru. Pomocí laserové vodováhy, svinovacího metru a měřicí latě byla přesně měřena tloušťka jednotlivých vrstev.



Obrázek 13. Postup a měření odběru jednotlivých vrstev.

8.1 Archeologické posouzení jednotlivých vrstev a jejich datace

Při výkopových pracích byly nacházeny střepy keramiky, pěstní klíny, úlomky kostí a kovové předměty. Všechny nálezy se zdokumentovaly a označily, v kterých vrstvách byly nalezeny.



Obrázek 14. Dokumentování nálezů přímo ve vrstvách.

Pro datování jednotlivých vrstev a vytvoření rámcové časové osy byla celá fotodokumentace nálezů zaslána do Vlastivědného muzea v Olomouci na Historický ústav. Archeolog PhDr. Lukáš Hlubek datoval nálezy v rozmezí středověku až po mladší dobu kamennou (neolit). Dále jsem oslovil Muzeum Komenského v Přerově, pro ověření prvotního datování. Archeolog Mgr. Zdeněk Schenk, PhD. potvrdil datování nálezů.

8.2 Radiokarbonová datace vybraných úlomků kostí z jednotlivých vrstev

Důležitou roly pro stanovení časové osy vrstev hrály nálezy úlomků kostí v některých vrstvách geologické mikrosondy.

Jednalo se o úlomky kostí v hloubkách 0,53 m; 0,63 m; 0,73 m; 0,75 m; 0,8 m; 0,83 m; 0,85 m; 0,93 m; 0,95 m a 1m.

Tyto úlomky kostí byly zaslány do České radiouhlíkové laboratoře. Jedná se o společné pracoviště Ústavu jaderné fyziky AV ČR a Archeologického ústavu AV ČR [22].

9 Venkovní měření vzorků z výkopu

Pro měření hodnot ze vzorků bylo stanoveno místo blíž zástavby z důvodu možných povětrnostních podmínek. Před samotným měřením vzorků se provedlo měření pozadí, aby při samotném vyhodnocování dat bylo možné tuto hodnotu odečíst a dosáhlo se tak přesnějších výsledků.



Obrázek 15. Prostor pro měření.

Průměrné naměřené hodnoty pozadí:

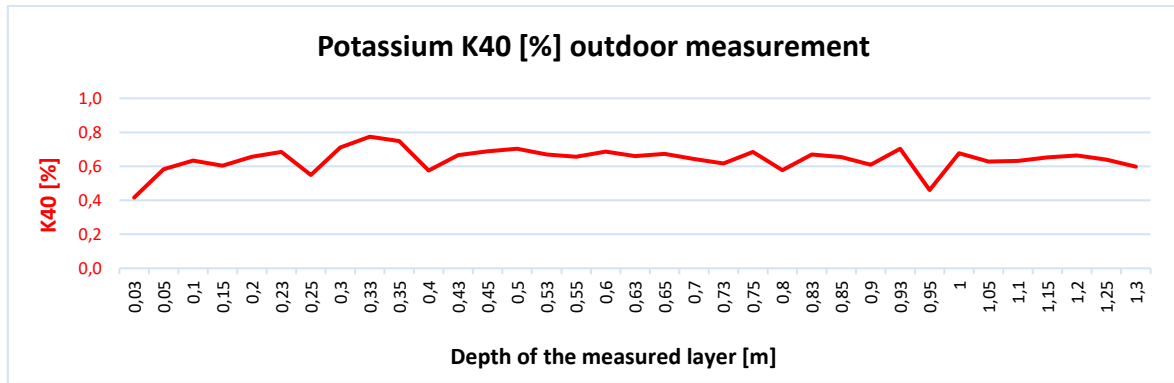
- Draslík ^{40}K – $(2 \pm 0,1) \%$
- Uran ^{238}U – $(2,9 \pm 0,2) \text{ ppm}$
- Thorium ^{232}Th – $(9,7 \pm 0,3) \text{ ppm}$
- Cesium ^{137}Cs – $(0,5 \pm 0,1) \text{ kBq/m}^2$

9.1 Výsledky měření draslíku ^{40}K , uranu ^{238}U , thoria ^{232}Th z výkopu

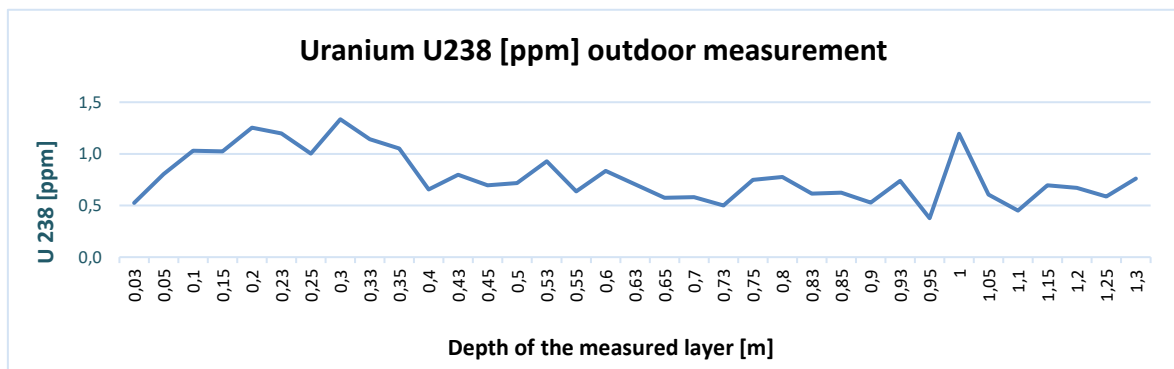
Při práci v terénu bylo dbáno o co nejpřesnější měření a dokumentování postupů. Při vyhodnocování dat se provádělo měření pro každou vrstvu v intervalech po deseti s dobou trvání 300 sekund. Celková hmotnost vykopané a změřené zeminy byla 2 tuny.

Nejvyšší naměřené hodnoty primordiálních radionuklidů z geologické mikrosondy:

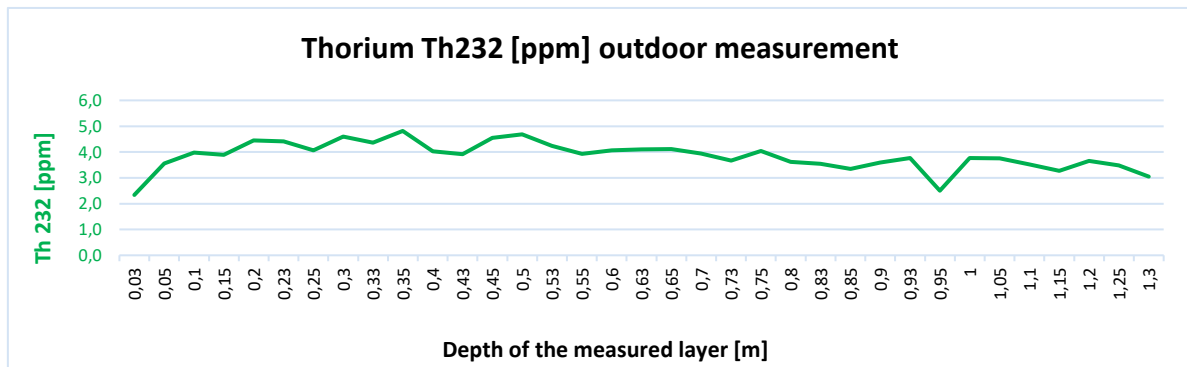
- Draslík ^{40}K – $(0,8 \pm 0,1) \%$, vrstva 9, hloubka 0,33 m.
- Uran ^{238}U – $(1,3 \pm 0,2) \text{ ppm}$, vrstva 8, hloubka 0,3 m.
- Thorium ^{232}Th – $(4,8 \pm 0,3) \text{ ppm}$, vrstva 8, hloubka 0,35 m.



Obrázek 16. Draslík ^{40}K , venkovní měření



Obrázek 17. Uran ^{238}U , venkovní měření.



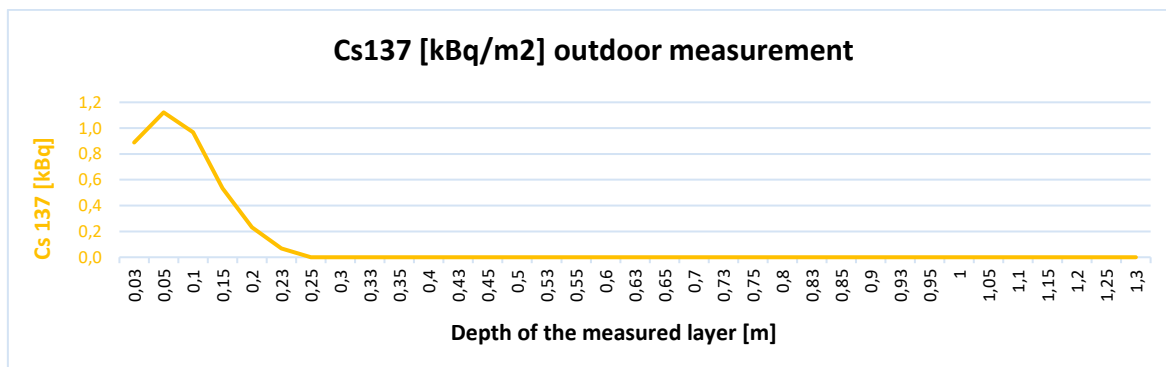
Obrázek 18. Thorium ^{232}Th , venkovní měření.

9.2 Výsledky měření hodnot cesia ^{137}Cs

Při venkovním měření se naměřily hodnoty cesia ^{137}Cs až do hloubky 0,23 m. Jedná se o vertikální migraci cesia v nenarušených půdních vrstvách.

Nejvyšší naměřené hodnoty antropogenních radionuklidů z geologické mikrosondy:

- Cesium ^{137}Cs – $(1,1 \pm 0,2)$ kBq/m², vrstva 2, hloubka 0,05 m.



Obrázek 19. Cesium ^{137}Cs , venkovní měření.

Dále byly jednotlivé vrstvy převezeny a zvlášť uloženy na pozemek po dobu dvou měsíců.

10 Měření vzorků přírodní a umělé radioaktivity z výkopu v laboratorních podmínkách

Laboratorní měření se provádělo na Fakultě aplikované informatiky UTB v laboratoři forenzních věd.



Obrázek 20. Laboratorní měření na Fakultě aplikované informatiky UTB v laboratoři forenzních věd.

Pro laboratorní měření byla stanovena hmotnost pro jednotlivou vrstvu 6 kg. Každá vrstva byla zvážena a vložena do plastového pytle, který byl označen číslem vrstvy. Celková váha měřených vzorků přemístěných do laboratoře byla 210 kg.



Obrázek 21. Měření jednotlivých vrstev v olověném boxu.

Průměrné hodnoty pozadí v olověném boxu:

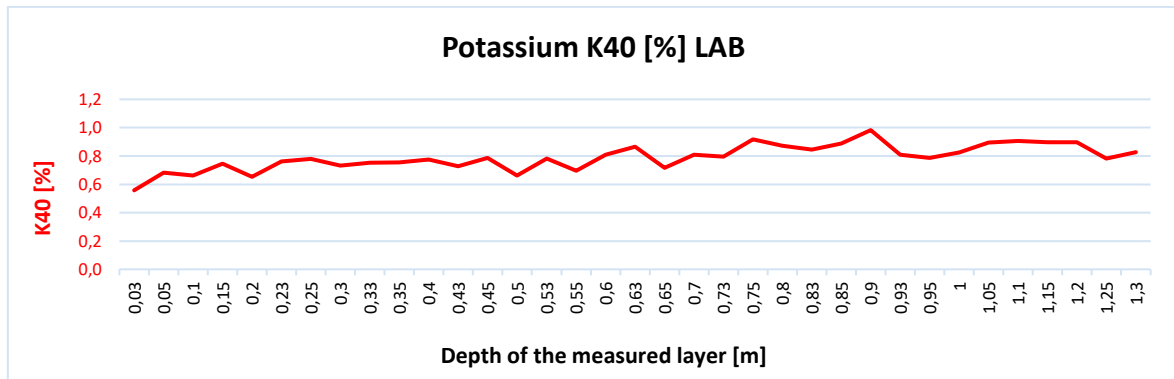
- Draslík ^{40}K – $(0,2 \pm 0,1)$ %
- Uran ^{238}U – $(0,2 \pm 0,1)$ ppm
- Thorium ^{232}Th – $(0,7 \pm 0,1)$ ppm

- Cesium ^{137}Cs - $(0,1 \pm 0,1) \text{ kBq/m}^2$

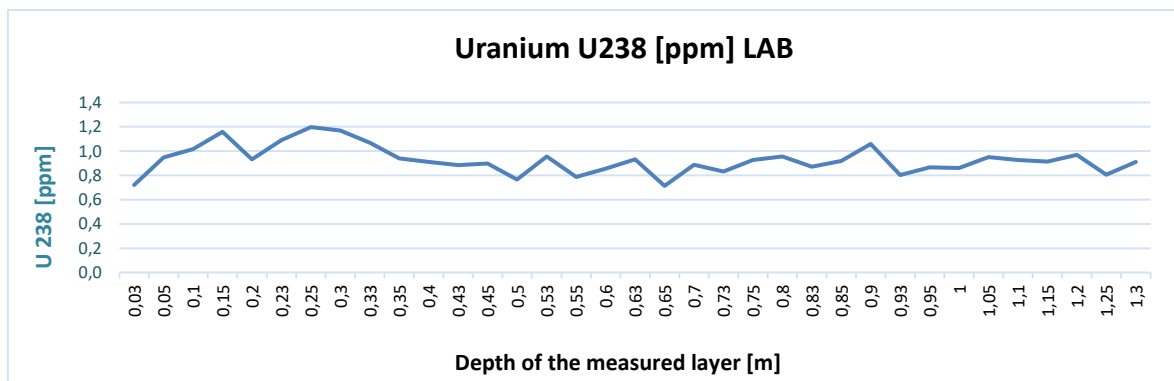
10.1 Výsledky měření jednotlivých vrstev při laboratorním měření

Nejvyšší naměřené laboratorní hodnoty primordiálních radionuklidů z geologické mikrosondy:

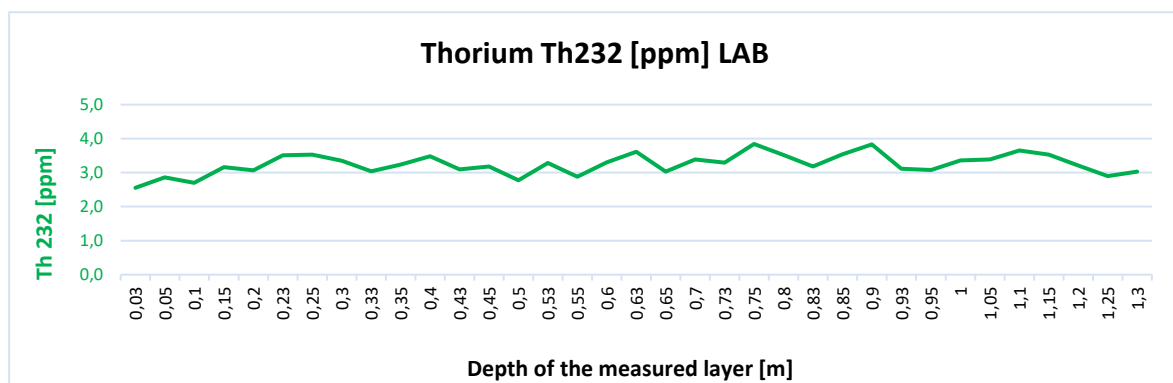
- Draslík ^{40}K - $(1,0 \pm 0,1) \%$, vrstva 18, hloubka 0,9 m.
- Uran ^{238}U - $(1,2 \pm 0,1) \text{ ppm}$, vrstva 7, hloubka 0,25 m.
- Thorium ^{232}Th - $(3,8 \pm 0,2) \text{ ppm}$, vrstva 22, hloubka 0,75 m.



Obrázek 22. Draslík ^{40}K , laboratorní měření.



Obrázek 23. Uran ^{238}U , laboratorní měření.



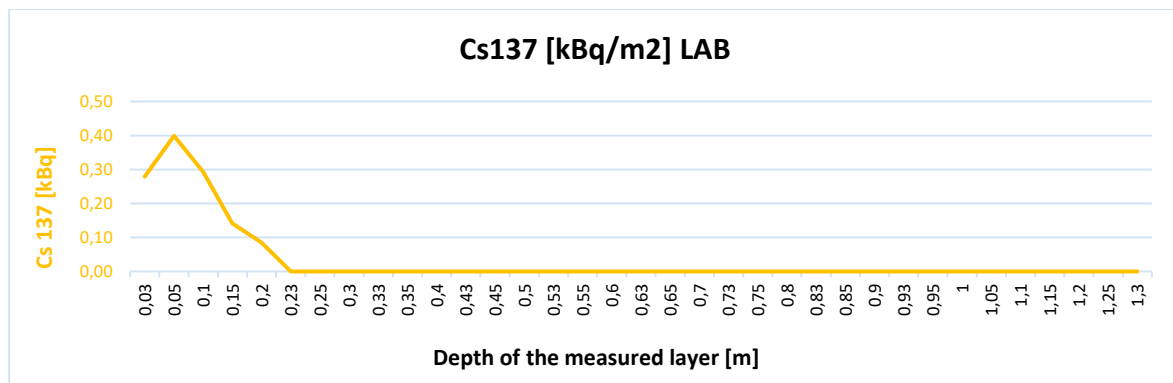
Obrázek 24. Thorium ^{232}Th , laboratorní měření.

Nejvyšší naměřená hodnota cesia je v hloubce 0,05 m a představuje 33 % z celkového množství. V 1 kg půdy je $0,07 \text{ kBq/m}^2$ nebo $0,001 \text{ m}^3$ obsahuje $0,07 \text{ kBq/m}^2$.

Nejvyšší naměřené hodnoty antropogenních radionuklidů z geologické mikrosondy:

- Cesium ^{137}Cs – $(0,4 \pm 0,1) \text{ kBq/m}^2$, vrstva 2, hloubka 0,05 m.

Při měření nálezů byla naměřena v hloubce 0,85 m hodnota cesia ^{137}Cs $(0,0008 \pm 0,1) \text{ kBq/m}^2$. Naměření cesia ^{137}Cs v takové hloubce může mít spojitost s kořenovým systémem stromů, který prorůstal napříč vrstvami výkopu [12].



Obrázek 25. Cesium ^{137}Cs , laboratorní měření.

11 Srovnání venkovních a laboratorních měření jednotlivých vrstev

Při porovnání venkovních a laboratorních měření se projevila systematická chyba v naměřených hodnotách.

K výpočtu chyby měření byl použit následující vzorec:

Naměřená hodnota: MV

Skutečná hodnota: AV

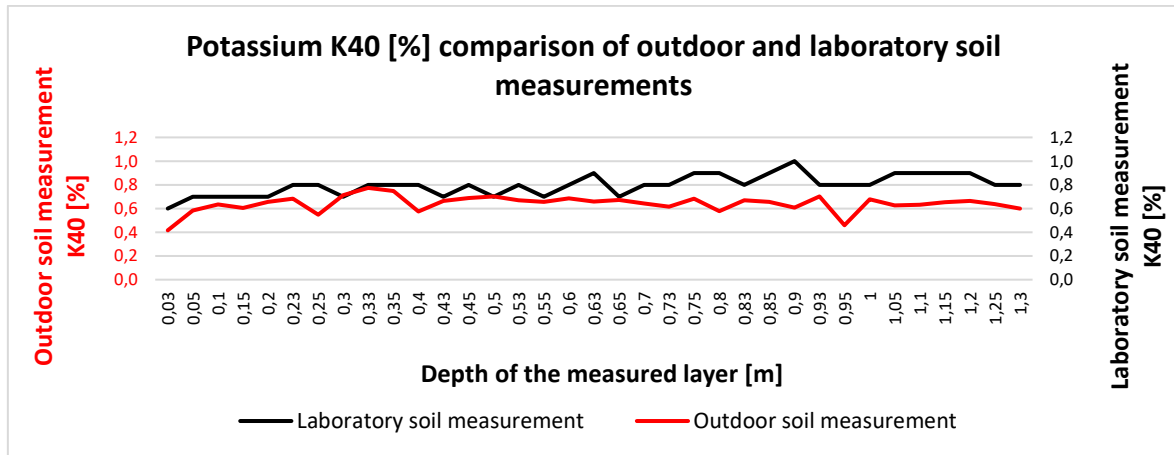
Absolutní chyba: $\Delta = MV - AV$

Procentuální chyba:

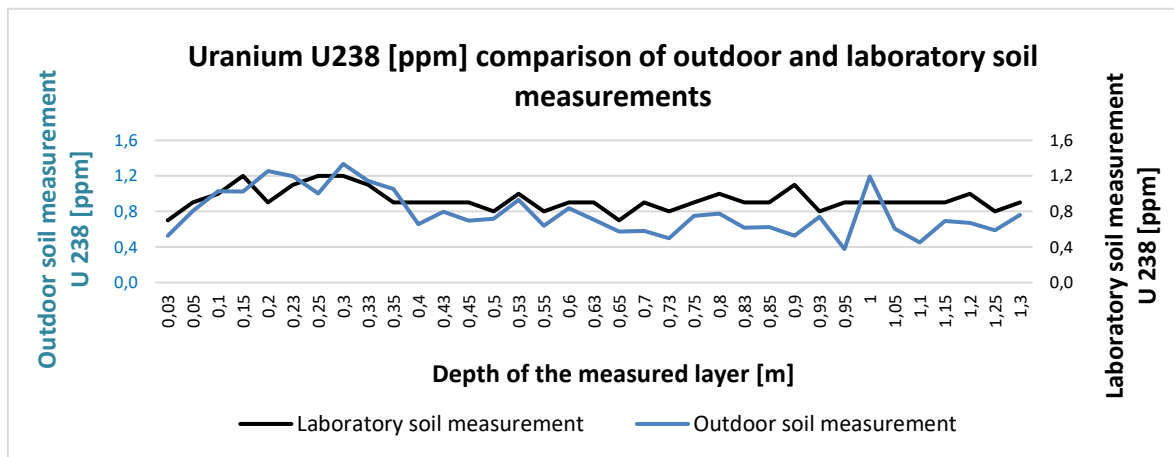
$$\delta = \frac{\Delta}{AV} \times 100 \quad (1.1)$$

Procentuální chyba mezi venkovním a laboratorním měřením:

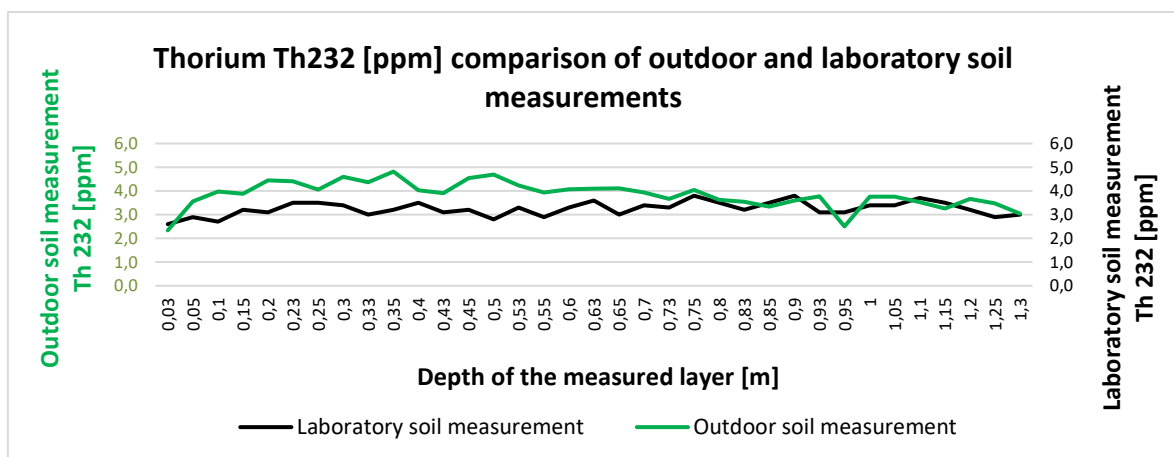
- Draslík ^{40}K – 19 %
- Uran ^{238}U – 16 %
- Thorium ^{232}Th – 19 %



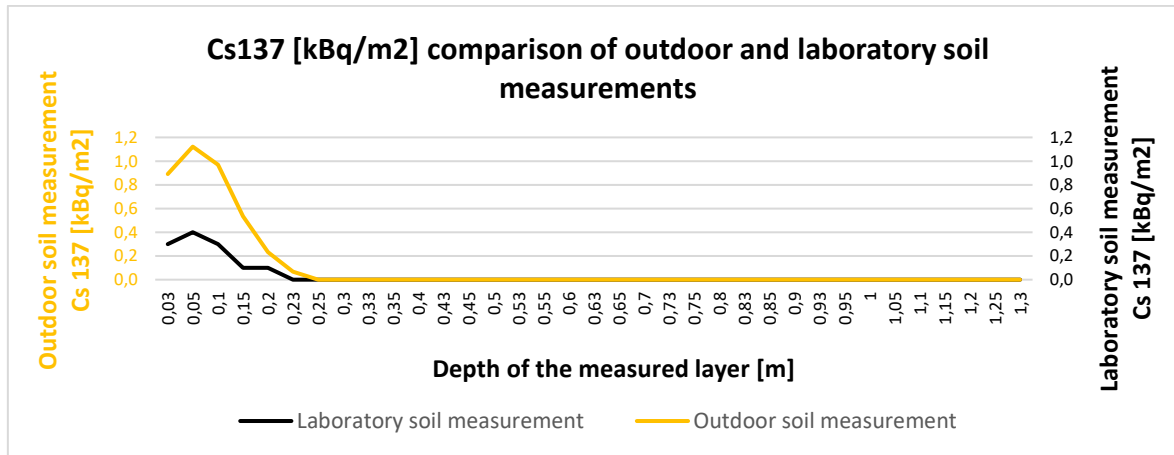
Obrázek 26. Porovnání měřených hodnot draslíku ^{40}K pro venkovní a laboratorní měření.



Obrázek 27. Porovnání měřených hodnot uranu ^{238}U pro venkovní a laboratorní měření.



Obrázek 28. Porovnání měřených hodnot thoria ^{232}Th pro venkovní a laboratorní měření.

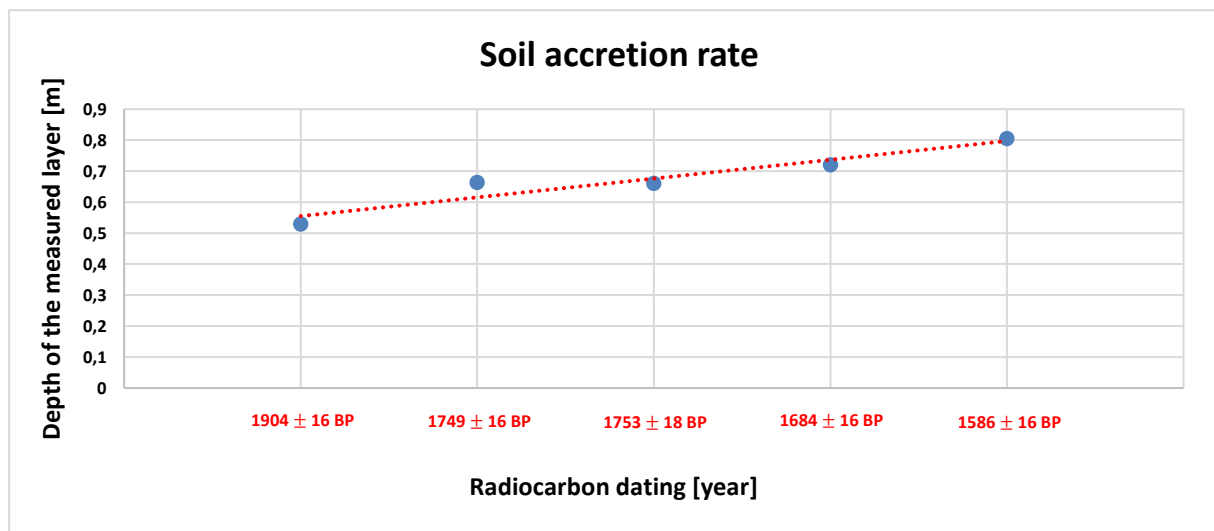


Obrázek 29. Porovnání měřených hodnot cesia ¹³⁷Cs pro venkovní a laboratorní měření.

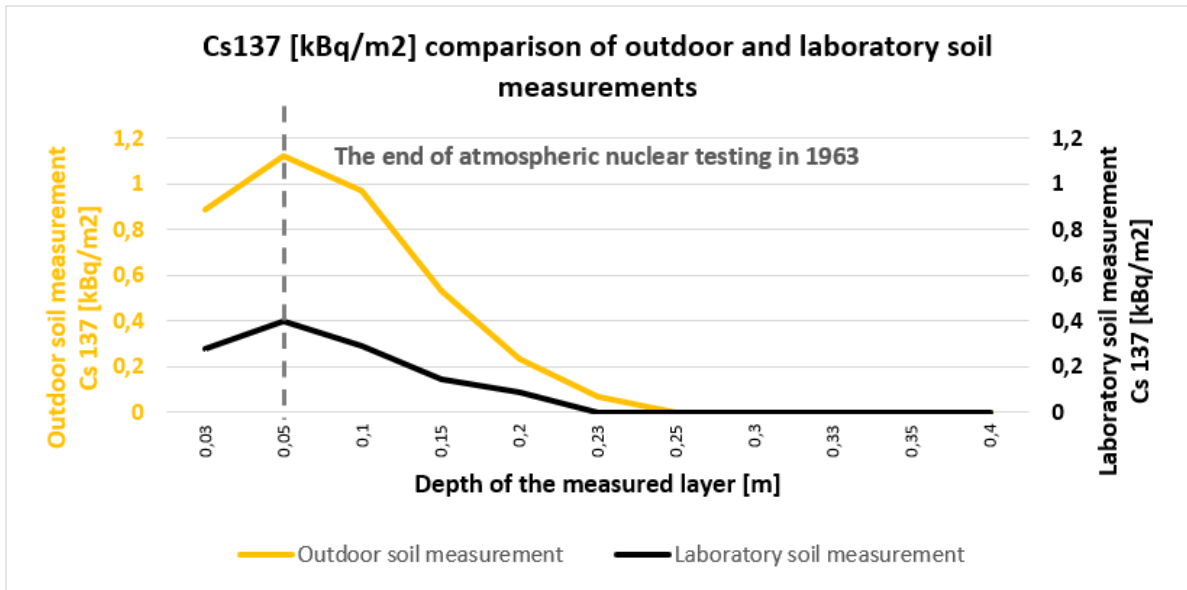
11.1 Vytvoření časové osy z výsledků radiokarbonové datace

Při vytvoření časové osy pro nálezy kostí z jednotlivých vrstev je nutné přihlídnout k míře nejistoty. Tato nejistota měření se vztahuje na jakostní hodnocení koncentrace kostního kolagenu. Kostní vzorky se svou hodnotou jakosti pohybovaly v rozmezí od 4,5 do 5,5. V tomto případě se jedná o opatrné nakládání s výsledkem datování.

Pro přiřazení datace vrstev s obsahem cesia ¹³⁷Cs se vycházelo z radiokarbonové datace kostních nálezů pro hloubky: 0,53 m (1904 ± 16) BP; 0,63 m (1749 ± 16) BP; 0,73 m (1753 ± 18) BP; 0,75 m (1684 ± 16) BP a 0,8 m (1586 ± 16) BP. Pro stanovení nárůstu půdy byl použit matematický model lineární regrese. Nárůst půdy byl určen na 9×10^{-4} . Z toho vyplývá, že 1 mm půdy v dané lokalitě se vytvoří přibližně za 1 rok.



Obrázek 30. Nárůst půdy v dané lokalitě pro časové období, 1mm za 1 rok.



Obrázek 31. Porovnání měřených hodnot cesia ^{137}Cs pro venkovní a laboratorní prostředí. Přiřazená časová osa pro dataci jednotlivých vrstev cesia ^{137}Cs .

Výpočet rychlosti rozpadu cesia ^{137}Cs :

$T =$ poločas přeměny cesium $^{137}\text{Cs} = 30,17$ let

$\lambda = ?$ (přeměnová konstanta, jednotka s^{-1})

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T} \quad (1.2)$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{30.17} = 0.023 \text{ s}^{-1}$$

Cesium ^{137}Cs se rozpadá rychlostí 0.023 s^{-1} za rok.

Výpočet doby rozpadu cesia ^{137}Cs na 0,1 % své hodnoty:

$T =$ poločas přeměny cesium $^{137}\text{Cs} = 30,17$ let

$N = 0,1\%N_0, N = 10^{-3} N_0$

$2^{10} = 1024 = 10^3$

$t = ?$ (doba rozpadu)

$$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} \quad (1.3)$$

$$10^{-3}N_0 = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

$$10^{-3} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

$$10^3 = 2^{\frac{t}{T}}$$

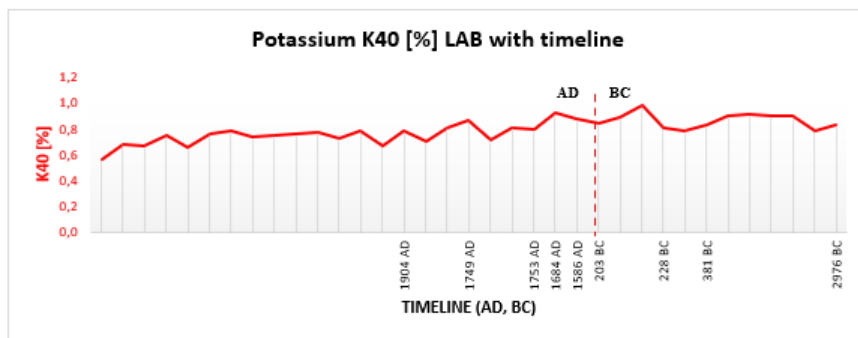
$$2^{10} = 2^{\frac{t}{T}} \rightarrow \frac{t}{T} = 10 \rightarrow t = 10 \cdot T$$

$$t = 10 \cdot 30,17 = 301 \text{ let}$$

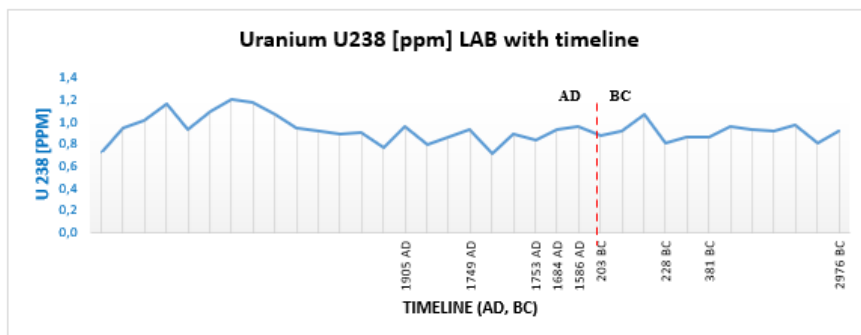
Cesium ^{137}Cs dosáhne hodnoty 0,1 % za 301 let.

Nejvyšší hodnota cesia ^{137}Cs se vyskytuje v hloubce 0,05 cm s časovou datací roku 1963 ± 16 let. K tomuto roku se vztahuje výpočet poločasu rozpadu pro poslední atmosférický jaderný test, který se uskutečnil v roce 1963. **Pokud vycházíme z posledního atmosférického testu v roce 1963 ± 16 , bude kontaminace cesiem ^{137}Cs v dané lokalitě na hodnotě 0,1 % v roce 2263 ± 16 .**

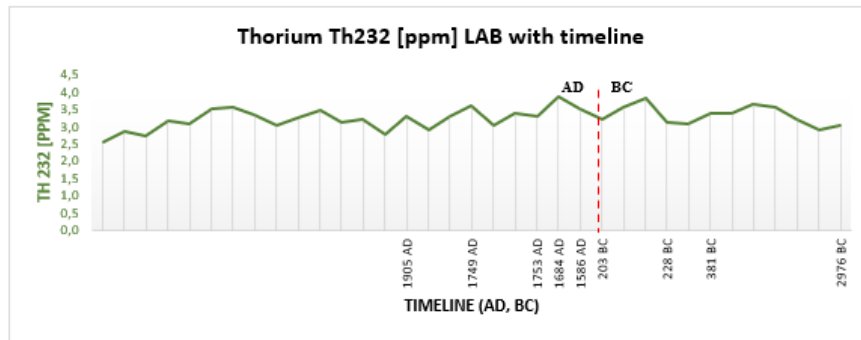
Další přidanou hodnotou radiouhlíkové datace bylo přiřazení přibližné časové osy k primordiálním radionuklidům z historického pohledu. Zde se nabízí další možné rozpracování vlivu lidské činnosti a přírodních procesů na radiační zatížení krajiny. Mezi přírodní vlivy můžeme řadit například klimatické změny a vulkanickou činnost na severní polokouli v minulosti.



Obrázek 32. Hodnoty laboratorního měření draslíku ^{40}K a přibližné datování kostních nálezů v jednotlivých vrstvách.



Obrázek 33. Obrázek 98. Hodnoty laboratorního měření uranu ^{238}U a přibližné datování kostních nálezů v jednotlivých vrstvách.



Obrázek 34. Hodnoty laboratorního měření thoria ^{232}Th a přibližné datování kostních nálezů v jednotlivých vrstvách.

12 Závěr

Práce byla zaměřena na měření primordiálních a antropogenních radionuklidů v dané lokalitě. Při měření jsem se snažil o co nejpřesnější zaznamenávání hodnot a dodržování pracovních postupů, které byly převzaty z různých vědních oborů. Při práci bylo využíváno konzultací se stavebním úřadem v Kojetíně, archeology z Historického ústavu Vlastivědného muzea v Olomouci a terénními archeology z Muzea Komenského v Přerově. Dále bylo využíváno doporučení geologů z Muzea jihovýchodní Moravy ve Zlíně. Při analýze dat se dospělo k závěru, že krajina v okolí Popůvek u Kojetína je radiačně zatížena vlivem lidské činnosti. V první řadě se jedná o lokální znečištění primordiálními radionuklidy při spalování uhlí a využívání fosfátových hnojiv. Dále se jedná o globální vliv atmosférických testů jaderných zbraní v rámci severní polokoule, jejichž důsledky jsou měřitelné dodnes. V tomto případě se jedná o výskyt cesia ^{137}Cs v dané lokalitě. Tyto testy dodnes negativně ovlivňují životní prostředí a lidské zdraví a budou ovlivňovat ještě minimálně 240 let. V poslední řadě se jedná o havárii černobylské jaderné elektrárny, jenž má pro danou oblast zanedbatelný dopad.

Pro ucelenější pohled na radiační zatížení dané oblasti a přesného vyhodnocování naměřených dat, by bylo zapotřebí pro povrchové měření větší zkoumaný perimetr. S rozšířením měřené oblasti souvisí také větší počet měřených bodů. Čím větší počet bodů, tím přesnější vizualizace. V případě měření vrstev ve výkopu by bylo nutné odběru tenčích vrstev například odběru pomocí seškrabávání po 0,005 m. V případě cesia ^{137}Cs by byla dostačující hloubka výkopu 0,3 m. Při studiu migrace cesia ^{137}Cs se může jednat o větší hloubku. Velkým přínosem by bylo také provádění geologických mikrosond v různých půdních druzích. V tomto případě by se mohla vytvořit poznatková databáze o chování antropogenních radionuklidů v jednotlivých půdních profilech.

Během práce se řešilo zpracování velkého množství dat. Data byla získávána po dobu 6 měsíců. Pro podrobnější, přesnější a déle trvající měření by byl nutný informační systém, jehož součástí by byla SQL databáze. Tento systém by měl umět import dat z různých měřicích zařízení, ale také export dat například pro mapové vizualizace. Přínosem by byla možnost propojení s dalšími systémy různých vědních oborů jako jsou například geologie, meteorologie a pedologie. Data, která by byla takto zpracována a vyhodnocena by mohla najít využití při možných krizových situacích. Jednalo by se například o jaderné havárie, teroristické útoky na měkké cíle s využitím špinavé bomby nebo při možném použití jaderných zbraní.

Reference

- [1] *Natural and Man-made radiation sources*. Online. POLIMASTER. Dostupné z: <https://polimaster.com/us/articles/radiation-safety-basics/natural-and-man-made-radiation-sources/>. [cit. 2024-02-10].
- [2] PASTEFANOU, Constantin. Escaping radioactivity from coal-fired power plants (CPPs) due to coal burning and the associated hazards: a review. Online. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2010, roč. 101, č. 3, s. 191-200. ISSN 0265931X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2009.11.006>. [cit. 2024-04-21].
- [3] DE BORTOLI, M.; GAGLIONE, P.; MALVICINI, A. a VAN DER STRICHT, E. PLUTONIUM-239 AND 238, STRONTIUM-90 AND CESIUM-137 IN SURFACE AIR FROM MID 1961 THROUGH 1965. Online. *Proceedings of the First International Congress of Radiation Protection*. 1968, s. 361-367. ISBN 9781483283128. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-1-4832-8312-8.50067-9>. [cit. 2024-02-14].
- [4] MATSUDA, Norihiro; MIKAMI, Satoshi; SHIMOURA, Susumu; TAKAHASHI, Junko; NAKANO, Masakazu et al. Depth profiles of radioactive cesium in soil using a scraper plate over a wide area surrounding the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant, Japan. Online. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2015, roč. 139, s. 427-434. ISSN 0265931X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2014.10.001>. [cit. 2024-03-10].
- [5] HU, Qin-Hong; WENG, Jian-Qing a WANG, Jin-Sheng. Sources of anthropogenic radionuclides in the environment: a review. Online. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2010, roč. 101, č. 6, s. 426-437. ISSN 0265931X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2008.08.004>. [cit. 2024-02-09].
- [6] PODZIMEK, František. *Radiologická fyzika*. 2. vydání. V Praze: České vysoké učení technické. ISBN 978-80-01-06900-4. citace 2
- [7] PODZIMEK, František. *Radiologická fyzika*. V Praze: České vysoké učení technické, 2022. ISBN 978-80-01-06971-4.
- [8] *Uran, deuterium nebo thorium?* Online. Aldebaran Bulletin. 2021. Dostupné z: https://www.aldebaran.cz/bulletin/2021_37_tho.php. [cit. 2024-02-14].
- [9] *JADERNÁ A RADIAČNÍ BEZPEČNOST*. Online. CEZ. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/nuklearni/k34.htm>. [cit. 2024-02-14].
- [10] *Radioactive ash from coal power plants*. Online. European Parliament. 2022. Dostupné z: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/E-9-2022-003567_EN.html. [cit. 2024-02-14].
- [11] VOGEL, Christian; HOFFMANN, Marie C.; TAUBE, Mareike C.; KRÜGER, Oliver; BARAN, Rafal et al. Uranium and thorium species in phosphate rock and sewage sludge ash based phosphorus fertilizers. Online. *Journal of Hazardous Materials*. 2020, roč. 382. ISSN 03043894. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121100>. [cit. 2024-02-14].
- [12] MATSUOKA, Kaori; MORITSUKA, Naoki; NUKADA, Mitsuhiko a SATO, Mamoru. Continuous nitrogen fertilization retards the vertical migration of Fukushima nuclear accident-derived

- cesium-137 in apple orchard soil. Online. *Science of The Total Environment*. 2020, roč. 731. ISSN 00489697. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138903>. [cit. 2024-03-14].
- [13] *Ending Nuclear Testing*. Online. United Nations. Dostupné z: <https://www.un.org/en/observances/end-nuclear-tests-day/history>. [cit. 2024-02-14].
- [14] OHTSUKA, Yoshihito; AOYAMA, Michio; TAKAKU, Yuichi; IGARASHI, Yasuhito; HATTORI, Michinari et al. $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ and $^{242}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ atom ratios of Japanese monthly atmospheric deposition samples during 1963–1966. Online. *Scientific Reports*. 2019, roč. 9, č. 1. ISSN 2045-2322. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44352-7>. [cit. 2024-02-14].
- [15] *Number of nuclear weapons tests*. Online. Our World in Data. 2024. Dostupné z: <https://ourworldindata.org/grapher/number-of-nuclear-weapons-tests>. [cit. 2024-02-18].
- [16] *GEOCHEMICAL JOURNAL*. Online. 1983, roč. 17, č. 2. 1983. ISSN 0016-7002. Dostupné z: http://www.jstage.jst.go.jp/article/geochemj1966/17/2/17_2_63/_article. [cit. 2024-02-19].
- [17] *UNSCEAR 1982 Report, Report to the General Assembly with Scientific Annexes*. Online. United Nations. 1982. Dostupné z: <https://www.unscear.org/unscear/en/publications/1982.html>. [cit. 2024-03-13].
- [18] *GT-40R7*. Online. Georadis. 2016. Dostupné z: <http://data.georadis.com/data/gt40/manual/GT-40R7.pdf>. [cit. 2024-03-23].
- [19] *Popůvky – Measurement*. Online. Mapy.cz. 2024. Dostupné z: <https://en.mapy.cz/zakladni?mereni-vzdalenosti&rm=97KNqx8hAcgQ03OhT0ftR0fZF&x=17.2586464&y=49.3369917&z=14>. [cit. 2024-03-26].
- [20] KITA, Kazuyuki; IGARASHI, Yasuhito; KINASE, Takeshi; HAYASHI, Naho; ISHIZUKA, Masahide et al. Rain-induced bioecological resuspension of radiocaesium in a polluted forest in Japan. Online. *Scientific Reports*. 2020, roč. 10, č. 1. ISSN 2045-2322. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72029-z>. [cit. 2024-03-26].
- [21] *ČHMÚ nowcasting webportal*. Online. Český hydrometeorologický ústav. 2022. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/rad/inca-cz/short.html>. [cit. 2024-03-26].
- [22] *Radiouhliková laboratoř*. Online. Ústav jaderné fyziky AV ČR. Dostupné z: https://www.ujf.cas.cz/cs/nase-sluzby/radiouhlikova_laborator/O_nas/. [cit. 2024-04-03].

Seznam obrázků	
Obrázek 1. Dusíkaté hnojiva a jejich vliv na vertikální migraci cesia 137Cs [12].	2
Obrázek 3. Intenzita jaderných zkoušek od roku 1945 do roku 2022. Graf zobrazuje na svislé ose počet jaderných testů a na vodorovné ose jednotlivé roky [15].	3
Obrázek 4. Meteorologická data vzdušné migrace radioaktivních izotopů při čínském atmosférickém jaderném testu 16. října 1980 [17].	3
Obrázek 5. Měření přírodního ionizujícího záření v okolí obce Popůvky.	5
Obrázek 6. Vizualizovaná data z ArcGIS Pro. Povrchové měření draslíku 40K, uranu 238U a thoria 232Th v okolí obce Popůvky.	6
Obrázek 7. 3D vizualizace ukazuje možný vliv lidské činnosti na koncentraci přírodních radionuklidů při spalování uhlí nebo používání fosfátových hnojiv.	6
Obrázek 8. Výškový profil velkou měrou ovlivňuje radiační zatížení krajiny [19].	7
Obrázek 9. Meteorologická situace 1. 7. 2023 za deště nad měřenou oblastí Popůvky [21].	7
Obrázek 10. Meteorologická situace 16. 7. 2023 nad měřenou oblastí Popůvky [21].	8
Obrázek 11. Vliv změny klimatu na naměřené hodnoty cesia 137Cs.	8
Obrázek 12. Vybraný a označený prostor pro provedení geologické mikrosondy.	9
Obrázek 13. Prostor výkopu s odebraným vzorkem pařezu a dle letokruhů vyznačené zásadní datové údaje.	9
Obrázek 14. Postup a měření odběru jednotlivých vrstev.	10
Obrázek 15. Dokumentování nálezů přímo ve vrstvách.	10
Obrázek 16. Prostor pro měření.	11
Obrázek 17. Draslík 40K, venkovní měření.	12
Obrázek 18. Uran 238U, venkovní měření.	12
Obrázek 19. Thorium 232Th, venkovní měření.	12
Obrázek 20. Cesium 137Cs, venkovní měření.	13
Obrázek 21. Laboratorní měření na Fakultě aplikované informatiky UTB v laboratoři forezních věd.	13
Obrázek 22. Měření jednotlivých vrstev v olověném boxu.	13
Obrázek 23. Draslík 40K, laboratorní měření.	14
Obrázek 24. Uran 238U, laboratorní měření.	14
Obrázek 25. Thorium 232Th, laboratorní měření.	14
Obrázek 26. Cesium 137Cs, laboratorní měření.	15
Obrázek 27. Porovnání měřených hodnot draslíku 40K pro venkovní a laboratorní měření.	16
Obrázek 28. Porovnání měřených hodnot uranu 238U pro venkovní a laboratorní měření.	16

Obrázek 29. Porovnání měřených hodnot thoria ^{232}Th pro venkovní a laboratorní měření.	16
Obrázek 30. Porovnání měřených hodnot cesia ^{137}Cs pro venkovní a laboratorní měření.....	17
Obrázek 31. Nárůst půdy v dané lokalitě pro časové období, 1mm za 1 rok.....	17
Obrázek 32. Porovnání měřených hodnot cesia ^{137}Cs pro venkovní a laboratorní prostředí. Přiřazená časová osa pro dataci jednotlivých vrstev cesia ^{137}Cs	18
Obrázek 33. Hodnoty laboratorního měření draslíku ^{40}K a přibližné datování kostních nálezů v jednotlivých vrstvách.....	19
Obrázek 34. Obrázek 98. Hodnoty laboratorního měření uranu ^{238}U a přibližné datování kostních nálezů v jednotlivých vrstvách.	19
Obrázek 35. Hodnoty laboratorního měření thoria ^{232}Th a přibližné datování kostních nálezů v jednotlivých vrstvách.....	20

Vliv typu bezpečnostního značení na rychlost a pocit bezpečí osob při objektové evakuaci

Ing. Stanisław Franek¹

¹ VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství,

Lumírova 13, 700 30 Ostrava - Výškovice, stanislaw.franek@vsb.cz

Abstrakt:

V tomto článku je popsán experiment zaměřující se na rychlosti osob při objektové evakuaci v závislosti na použitém typu bezpečnostního značení a na zhodnocení přehlednosti a pocitu bezpečí během evakuace prostřednictvím dotazníkového šetření. Dvě skupiny účastníků experimentu byly podrobeny simulované situaci evakuace. Každá skupina byla vystavena jinému typu bezpečnostního evakuačního značení, fotoluminiscenční značení a značení s vlastním svítidlem, ve stejném objektu. Během evakuace byla měřena rychlost účastníků a jejich schopnost orientace v objektu podle použitého bezpečnostního značení. Po skončení evakuace byli účastníci dotazováni na subjektivní vnímání přehlednosti a pocitu bezpečí během celého procesu

Klíčová slova: bezpečnostní značka, objektová evakuace, úniková cesta, nouzové osvětlení, rychlost pohybu, experimentální měření

1 Úvod

Objektová evakuace představuje klíčový aspekt požární bezpečnosti, který je často doprovázen řadou komplikací a výzev. Tento proces vyžaduje efektivní plánování a realizaci, zejména kvůli výskytu mimořádných událostí, které mohou vyvolat vysokou míru stresu a nejistoty u osob zapojených do evakuace. Pro zvýšení bezpečí a zrychlení procesu evakuace jsou v objektech používány požárně bezpečnostní zařízení. S objektovou evakuací jsou zejména spjaty elektrická požární signalizace, nouzové osvětlení a bezpečnostní značení. [1], [2], [3]

Instalace bezpečnostních značek se směry úniku je obecný bezpečnostní standart. V dnešní době je možno používat dva typy bezpečnostního fotoluminiscenční značky a značky s vnitřním osvětlením. Umístění tohoto značení je popsáno v mnoha projektových normách a předpisech. Protože však tyto dokumenty vždy neobsahují kvantifikaci týkající se toho, jak účinné bude nouzové značení v praxi, bylo v minulosti provedeno mnoho výzkumů věnováno zkoumání této problematiky prostřednictvím modelování a experimentů. Mnoho evakuačních modelů vychází z jednoduchého předpokladu, že osoby vyskytující se v objektu znají únikovou cestu a zanedbávají tak proces jejího hledání. Takto se může postupovat za předpokladu jednoduchého uspořádání budovy. Nicméně ve skutečnosti je

pravděpodobné, že osoby v objektu budou spoléhat na systémy značení a budou se řídit informacemi na bezpečnostních značkách. [4], [5]

Cílem experimentálního měření bylo analyzovat vliv jednotlivých typů bezpečnostního označení na proces objektové evakuace osob, s důrazem na porovnání výsledných rychlostí pohybu a doby evakuace osob v rámci dvou experimentálních měření.

2 Popis experimentu

Pro experiment byly připraveny dva scénáře, každý zahrnující jiný typ bezpečnostního značení. Oba scénáře využívaly stejné chodby v suterénu objektu. Tato část objektu byla záměrně vybrána za účelem minimalizace rušivého osvětlení z vnějšku. Během experimentu byl simulován výpadek hlavního osvětlení a trasa evakuace byla osvětlena pouze nouzovým osvětlením, jehož intenzita na podlaze podél osy evakuační trasy činila minimálně 1 lx. Přilehlé prostory evakuační trasy zůstaly neosvětlené.

Průběh měření byl identický v obou případech: figuranti byli jednotlivě vpuštěni na trasu, která jim nebyla předem známa, avšak bylo jim sděleno, že trasa končí východem ven z objektu. Rychlost evakuace byla sledována pomocí časomíry na chytrém telefonu, který byl spojen s druhým zařízením ovládaným z pozorovatelný na konci trasy. K ověření časů byl každý figurant vybaven mobilním telefonem s aktivovanou nahrávkou videa umístěným na hrudi. Pro záznam měření byly rovněž umístěny dvě videokamery na stativech. Druhý úsek experimentu byl navíc zakouřen pomocí vyvíječe kouře, přičemž tato skutečnost nebyla figurantům předem sdělena.

Po dokončení evakuace se figuranti vrátili do čekárny, kde vyplnili dotazník, jehož cílem bylo zjistit, zda byla trasa považována za dostatečně přehlednou, jakými metodami určovali směr úniku a zda se během evakuace cítili bezpečně. Celý experiment byl připravován na základě obdobných experimentálních měření [5], [6], [7].

2.1 Popis trasy

Pro účely experimentu byla vytvořena úniková trasa v podzemních prostorách. Celková délka trasy experimentu činila 81 m. Byla rozdělena na tři úseky, které byly rozděleny dveřmi na trase. V každém úseku byla simulována různá prostředí.

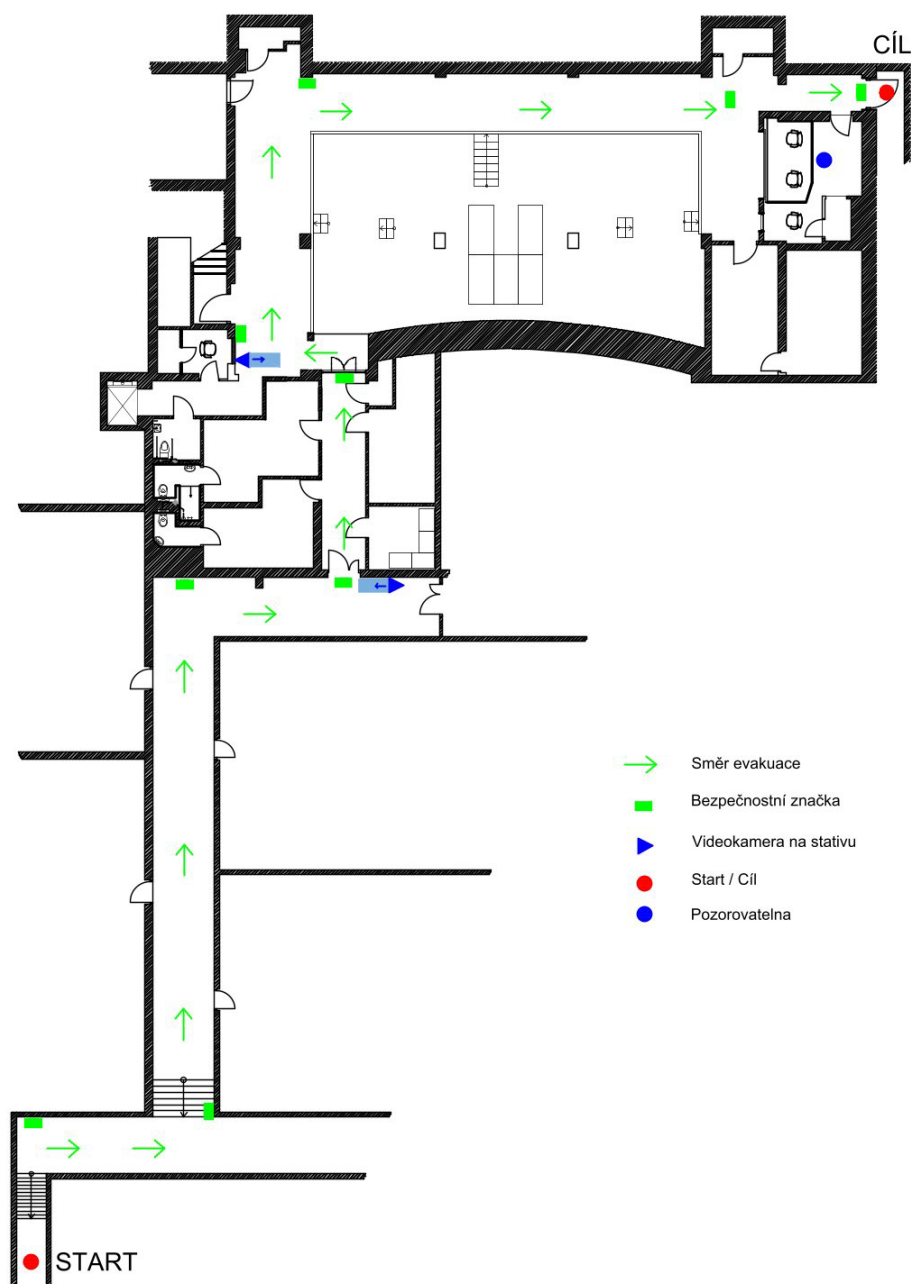
První úsek simuloval evakuaci při změně výškové úrovně trasy. Nacházely se v něm dvě schodiště. Účastníci sestoupili o 4,5 metru. Úsek měl délku 38 metrů, což byla nejdelší část celé evakuační trasy. Stěny a strop tohoto úseku byly bílé, což vizuálně zvýrazňovalo osvětlení a poskytovalo větší pocit bezpečí pro evakuující se osoby.

Ve druhém úseku evakuační trasy byla simulována snížená viditelnost prostřednictvím úmyslného „zakouření“ celého prostoru. K tomu byl využit vyvíječ mlhy Beam Z Rage 600, který disponuje schopností generovat 65 m³ mlhy za minutu. Vytvořená mlha je zdravotně nezávadná a slouží k vytvoření podmínek pro simulaci zhoršené viditelnosti, což napomáhá v realistickém prověření schopnosti evakuace za obtížných podmínek.

Poslední úsek evakuační trasy zahrnoval malou scénu divadla. Jelikož byla bezpečnost prioritou, bylo jeviště obklopeno zábradlím ze všech stran, což nastavilo evakuační trasu po obvodu místnosti. Hlavní změnou v tomto úseku ve srovnání s předchozími byly černé stěny a strop, což opticky snižovalo viditelnost v prostoru a tím mohlo zvyšovat stres a paniku u účastníku experimentu.



Obrázek 1, Prostory evakuace [8]



Obrázek 2, Plán evakuace s použitými přístroji [8]

2.2 Popis účastníků

Účastníci experimentu byli dobrovolníci z řad obyvatel města Český Těšín a okolí. Základním požadavkem při výběru byla dobrá fyzická zdatnost a neznalost objektu Těšínského divadla. Minimální věk pro účast při experimentu byl 18 let. Celkem se experimentu zúčastnilo 34 osob, kteří

byli rozdělení do dvou srovnatelných skupin, podle věku a pohlaví. Podrobnosti o účastnících jsou v tabulce 2.

Tabulka 1, Seznam účastníků měření

1. měření 16.11. 2022				2. měření 23.11. 2022			
pořadí	pohlaví	věk	dotazník	pořadí	pohlaví	věk	dotazník
1	muž	48	Ano	1	muž	30	Ano
2	žena	29	Ano	2	muž	29	Ano
3	muž	31	Ano	3	žena	48	Ano
4	muž	32	Ano	4	žena	46	Ano
5	muž	40	Ano	5	muž	45	Ano
6	muž	59	Ano	6	žena	24	Ano
7	muž	26	Ano	7	muž	58	Ano
8	muž	21	Ano	8	žena	22	Ano
9	žena	21	Ano	9	muž	21	Ano
10	žena	23	Ano	10	muž	24	Ano
11	muž	24	Ano	11	muž	24	Ano
12	žena	25	Ano	12	žena	23	Ano
13	muž	25	Ano	13	muž	43	Ano
14	žena	19	Ano	14	muž	24	Ano
15	žena	22	Ano	15	žena	24	Ano
16	žena	21	Ano	16	muž	38	Ano
17	žena	51	Ano	17	žena	22	Ano

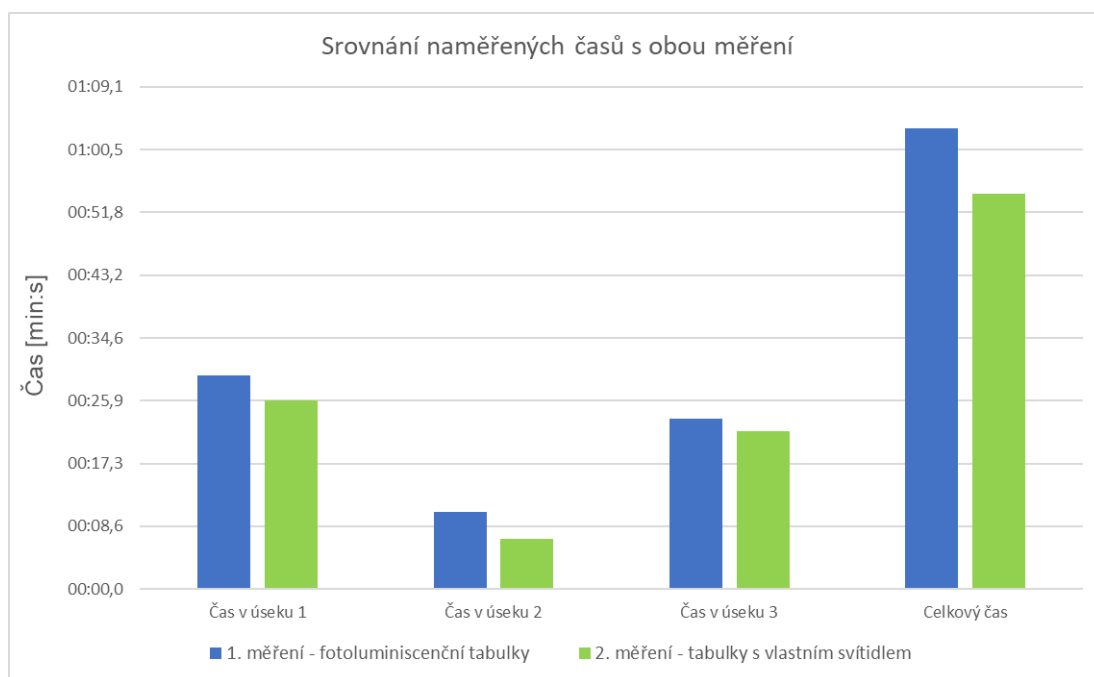
3 Vyhodnocení výsledků

3.1 Rychlost pohybu

Pro měření s fotoluminiscenčními tabulkami byl průměrný čas překonání trasy v prvním 63,4 s od zvukového povelu „START“ až po opuštění budovy posledními dveřmi na trase. Nejpomalejší osobě trvalo překonání trasy 94 s, což v dotazníku později zdůvodnila stresující situací a opatrností, zejména při vstupu do „zakouřeného“ 2. úseku. Nejrychlejší osoba dokončil trasu za 47,2 s.

Průměrný čas evakuace při 2. měření byl 54,4. Nejrychlejší účastník provedl evakuaci za 35 s. Z kamerových záznamů bylo patrné, že se v posledním úseku pohyboval velmi svižně. Nejpomalejší osoba dokončil trasu za 78,5 s. Ve svém pozdějším hodnocení v dotazníku uvedla, že nepocítovala potřebu zvyšovat rychlost, jelikož necítila žádné ohrožení a vše bylo dobře viditelné.

Na základě naměřených hodnot z obou měření bylo provedeno srovnání průměrných časů v jednotlivých úsecích a celkového času. Není možné provádět srovnání jednotlivých figurantů, při každém měření byly přítomny jiné osoby.



Obrázek 3, Srovnání průměrných časů s experimentálního měření

Dále byl proveden výpočet rychlostí pohybu osob. Rychlost byla vypočtena na základě doby pohybu v jednotlivých úsecích, pomocí vzorce (1).

$$v = \frac{s}{t} \quad (1)$$

kde v [m/s] je rychlost osob, s [m] je délka trasy a t [s] je čas

Tabulka 2, Srovnání rychlostí pohybu figurantů

	Délka [m]	1. měření - průměrná rychlost [m/s]	2. měření - průměrná rychlost [m/s]	1. měření - minimální rychlost [m/s]	2. měření - minimální rychlost [m/s]	1. měření - maximální rychlost [m/s]	2. měření - maximální rychlost [m/s]
1. úsek	38	1,29	1,47	0,86	1,08	1,81	2,00
2. úsek	8	0,75	1,18	0,53	0,57	1,00	2,00
3. úsek	35	1,50	1,61	1,00	1,09	2,33	2,92
Celá trasa	81	1,28	1,49	0,86	1,03	1,72	2,31

Největší rozdíly lze pozorovat při maximálních rychlostech ve 2. úseku, kde je rozdíl mezi dvěma nejrychlejšími figuranty z každého měření dvojnásobný. I na základě dotazníkových odpovědí je patrné, že největší vliv má bezpečnostní značení s vnitřním osvětlením v zakouřeném prostoru.

3.2 Vyhodnocení dotazníkového šetření

Účelem dotazníkového průzkumu bylo získat pohled figurantů na jejich subjektivní pocity během průběhu experimentálního měření. Dotazy se soustředily na vnímanou přehlednost evakuační trasy, viditelnost bezpečnostních značek, osobní pocit bezpečí a případné návrhy či postřehy směřující k zlepšení orientace během experimentální evakuace.

Během prvního měření byl 1. úsek označen jako nejpřehlednější, ale někteří účastníci jej stále považovali za nedostatečně přehledný. Většina respondentů se při hodnocení viditelnosti bezpečnostních značek spoléhala na světlo z nouzového osvětlení, které osvětlovalo pouze trasu experimentu. Devět respondentů doporučilo zvýšení hladiny osvětlení a lepší zvýraznění bezpečnostních značek, zejména v "zakouřeném" úseku. U druhého měření byly odpovědi většinou shodné, s výjimkou vnímání přehlednosti 2. úseku, který žádný figurant neoznačil jako nedostatečně přehledný.

Na základě odpovědí lze jednoznačně určit, že bezpečnostní značky s vnitřním osvětlením vyvolávají u evakuovaných osob větší pocit bezpečí a lépe plní svou funkci, i v podmínkách se zhoršenou viditelností.

4 Závěr

Závěry s experimentálního měření jasně ukazují, že účastníci druhého měření prokázali ve všech úsecích vyšší rychlost evakuace. Celkový čas dosažený ve druhém měření byl o 9 s kratší než u prvního měření, což představuje zkrácení průměrné doby evakuace o 14,2 %. Zvláště výrazné zrychlení bylo pozorováno v druhém zakouřeném úseku. Výsledky jednoznačně ukazují, že použití bezpečnostních značek s vnitřním osvětlením přispívá ke zvýšení rychlosti pohybu osob a tím i ke zkrácení doby evakuace. Odpovědi účastníků potvrzují, že trasa byla lépe identifikovatelná s bezpečnostním značením s vnitřním osvětlením. Tato studie byla provedena s omezeným počtem účastníků, což omezuje obecnost zjištěných výsledků. Nicméně výsledky nabízejí cenné poznatky a mohou posloužit jako základ pro další výzkumy v oblasti objektové evakuace.

Reference

- [1] FOLWARCZNY, Libor a Jiří POKORNÝ. Evakuace osob. 2. rozšířené vydání. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2021. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-245-0
- [2] Bojový řád jednotek požární ochrany – objektová evakuace OB5 . V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2017. ISBN 978-80-7385-197-2.
- [3] SFPE guide to human behavior in fire. Cham: Springer, [2019]. ISBN 978-3-319-94696-2.

- [4] ČSN EN 1838. *Světlo a osvětlení - Nouzové osvětlení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015. 20 p.
- [5] Influence of lit emergency signs and illuminated settings on walking speeds in smoky corridors [online]. Dostupné z: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85086365115&origin=inward&txGid=8e5a7663cba21cb1de8bbd5add383807>
- [6] The influence of emergency signage on building evacuation behavior: An experimental study [online]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/fam.2665>
- [7] Seike, M., Kawabata, N. and Hasegawa M. Evacuation speed in full-scale darkened tunnel filled with smoke. *Fire Safety Journal*, vol. 91. Elsevier BV, pp. 901–907, 2017. doi: 10.1016/j.firesaf.2017.04.034.
- [8] FRANEK, Stanislav. *Vliv typu bezpečnostního značení na evakuaci osob ve stavebním objektu*. Online, Diplomová práce. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2023. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/150046>. [cit. 2024-04-05].

Posudzovanie územných rizík s využitím informačných systémov

Boris Kollár¹, Michal Tonhauser¹

¹ Katedra krízového manažmentu, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Žilinská univerzita v Žiline, 1. mája 32, 010 26 Žilina, boris.kollar@uniza.sk, michal.tonhauser@fbi.uniza.sk

Abstrakt: Pokrok vo výskume, praxi a technológiách naznačuje určité možnosti ďalšieho smerovania v oblasti posudzovania územných rizík v podmienkach Slovenskej republiky. Posudzovanie rizík územia je proces, ktorý využíva mnoho metód a prístupov. Využívanie geografických informačných systémov v krízovom manažmente a v manažmente rizík je vo svete bežnou praxou. Geografické informačné systémy majú potenciál zlepšiť výsledky procesu posudzovania územných rizík. Prostredníctvom týchto špecifických informačných systémov je možné zabezpečiť vyššiu úroveň spracovania dokumentov krízového manažmentu a ich následné využitie v ďalších fázach cyklu krízového riadenia. Analýzou súčasného stavu boli identifikované základné nedostatky, obmedzenia a potreby ďalšieho smerovania.

Kľúčová slova: cyklus krízového riadenia, posudzovanie rizík, analýza územia, geografické informačné systémy.

1 Úvod

Krízový manažment čelí v súčasnosti mnohým výzvam, ktoré ohrozujú spoločnosť. Krízové javy prírodného charakteru sa vyskytujú čoraz častejšie, čo môže byť podmienené klimatickou zmenou [1]. Rozvoj technických a technologických systémov a manipulácia s nebezpečnými látkami predstavujú spolu s rizikami prírodného charakteru súbor hrozieb, ktoré môžu mať ďalekosiahle následky pre obyvateľstvo jednotlivých štátov.

Pre spoločnosť a ľudí v nej žijúcich je za bežných podmienok fungovania javov a procesov príznačný rovnovážny stav. Rovnovážny stav konkrétneho systému je tvorení z rôznych parametrov. Tieto parametre sú charakteristické určitou stabilitou, pričom jej strata môže viesť k vzniku krízového javu. Problematikou riadenia krízových javov sa zaoberá krízový manažment. Vychádzajúc z hlavného cieľa krízového manažmentu je možné definovať jeho čiastkové ciele a úlohy. Môžeme ich vyjadriť ako snahu o: súhrnné posúdenie rizík, ktoré ohrozujú spoločnosť a navrhnutie opatrení na ich zníženie, analyzovanie faktorov vplyvajúcich na vznik krízového javu, popísanie variantov vývoja krízového javu, analyzovanie negatívnych dôsledkov krízových javov a určenie subjektov, ktoré budú postihnuté, stanovenie subjektov, ktoré sa budú podieľať na riešení vzniknutého krízového javu a prijímanie adekvátnych opatrení pre minimalizovanie strát na životoch, majetku a životnom prostredí [2].

Plnenie cieľov a riešenie vzniknutých krízových javov sa vykonáva v časovo i obsahovo previazaných fázach. Týmito fázami sú prevencia, krízové plánovanie, reakcia na vzniknutú krízu a obnova. Fázy krízového riadenia sa často prezentujú ako cyklus, pričom ten končí v stave, keď existuje predpoklad vzniku nového cyklu [3].

V současnosti existuje v odbornej literatúre množstvo modelov cyklu krízového riadenia, pričom sa líšia jednotlivými fázami a ich počtom [4], [5], [6]. Tieto fázy pritom obsahujú procesy, resp. ďalšie mini cykle, ktoré je potrebné vykonať [6]. Posudzovanie rizík a činnosti s tým spojené sa vykonávajú vo fáze prevencie [3]. Tento proces sa však často chápe ako samostatná fáza [4], [5], [6].

Posudzovanie rizík je veľmi dôležitá fáza cyklu krízového riadenia, nakoľko jej výstupy sú vstupmi pre ďalšie fázy v rámci cyklu. Na to, aby mohli byť subjekty krízového riadenia pripravené na zvládanie krízových javov je najskôr potrebné tieto ohrozenia identifikovať, analyzovať a vyhodnotiť. Posudzovanie rizík obsahuje: identifikáciu ohrození a analyzovanie ich charakteristík, ako je lokácia, intenzita, početnosť a pravdepodobnosť, zraniteľnosť, následky a kapacity na ich zvládanie [4].

V súčasnej dobe technického a technologického pokroku existuje množstvo nástrojov na podporu posudzovania rizík. Slovenská republika disponuje dostatočnou technickou podporou a informačnou základňou pre potreby krízového riadenia. Problémom je znalosť dotknutých strán o jednotlivých možnostiach a najmä o potenciáloch ich využitia [7]. Vhodnými prostriedkami pre fázu posudzovania rizík, ale i ostatné fázy cyklu krízového riadenia môžu byť informačné systémy a aplikačné softvéry. Špecifickým nástrojom sú geografické informačné systémy.

Príspevok ďalej analyzuje súčasný stav posudzovania rizík krízových javov v podmienkach Slovenskej republiky s ohľadom na jeho nedostatky a obmedzenia. Príspevok zároveň posudzuje možnosti využitia informačných systémov s dôrazom na geografické informačné systémy (GIS) v posudzovaní rizík krízových javov s prepojením na cyklus krízového riadenia. Cieľom príspevku je posúdiť možnosti využitia GIS pri posudzovaní územných rizík a načrtnúť ďalšie smerovanie výskumu.

2 Posudzovanie rizík územia v podmienkach Slovenskej republiky

Posudzovanie rizík krízových javov je komplexný systém, ktorý zahŕňa rôzne prístupy a metódy. Riziko je najčastejšie chápané ako pravdepodobnosť vzniku krízového javu a jeho negatívne dôsledky [2]. Vychádzajúc zo základného modelu manažmentu rizík, fázu posudzovania rizík tvoria procesy identifikácie rizík, analýzy rizík a hodnotenia rizík [8]. Súčasťou posudzovania rizík je i posudzovanie zraniteľnosti. V kontexte konkrétneho územia a hodnotenia jeho rizík vzhľadom na rôzne krízové javy môžeme zraniteľnosť charakterizovať ako vlastnosť tohto územia. Je to schopnosť územia negatívne reagovať na pôsobenie krízových javov [9]. Podľa Titka (2022) je možné zraniteľnosť vyjadriť tromi kľúčovými faktormi. Sú to: expozícia, náchylnosť (citlivosť) a schopnosť vysporiadať sa s krízovým javom a jeho následkami [10].

Vo všeobecnosti môžeme posudzovanie rizík územných celkov charakterizovať podľa Šimáka (2006) ako metódu, ktorú najčastejšie používajú orgány štátnej správy a samosprávy s cieľom hodnotiť negatívne dôsledky krízových javov a pravdepodobnosť ich výskytu. Zameriava sa prioritne na procesy, objekty a územie v pôsobnosti jednotlivých samospráv a okresných úradov. Zahŕňa najmä činnosti ako:

- Identifikovanie možného vzniku krízových javov na danom území.
- Určenie ohrozeného územia.
- Analyzovanie dôležitých objektov infraštruktúry.
- Analyzovanie sociálnych prvkov a ich štruktúru.

- Ekonomická analýza územia a analýza životného prostredia.
- Početnosť jednotlivých krízových javov na danom území v minulosti.
- Určenie zraniteľnosti.
- Určenie pravdepodobných negatívnych dôsledkov.
- Určenie pravdepodobnosti vzniku jednotlivých krízových javov.
- Stanovenie miery rizika [11].

V Slovenskej republike (SR) sa pojem riziko vyskytuje v rôznych záväzných právnych dokumentoch a technických normách pomerne často. V roku 2015 bolo vykonané posúdenie rizík na území SR v súlade s článkom 6 rozhodnutia EP a R č. 1313/2013/EÚ zo 17. decembra 2013 o mechanizme Únie v oblasti civilnej ochrany. Tento dokument má však skôr iba informatívny charakter, nakoľko absentuje základné prvky rizika a jeho detailnú analýzu [12].

Základným dokumentom opisujúcim hrozby na konkrétnom území je analýza územia. Povinnosť jej spracovania vychádza zo zákona č. 42/1994 Z. z. o civilnej ochrane obyvateľstva. Spracováva sa na všetkých úrovniach štátnej správy. Povinnosť jej spracovania majú okresné úrady, okresné úrady v sídle kraja a Ministerstvo vnútra Slovenskej republiky. Analýza územia je spracovávaná ako súbor dokumentov a obsahuje: charakteristiku územia z geografického, demografického a hospodárskeho pohľadu, identifikáciu oblastí ohrozených všetkými druhmi mimoriadnych udalostí, prehľad rizík, síl a prostriedkov a ďalších prvkov územia, ako sú napríklad školské zariadenia, nemocnice alebo stacionárne zdroje nebezpečných látok. Súčasťou popisu jednotlivých krízových javov má byť i vymedzenie rizík s dôrazom na určenie rôznej intenzity ich pôsobenia, následkov, rozsahu pôsobenia a pod. [13].

Uvedené dokumenty sú spracované na úrovni okresov a krajov a sú verejne dostupné. Analýza územia z hľadiska vzniku možných mimoriadnych udalostí na úrovni štátu podlieha utajeniu. Analýzou verejne dostupných dokumentov, ktoré sa nachádzajú na stránkach Ministerstva vnútra Slovenskej republiky je možné konštatovať, že jednotlivé analýzy územia sú spracované odlišne. Štruktúra a obsah je rovnaký, avšak jednotlivé body sa čiastočne líšia. Jednotlivé analýzy územia najčastejšie absentujú nasledovné body:

- Vzhľadom na hodnotenie rizík chýbajú jednotlivé časti ako: pravdepodobnosť výskytu mimoriadnej udalosti, možné scenáre pôsobenia mimoriadnej udalosti, potenciálne následky mimoriadnej udalosti, hodnotenie zraniteľnosti.
- Presné vymedzenie ohrozeného územia.
- Predpokladané doby expozície.
- Stanovenie možných následkov na obyvateľstvo, majetok, životné prostredie a hospodárstvo [14], [15], [16], [17].

Posudzované boli analýzy územia z hľadiska vzniku možných mimoriadnych udalostí okresu Žilina, Kysucké Nové Mesto, Liptovský Mikuláš a Bratislava. V jednotlivých analýzach absentujú rôzne prvky. Rôzna je i detailnosť spracovania jednotlivých častí. Významným nedostatkom posudzovaných dokumentov je tiež ich prehľadnosť [14], [15], [16], [17].

Pre potreby zohľadnenia jednotlivých faktorov determinujúcich riziko územného celku je možné využiť model a metodiku hodnotenia vybraných rizík na vnútroštátnej úrovni. Táto metodika bola spracovaná v roku 2013. Uvedený model slúži na hodnotenie rizík prírodného charakteru, pričom zohľadňuje i možnosť vzniku domino efektov a synergických efektov [18].

Prírodné krízové javy sú v podmienkach Slovenskej republiky najčastejšie sa vyskytujúcim krízovým javom. S pomedzi všetkých krízových javov majú najväčšie zastúpenie povodne. Za obdobie rokov 2013 až 2023 sa najviac povodní (390) vyskytlo v roku 2020. Až 16 krát bola pritom zasiahnutá obec Zborov. Celkové povodňové škody za toto obdobie dosiahli výšku 96 485 658 € [19], [20]. Druhou a treťou najčastejšou mimoriadnou udalosťou prírodného charakteru je snehová kalamita, resp. zosuv pôdy. Významné počty však dosahovali i mimoriadne udalosti antropogénneho charakteru. V rokoch 2013 až 2022 bolo zaznamenaných celkovo 221 únikov nebezpečnej látky a 279 prípadov nálezu neznámej látky [21].

Metodika hodnotenia prírodných rizík vychádza z posúdenia zaužívaných postupov v hodnotení rizík. Pozostáva z určenia potenciálne zasiahnutého územia a doby návratnosti konkrétneho krízového javu. Takto je možné hodnotiť viacero scenárov. Podkladom pre vypracovanie hodnotenia rizík je charakteristika územia, v ktorej sa určujú základné prvky územia, ako je počet a skupiny obyvateľstva, objekty, infraštruktúra, zložky životného prostredia a pod. Údaje potrebné pre spracovanie hodnotenia rizík podľa metodiky vychádzajú najmä z dokumentu analýza územia. Pri hodnotení rizík sa určuje i zraniteľnosť obyvateľstva, kritických zariadení a životného prostredia. Následky sú vyjadrené pomocou stanovenia stupňa poškodenia. Konečný výsledok hodnotenia je stanovený pomocou metodológie FEMA a výsledky slúžia pre potreby určovania priorít v oblasti preventívnych opatrení a prijímania investícií [18].

Analýzou modelu a metodiky hodnotenia vybraných rizík na vnútroštátnej úrovni a dokumentov analýza územia z hľadiska vzniku možných mimoriadnych udalostí boli identifikované hlavné nedostatky a obmedzenia vzhľadom na posudzovanie územných rizík. Tieto nedostatky a obmedzenia sú zobrazené v nasledujúcej tabuľke č. 1.

Tabuľka 1. Obmedzenia a nedostatky v posudzovaní územných rizík v Slovenskej republike [14], [15], [16], [17], [18]

P. č.	Obmedzenie/nedostatok/nevýhoda
1.	Absencia potrebných údajov a analýz v dokumente „Analýza územia z hľadiska vzniku možných mimoriadnych udalostí“ na účely posudzovania rizík.
2.	Nedostatočná úroveň spracovania a neprehľadnosť „Analýz územia z hľadiska vzniku možných mimoriadnych udalostí“.
3.	Nedostatočné zameranie na najmenšie územné jednotky, ako sú jednotlivé obce a mestá, a nedostatočná podrobnosť pri spracovaní "analýzy územia".
4.	Nedostupnosť štruktúrovaných údajov o vplyve a pôsobení jednotlivých mimoriadnych udalostí.
5.	Model nezohľadňuje antropogénne riziká, ich pôsobenie a ich prípadnú interakciu s prírodnými rizikami.
6.	Neprehľadnosť a nedostatočná špecifikácia výpočtov v jednotlivých krokoch metodiky.

P. č.	Obmedzenie/nedostatok/nevýhoda
7.	Nešpecifikovaný konkrétny obsah údajov požadovaných pri analýze historických údajov v metodike.
8.	Zraniteľnosť územia sa určuje len z hľadiska expozície. V modeli chýbajú ďalšie dôležité faktory ako napríklad náchylnosť a pripravenosť.
9.	Posúdenie miery poškodenia jednotlivých prvkov územia (následkov) je do značnej miery subjektívne a závisí od odhadu posudzovateľa. Jednotlivé dôsledky nie sú dostatočne špecifikované a prispôsobené pre všetky mimoriadne udalosti.
10.	Metóda FEMA, ktorá je súčasťou modelu, je určená skôr na hodnotenie väčších mimoriadnych udalostí, ktoré postihujú väčšie územia.

Z analýzy dokumentov krízového riadenia môžeme konštatovať, že veľkým nedostatkom pri posudzovaní územných rizík v podmienkach Slovenskej republiky sú potrebné údaje a ich manažment. Význam dátového manažmentu v posudzovaní rizík podporuje tiež Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030.

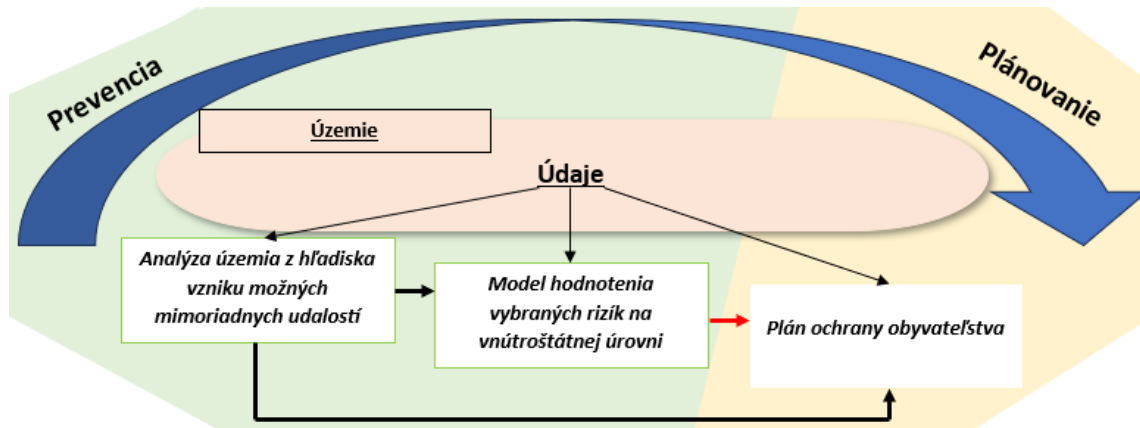
Sendai Framework bol prijatý v roku 2015 členskými štátmi Organizácie spojených národov. Tento rámec je súčasťou Agendy 2030. Cieľom rámca je znižovanie úrovne existujúcich rizík a predchádzanie vzniku nových nebezpečenstiev. Prioritou Sendai rámca je porozumieť rizikám krízových javov na štátnej úrovni. Rámec sa však zameriava i na ďalších zainteresovaných v oblasti hodnotenia rizík. Jednotlivé samosprávy, súkromné spoločnosti a ostatné organizácie musia tiež poznať riziká, ktoré ich ohrozujú a poznať adekvátne opatrenia na ich zmierňovanie [22].

V roku 2017 vydal Úrad OSN pre znižovanie rizika katastrof (UNISDR) usmernenia pre národné hodnotenie rizík katastrof (NDRA). Tieto usmernenia sú súčasťou rámca Sendai a slúžia jednotlivým členským štátom pre implementovanie systému hodnotenia rizík katastrof na národnej úrovni. Tieto usmernenia sú spracované vo forme desiatich oblastí, resp. elementov. Súčasťou týchto elementov je i riadenie údajov [22].

Dátový manažment pozostáva z vytvorenia stratégie pre zber, spracovanie a distribúciu údajov medzi zúčastnenými stranami. Hodnotenie rizík je veľmi náročný proces z pohľadu dostupnosti potrebných dát. Východiskovým bodom na vytvorenie plánu riadenia dát môže byť analýza medzier, resp. analýza dostupných dát vzhľadom na potrebné dáta. Je potrebné tiež stanoviť presnú kvalitu, obsah a formát týchto dát. Vzhľadom na dĺžku procesu posudzovania rizík ako i jeho pravidelných aktualizácií predstavuje vhodné riešenie vytvorenie spoločnej databázy údajov. Pre takéto opatrenie je tiež potrebné venovať pozornosť bezpečnosti získaných dát [22].

V tomto kontexte môžeme ďalej hovoriť o informačnom systéme krízového manažmentu, pričom dátový manažment posudzovania územných rizík je jeho súčasťou. V širšom zmysle hovoríme o sústreďovaní informácií v informačných databázach alebo tvorbe informačných dokumentov. Tieto informácie sú následne distribuované riadiacim orgánom a využívané vo fáze riešenia krízového javu. Zber, spracovanie a uchovávanie týchto údajov alebo informácií však prebieha najmä vo fázach pred vznikom krízového javu. Hovoríme teda o prevencii a fáze plánovania [3].

Príkladom vzájomného prepojenia údajov a informácií v rámci jednotlivých fáz krízového riadenia v podmienkach Slovenskej republiky môže byť nasledujúci obrázok č. 1.



Obrázok 1 Vzájomné prepojenie údajov a dokumentov krízového manažmentu v rámci fáz krízového riadenia

Obrázok č. 1 zobrazuje prepojenosť údajov a informácií na základe dokumentov krízového riadenia, pričom ich spracovanie prebieha v rozličných fázach cyklu krízového riadenia. Súčasťou obrázka je plán ochrany obyvateľstva. Povinnosť jeho spracovania vychádza zo zákona č. 42/1994 Z. z. o civilnej ochrane obyvateľstva. Súčasťou plánu ochrany obyvateľstva je podľa tohto zákona plán evakuácie, ukrytia, materiálo-technického zabezpečenia jednotiek civilnej ochrany a plán prípravy na civilnú ochranu. Spolu s ďalšou dokumentáciou, ktorá tvorí súčasť plánu ochrany obyvateľstva, ide o komplexný dokument obsahujúci opatrenia, postupy a činnosti na zabezpečenie ochrany obyvateľstva, zvierat a majetku v prípade vzniku mimoriadnej udalosti [23].

Využitie plánu ochrany obyvateľstva sa teda predpokladá vo fáze reakcie na vzniknutý krízový jav a tak rozširuje využiteľnosť dát získaných a spracovaných vo fáze prevencie. Uvedené využitie a prepojenie jednotlivých údajov potvrdzuje potrebu efektívneho manažmentu dát pre potreby krízového manažmentu.

Nebezpečenstvo, zraniteľnosť a pripravenosť sú charakteristikami územia, pričom sú tvorené z určitých prvkov. Tieto prvky majú priestorový charakter a je ich možné zobraziť na mape. Pôsobenie mimoriadnych udalostí je zasa možné priestorovo vyjadriť pomocou koeficientov. Na prácu s priestorovými údajmi je možné využiť geografické informačné systémy [9]. Preto sa v ďalšej časti budeme venovať možnému využitiu GIS v krízovom manažmente.

3 Možnosti využitia geografických informačných systémov pri posudzovaní územných rizík

Geografické informačné systémy sú v súčasnosti bežným nástrojom krízového manažmentu pre potreby zobrazenia jednotlivých prvkov rizika na mape. Ich využiteľnosť nachádza uplatnenie vo všetkých fázach cyklu krízového riadenia [24]. Príkladom môže byť využitie GIS vo fáze reakcie [25] alebo pre potreby tvorby simulácií vo fáze plánovania [26].

Walle a kol. (2010) popísal využitie GIS v jednotlivých fázach cyklu krízového riadenia. Vo fáze prevencie, kde môžeme zaradiť i fázu posudzovania rizík, nachádzajú GIS uplatnenie pri výcviku krízových manažérov, vývoji systémov včasného varovania, informovanie verejnosti a pod. Hlavné využitie GIS v rámci fázy posudzovania rizík je najmä:

- tvorba geografických map,
- modelovanie krízových javov,
- analýza dát,
- analýza rizík,
- mapy zasiahnutých oblastí, kritických zariadení a infraštruktúry alebo núdzových zariadení a evakuačných trás [27].

Pri hodnotení rizika je možné na mape zobrazit' jednotlivé nebezpečenstvá vo forme vrstiev a tieto prekryt' s ďalšími vrstvami, ktoré znázorňujú jednotlivé prvky územia. Prvky územia môžu byť pritom objekty, infraštruktúra, hustota obyvateľstva a pod. Prekrytím jednotlivých vrstiev je možné znázorniť rozsah zasiahnutého územia a počet ohrozených obyvateľov, objektov, ciest, mostov a pod. [24].

Vrstva v prostredí GIS vo všeobecnosti slúži na ukladanie údajov rovnakého charakteru. Pre jeden typ charakteristiky územia by sa mala použiť jedna vrstva. Takto je možné zabezpečiť prehľadnosť v priestorových údajoch a zároveň vykonávať rôzne priestorové analýzy [9].

Priestorové vrstvy môžu byť vyjadrené prostredníctvom dvoch dátových modelov. Ide o rastrový dátový model a vektorový dátový model [9]. Na základe charakteru týchto údajov sa následne dajú vykonávať rôzne vektorové, rastrové alebo databázové analýzy [28]. Príkladom takýchto analýz môže byť napríklad:

- analýza vzdialenosti,
- analýza distribúcie údajov,
- priestorová autokorelácia,
- jadrové analýzy hustoty,
- štatistické analýzy a pod. [28], [29].

GIS tvoria najmä priestorové dáta a programové produkty, ktoré umožňujú spracovanie týchto dát. Práve jednotlivé prvky rizika, ako je nebezpečenstvo, následky, zraniteľnosť, pripravenosť a výsledné riziko je možné znázorniť na mape pomocou priestorových údajov. Výsledný produkt mapovania týchto prvkov sa nazýva mapa rizika. Vytvorené mapy rizika a mapy jednotlivých prvkov rizika, ktoré zobrazujú rôzne štatistiky a informácie pre potreby krízových manažérov je možné využiť v tlačenej verzii alebo pomocou softvérových nástrojov a webových aplikácií. Tlačené verzie máp rizika sú využiteľné najmä v jednotlivých dokumentoch v oblasti krízového riadenia. Príkladom takéhoto dokumentu môže byť práve „Analýza územia z hľadiska vzniku možných mimoriadnych udalostí“ a plány ochrany obyvateľstva. Význam tlačených verzii máp rizík stráca svoje opodstatnenie pri detailnej analýze územného celku, kde by bolo potrebné vytlačiť veľké množstvo takýchto máp [9].

Samotný proces detailného spracovania rizikových máp so sebou prináša pozitíva. Počas tohto procesu sa spracovatelia oboznámia s jednotlivými rizikami na posudzovanom území a zároveň o ich detailných charakteristikách. Tieto informácie je následne možné využiť v procese rozhodovania v rámci jednotlivých fáz krízového riadenia. Vyšší dôraz na detailnosť údajov v databáze rizikových máp umožňuje podrobné skúmanie konkrétnej časti územia, prípadne konkrétnych objektov. Na základe týchto údajov je možné identifikovať:

- jednotlivé typy nebezpečenstva vzhľadom na vymedzené územie alebo objekt,
- dominantný zdroj nebezpečenstva, jeho umiestnenie a možné prejavy,

- objekty v oblasti ohrozenia s dôrazom na významné objekty alebo kritickú infraštruktúru,
- ohrozené obyvateľstvo na danom území, s dôrazom na zraniteľné skupiny,
- dostupnosť zložiek integrovaného záchranného systému, opatrení, systému varovania a pod. [9].

Zároveň je možné jednotlivé riziká a územné celky porovnávať a vymedziť najviac ohrozené oblasti na všetkých úrovniach územných celkov. Následne je možné tieto informácie využiť vo fáze plánovania a prijímaní preventívnych opatrení a investícií na zmierňovanie jednotlivých rizík [9].

GIS nachádzajú svoje uplatnenie tiež v ďalších fázach krízového riadenia. Po vzniku krízového javu je nevyhnutná rýchla a adekvátna reakcia. Na tento účel je nevyhnutné disponovať potrebnými materiálmi a personálnymi prostriedkami, ktoré sú pripravené a vyškolené. GIS a vytvorené mapy rizika je tak možné využiť v príprave tohto personálu a určení potrebného materiálu a techniky. Zároveň je možné využiť GIS pri:

- tvorbe rôznych scenárov prejavu mimoriadnej udalosti,
- tvorbe cvičení a scenárov cvičenia,
- informovaní verejnosti o pôsobení a následkoch mimoriadnej udalosti,
- využívaní simulačných programov [26].

Uplatnenie GIS je i vo fáze obnovy. Krízový manažéri a ostatné zúčastnené strany podieľajúce sa na obnove a snahe vrátiť systém do pôvodného stavu, prípadne jeho zlepšenie môžu využiť GIS pre:

- podporu vizualizácie zničených objektov a infraštruktúry,
- porovnanie územia pred a po pôsobení mimoriadnej udalosti,
- podporu rozhodovania v rámci obnovy zasiahnutého územia [26].

4 Závěr

Príspevok sa venoval posúdeniu aktuálneho stavu krízového riadenia v podmienkach Slovenskej republiky vzhľadom na posudzovanie rizík územných celkov. Dôraz bol kladený na proces posudzovania rizík v rámci základných dokumentov krízového riadenia. Ide najmä o dokumenty Analýza územia z hľadiska vzniku možných mimoriadnych udalostí a plány ochrany obyvateľstva, ktorých spracovanie a aktualizácia je povinná zo zákona č. 42/1994 Z. z. o civilnej ochrane obyvateľstva. Uvádzané dokumenty do istej miery obsahujú údaje a informácie, ktoré vstupujú do procesu posudzovania rizík, prípadne sú ich výstupom. Analyzovaný bol i oficiálny model hodnotenia rizík a jeho metodika. Z výsledkov analýzy je zrejmé, že významným nedostatkom sú práve dáta a ich manažment. Zároveň nie je dostatočne využitý potenciál informačných systémov, pričom v príspevku bol kladený dôraz na využitie geografických informačných systémov. Na základe zistení uvedených v príspevku je možné načrtnúť možnosti zlepšenia riešenej problematiky. Dôležitým krokom, i podľa rámca Sendai, bude zavedenie efektívneho dátového manažmentu a vytvorenie komplexného dátového modelu pre potreby posudzovania rizík územia. Uvedený model by však mal byť využiteľný vo všetkých fázach krízového riadenia. Vzhľadom na priestorový charakter údajov je tiež potrebné zavedenie a využívanie geografických informačných systémov v procese posudzovania rizík a tvorbe dokumentov krízového riadenia. Mapovanie rizík môže byť účinným nástrojom krízového manažmentu na Slovensku, pričom jeho výstupy majú uplatnenie vo všetkých fázach cyklu krízového riadenia.

Referencie

- [1] TITKO, M. – RISTVEJ, J. – ZAMIAR, Z. 2021. Population Preparedness for Disasters and Extreme Weather Events as a Predictor of Building a Resilient Society: The Slovak Republic. [online]. In: International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021, roč. 18, č. 5. [cit. 2024-03-20]. Dostupné na: <https://doi.org/10.3390/ijerph18052311>
- [2] ŠIMÁK, L. 2016. *Krízový manažment vo verejnej správe*. 2. prepracované vydanie. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, EDIS. 2016. 263 s. ISBN 978-80-554-1165-1.
- [3] RISTVEJ, J. - ZAGORECKI, A. - RISKÁ, T. 2015. *Krízový manažment II. – 2. časť: Aplikačné softvéry v krízovom manažmente*. 1. vydanie. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, EDIS. 2015. 272 s. ISBN 978-80-554-1073-9.
- [4] TITKO, M. – KUBÁS, J. 2023. *Vulnerability and disaster preparedness*. 1. vydanie. Lüdenscheid: RAM-Verlag. 2023. 129 s. ISBN 978-3-96595-037-5.
- [5] P. WELCH, J. 2022. *The Challenges of Public Service Organizations in Emergency, Crisis, and Disaster Management* [online]. 2022. IntechOpen. Dostupné na: doi: 10.5772/intechopen.108408
- [6] PURSIANEN, CH. 2017. *The crisis management cycle*. 1. vydanie. Abingdon: Routledge. 194 s. ISBN 9781138643888
- [7] RISTVEJ, J. - SOKOLOVÁ, L. - STARÁČKOVÁ, J. - ONDREJKA, R. - LACINÁK, M. 2017. *Experiences with the implementation of information systems within the preparation for crisis management and resilience building in Slovakia* [online]. In: International Carnahan Conference on Security Technology (ICCST). 2017. 1-6 s. Madrid, Spain [cit. 2024-03-20]. Dostupné na: DOI: 10.1109/CCST.2017.8167821
- [8] ISO 31000:2018. *Risk management – Guidelines*.
- [9] KRÖMER, A. – MUSIAL, P. – FOLWARCZNY, L. 2010. *Mapování rizik*. 1. vydanie. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. 2010. 126 s. ISBN 978-80-7385-086-9.
- [10] TITKO, M. 2022. *Zraniteľnosť spoločnosti a jej pripravenosť na krízové javy* [habilitačná práca]. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra krízového manažmentu, 2022. 162 s.
- [11] ŠIMÁK, L. 2006. *Manažment rizík* [online]. Žilinská univerzita v Žiline [cit. 2024-03-20]. Dostupné na: http://fbiw.uniza.sk/kkm/old/publikacie/mn_rizik.pdf
- [12] Posúdenie rizík Slovenskej republiky v súlade s článkom 6 rozhodnutia EP a R č. 1313/2013/EÚ. 2015 [online]. Ministerstvo vnútra Slovenskej republiky [cit. 2024-03-21]. Dostupné na: https://www.minv.sk/?Bezpecnostne_rizika
- [13] Pokyn generálnej riaditeľky SKR-19-21/2014. 2014 [online]. Ministerstvo vnútra Slovenskej republiky [cit. 2024-03-25]. Dostupné na: <https://www.minv.sk/?ciastka-8-vydana-18-decembra-2014>
- [14] *Analýza možného vzniku mimoriadnej udalosti v územnom obvode Okresného úradu Žilina*. 2023 [online]. Ministerstvo vnútra Slovenskej republiky- Okresný úrad Žilina [cit. 2024-03-25]. Dostupné na: https://www.minv.sk/?Oznamy_a_informacie_za_okr
- [15] *Analýza územia z hľadiska možných mimoriadnych udalostí v územnom obvode Okresného úradu Kysucké Nové Mesto*. 2024 [online]. Ministerstvo vnútra Slovenskej republiky- Okresný

- úrad Kysucké Nové Mesto [cit. 2024-03-25]. Dostupné na: https://www.minv.sk/?Oznamy_a_informacie_by
- [16] Analýza možného vzniku mimoriadnej udalosti v územnom obvode Okresného úradu Liptovský Mikuláš. 2024 [online]. Ministerstvo vnútra Slovenskej republiky- Okresný úrad Liptovský Mikuláš [cit. 2024-03-25]. Dostupné na: <https://www.minv.sk/?okresne-urady-klientske-centra&urad=31&sekcia=dokumenty-na-stiahnutie#popis>
- [17] Analýza možného vzniku mimoriadnej udalosti v územnom obvode Okresného úradu Bratislava. 2023 [online]. Ministerstvo vnútra Slovenskej republiky- Okresný úrad Bratislava [cit. 2024-03-25]. Dostupné na: <https://www.minv.sk/?okresne-urady-klientske-centra&urad=1&sekcia=dokumenty-na-stiahnutie#popis>
- [18] JÁNOŠÍKOVÁ, G. – HUDECOVÁ, D. 2013. Metodika hodnotenia vybraných rizík na vnútroštátnej úrovni [Online]. Ministerstvo vnútra Slovenskej republiky [cit. 2024-03-25]. Dostupné na: https://www.minv.sk/?Dokumenty_na_stiahnutie_CO
- [19] Mesačné situačné správy sekcie krízového riadenia. 2013-2023 [online]. Ministerstvo vnútra Slovenskej republiky [cit. 2024-03-25]. Dostupné na: https://www.minv.sk/?mesacna_situacna_sprava
- [20] Informácie o povodniach. 2013-2023 [online]. Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky [cit. 2024-03-25]. Dostupné na: <https://www.minzp.sk/voda/ochrana-pred-povodnami/informacie/>
- [21] KUBÁS, J. – POLORECKÁ, M. – MITRENGA, P. 2023. Civilná ochrana a riešenie krízových javov. Prvé vydanie. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, EDIS. 2023. 324 s. ISBN 978-80-554-2004-2.
- [22] National Disaster Risk Assessment. 2017 [online]. United Nations Office for Disaster Risk Reduction [cit. 2024-03-26]. Available at: <https://www.undrr.org/publication/words-action-guidelines-national-disaster-risk-assessment>
- [23] Zákon č. 42/1994 Z. z. o civilnej ochrane obyvateľstva
- [24] MILENKOVIĆ, M. - KEKIC, D. 2016. Using GIS in Emergency Management [online]. In: Sinteza 2016 - International Scientific Conference on ICT and E-Business Related Research. 2016, pp. 202-207 [cit. 2024-03-26]. Dostupné na: doi:10.15308/Sinteza-2016-202-207
- [25] URAKAWA, G. - HAYASHI, H. 2010. Inexpensive Integrated GIS for Local Government to Implement Emergency Response and Management Effectively [online]. In: Journal of Disaster Research. 2010, Vol. 5, Issue 1, pp. 90-97 [cit. 2024-03-26]. Dostupné na: DOI 10.20965/jdr.2010.p0090
- [26] JÁNOŠÍKOVÁ, M. - RISTVEJ, J. - LACINÁK, M. 2018. Possible Use of a Geographical Information System within Crisis Management Simulations [online]. In: CBU International Conference Proceedings. 2018, Vol. 6 [cit. 2024-03-26]. Dostupné na: DOI: 10.12955/cbup.v6.1159
- [27] RISTVEJ, J. - ONDREJKA, R. - JÁNOŠÍKOVÁ, M. 2018. Crisis management II. - 2nd part: Application software in crisis management. Žilina: University of Žilina, EDIS. 2018. 271 pp. ISBN 978-80-554-1508-6.
- [28] MATIS, P. 2010. Geografické informačné systémy. 1. vydanie. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, EDIS. 2010. 103 s. ISBN 978-80-554-0214-7.
- [29] KAŇUK, J. 2015. Priestorové analýzy a modelovanie. 1. vydanie. Košice: Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach. 2015. 114 s. ISBN 978-80-8152-290-1.

Řešení následků mimořádných událostí v podnikovém prostředí

Ing. Kristýna Schneiderová¹, Ing. Mgr. Kamila Čížová²

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

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

Abstrakt:

Tento článek se zaměřuje na problematiku řešení následků mimořádných událostí, způsobených převážně přírodními jevy, v podnikovém prostředí, což je zásadní pro udržení kontinuity podnikání a minimalizaci finančních ztrát. Analyzuje postupy a připravenost podniku, které mohou být využity k minimalizaci škod způsobených nepředvídatelnými událostmi, které nelze ovlivnit lidským faktorem, ale mohou způsobit vážné problémy v podnikových operacích a ohrozit celkovou stabilitu firmy. Článek se zaměřuje především na přírodní katastrofy naturogenního charakteru a technologické poruchy, kterým lze předcházet, ale nelze je úplně eliminovat. Využívá technologické přístupy k identifikaci klíčových prvků a metod pro účinnou eliminaci následků mimořádných událostí a optimalizaci obnovy podnikových operací. Cílem je poskytnout komplexní pohled na problematiku a navrhnout řešení pro zvládnutí krizových situací a mimořádných událostí v podnikovém prostředí.

V rámci článku jsou analyzovány různé přístupy k eliminaci následků mimořádných událostí. To zahrnuje identifikaci klíčových rizikových faktorů, vytvoření plánu krizové připravenosti a implementaci preventivních opatření k minimalizaci škod. Důležitou součástí je také vypracování postupů pro rychlou reakci a obnovu podnikových funkcí po výskytu mimořádné události.

Klíčová slova: Mimořádná událost, analýza rizik, podnikové prostředí, následek, plán krizové připravenosti, připravenost, následek.

1 Úvod

Mimořádné události a krizové situace představují významné hrozby pro podniky v dnešním neustále se měnícím podnikatelském prostředí. Přírodní katastrofy, technologické poruchy, teroristické útoky a globální pandemie jsou pouze některé z mnoha faktorů, které mohou narušit běžný chod podnikání a způsobit vážné finanční ztráty. Proto je pro podniky klíčové mít efektivní plány a postupy pro eliminaci následků mimořádných událostí a rychlou obnovu činnosti. [1]

Tento článek se zaměřuje na důležitost eliminace následků mimořádných událostí v podnikovém prostředí a analyzuje různé strategie a postupy, které mohou být použity k minimalizaci škod a maximalizaci resilience podniku. Důkladná analýza klíčových rizikových faktorů, implementace

preventivních opatření a vypracování plánů pro krizové řízení jsou nezbytné k minimalizaci dopadů nepředvídatelných událostí na podnikové operace a zachování kontinuity podnikání. [1]

Tento článek se opírá o praktické příklady a osvědčené postupy z praxe, aby poskytla ucelený pohled na problematiku a pomohla podnikům připravit se na nepředvídatelné mimořádné události s co nejmenšími negativními důsledky. Představení vhodných strategií a nástrojů pro řízení krizových situací může být klíčem k úspěšnému překonání nepředvídatelných výzev a udržení konkurenceschopnosti v dynamickém podnikovém prostředí. [1]

2 Analýza rizik a identifikace klíčových hrozeb

Mimořádné události mohou mít rozsáhlé a katastrofální dopady na podnikové operace a finanční stabilitu. Proto je klíčové provést důkladnou analýzu rizik a identifikovat potencionální hrozby, kterým je podnik vystaven. Tato kapitola se zaměřuje na proces analýzy rizik a identifikaci klíčových faktorů, které by mohly vést k mimořádným událostem.

Dalším krokem je kvantifikace rizik a jejich prioritizace podle jejich pravděpodobnosti výskytu a dopadu na podnik. To umožňuje podnikům určit, na které hrozby by měly být zaměřeny jejich zdroje a pozornost v rámci strategie eliminace následků mimořádných událostí.

V této kapitole jsou také diskutovány metody pro systematické hodnocení rizik a nástroje pro vizualizaci a sledování identifikovaných hrozeb. Efektivní analýza rizik je klíčovým krokem při přípravě podniku na nepředvídatelnou událost a stanovení strategií pro jejich eliminaci a minimalizaci následků.

2.1 Identifikace rizik

Identifikace rizik je klíčovým prvkem úspěšného řízení rizik v podnikovém prostředí. Důraz na identifikaci rizik spočívá v tom, že umožňuje podnikům rozpoznat a pochopit potencionální hrozby, kterým mohou být vystaveny, a přijmout odpovídající opatření k minimalizaci jejich negativního dopadu. Identifikace rizik umožňuje podnikům identifikovat slabé body ve svých procesech, systémech a strategiích a předcházet možným problémům nebo krizovým situacím. Je to také klíčové pro vytváření plánů krizového řízení a obnovy, které mohou být rychle implementovány v případě výskytu nepředvídatelných událostí. Pro podniky je tedy identifikace rizik nezbytná nejen pro ochranu jejich aktiv a reputace, ale také pro udržení konkurenceschopnosti a dlouhodobé udržitelnosti v dynamickém podnikatelském prostředí. [2]

Identifikace rizik by měla obsahovat následující body:

- **Vymezení cíle identifikace rizik:** V této části by mělo být jasně stanoveno, jaký je hlavní cíl identifikace rizik v rámci podniku a jakým způsobem bude identifikace rizik přispívat k dosažení strategických cílů podniku.
- **Použité metody a postupy:** Stručný přehled metod a postupů, které budou použity při identifikaci rizik, včetně jejich výhod a omezení.
- **Rozsah identifikace:** Popis rozsahu identifikace rizik, včetně oblastí podnikového prostředí, které budou zahrnuty, a způsobu, jakým budou identifikována specifická rizika v těchto oblastech.

- **Způsoby sběru informací:** Informace o metodách sběru dat a informací nezbytných pro identifikaci rizik, včetně zapojení relevantních stakeholderů a odborníků na dané oblasti.
- **Proces identifikace rizik:** Stručný popis procesů identifikace rizik, včetně kroků a postupů, které budou použity k identifikaci potencionálních rizik a hrozeb pro podnik. [2]

2.2 Stanovení klíčových hrozeb pro podniky v prostředí České republiky

Přírodní rizika jsou zdroje vystavení riziku, které pochází z přírodního prostředí v důsledku hydrologických, meteorologických, seismických, geologických, vulkanických, masových pohybů nebo jiných přírodních procesů. Jedná se o hrozby, jelikož energie, kterou vytváří představuje riziko pro lidskou a zvířecí populaci, zemědělství, fyzické struktury (včetně infrastruktury) nebo sociální a ekonomické fungování komunit. [3] Ne všechna přírodní rizika mají potenciál vzniku na území České republiky. Níže jsou uvedeny příklady klíčových hrozeb, které by mohly podnikové prostředí poškodit.

Bude-li uvažováno konkrétní prostředí, lze na základě analýzy předpokládat, že je nezbytné připravit společnost na možné katastrofy jako jsou povodně, lesní požáry, tornáda, vichřice. Ty mohou způsobit materiální škody a přerušení podnikových operací.

Zdravotní krize jako je pandemie, mohou mít značný dopad na podnikové aktivity v České republice, včetně omezení pohybu zaměstnanců, uzavření podniků a snížení poptávky po produktech a službách. [3]

Technologické poruchy a kybernetické útoky jsou další velkou hrozbou. S nárůstem digitální transformace a závislostí podniků na informačních technologiích se stává stále větší hrozbou výpadek elektrické energie, selhání IT systémů a kybernetické útoky. Tyto události mohou mít značný dopad na podnikové operace a bezpečnost dat. [3]

Identifikace těchto klíčových hrozeb je důležitá pro podniky v při vypracování strategií pro eliminaci následků mimořádných událostí a minimalizaci rizik spojených s provozem v této oblasti.

2.3 Analýza jednotlivých rizik a dopad na podnikové prostředí

Po identifikaci klíčových hrozeb je nezbytné provést detailní analýzu každé z nich a určit možné dopady na podnikové operace a finanční stabilitu. Tato analýza by měla zahrnovat kvantifikaci pravděpodobnosti výskytu každé hrozby a jejího potencionálního dopadu na různé oblasti podniku, včetně finančních ztrát, reputačních škod, přerušení dodavatelského řetězce a dalších aspektů.

Na základě této analýzy je možné prioritizovat hrozby podle jejich závažnosti a pravděpodobnosti výskytu a vypracovat plán pro jejich eliminaci nebo minimalizaci následků. To může zahrnovat implementaci preventivních opatření, jako jsou záložní zdroje energie, zabezpečení IT infrastruktury, pojištění a smlouvy s alternativními dodavateli.

Dalším důležitým krokem je vypracování plánů krizového řízení, který definuje postupy a zodpovědnosti pro rychlou a efektivní reakci na krizové situace. Tento plán by měl být pravidelně aktualizován a testován prostřednictvím cvičení a simulací, aby byla zajištěna jeho účinnost v případě potřeby.

Kromě toho je důležité zajistit dostatečnou informovanost zaměstnanců a zajištění přístupu k vhodnému výcviku a zdrojům pro řízení mimořádné události. Komunikace s interními a externími

zajímavými stranami, jako jsou zákazníci, dodavatelé a veřejnost, je také klíčová pro udržení důvěry a minimalizaci škod v případě krizové situace.

Celkově je úspěšná eliminace následků mimořádných událostí v podniku závislá na důkladné analýze rizik, vypracování příslušných plánů a postupů a pravidelném monitorování a aktualizaci těchto opatření v souladu s měnícími se podmínkami a hrozbami.

Metoda analýzy rizik je základním nástrojem pro posouzení potenciálních rizik a jejich dopadů na podnikové operace a finanční stabilitu. Existuje několik různých metod analýzy rizik, které mohou být použity v závislosti na konkrétních potřebách a charakteristikách podniku. [3]

- **Hodnocení pravděpodobnosti a dopadu:** Tato metoda se zaměřuje na posouzení pravděpodobnosti výskytu každého rizika a jeho potenciálního dopadu na podnik. Rizika jsou pak prioritizována podle své závažnosti a pravděpodobnosti výskytu. [4]
- **SWOT analýza:** SWOT analýza zkoumá sílu, slabiny, příležitosti a hrozby podniku. Tato metoda umožňuje identifikovat interní a externí faktory ovlivňující podnik a posoudit jejich dopad na rizika. [5]
- **FMEA (Failure Mode and Effects Analysis):** FMEA je systematická metoda pro identifikaci potenciálních selhání, jejich příčin a dopadů na podnikové operace. Tato metoda je často používána v průmyslu a technologických oblastech, lze ji ovšem aplikovat na jakékoliv aktivum i v oblastech jiných. [6]
- **Bow tie analýza:** Bowtie analýza je grafická metoda, která vizualizuje rizika, příčiny a následky určené události. Tato metoda umožňuje podrobnější porozumění rizikům a jejich souvislostem. [7]
- **Monte Carlo simulace:** Monte Carlo simulace je problematická metoda, která modeluje možné scénáře a jejich pravděpodobnost výskytu. Tato metoda umožňuje kvantifikovat rizika a jejich dopady na podnik. [8]

Tyto metody analýzy rizik poskytují podnikům nástroje a postupy pro identifikaci, hodnocení a kvantifikaci rizik spojených s provozem. Použití vhodných metod analýzy rizik je klíčové pro úspěšné řízení rizik a minimalizaci jejich následků na podnikové operace.

3 Plán krizového řízení

Plán krizové připravenosti by měl být strukturován tak, aby poskytoval podrobný rámec pro reakci na různé typy mimořádných událostí a minimalizaci jejich dopadů na podnikové aktivity. Jedním z klíčových prvků plánu je definice rolí a odpovědností jednotlivých pracovníků a oddělení v rámci organizace. Každá osoba by měla být jasně určena s pověřením určitých úkolů a rozhodovací pravomocí během krizové situace. [9]

Dalším důležitým aspektem plánu krizové připravenosti je komunikace. Podnik by měl mít jasné stanovené postupy pro komunikaci s interními zaměstnanci, zainteresovanými odděleními a externími zainteresovanými stranami, jako jsou zákazníci, dodavatelé, regulační orgány a veřejnost. Rychlá

transparentnost a koordinovaná komunikace je klíčová pro minimalizaci chaosu a udržení důvěry ve vedení podniku během krizové situace. [9]

Plán by také měl obsahovat detailní postupy pro obnovu podnikových operací po krizové situaci. To zahrnuje identifikaci kritických funkcí, které je nezbytné obnovit co nejdříve, a zajištění dostupnosti zdrojů a infrastruktury pro obnovení normálních provozních podmínek. Dále by měly být stanoveny postupy pro revizi a aktualizaci plánu po každé krizové události, aby bylo zajištěno, že se podnik poučí z předchozích zkušeností a zlepší svou schopnost reagovat na budoucí krize. [9]

Cvičení a testování plánu krizové připravenosti jsou také klíčovými prvky, které by měly být pravidelně prováděny. Tímto způsobem mohou zaměstnanci získat praktické zkušenosti s reálnými krizovými situacemi a plán může být zdokonalen na základě identifikovaných slabých míst a lekcí z cvičení. [9]

Celkově je plán krizové připravenosti pro podnik základním nástrojem pro ochranu aktiv, zachování důvěryhodnosti a udržení kontinuity podnikání v případě mimořádných událostí. Jeho správná implementace a pravidelné aktualizace jsou klíčové pro úspěšné řízení krizových situací a minimalizaci jejich dopadů na podnik. [9]

3.1 Implementace postupů plánu krizové připravenosti

Po vypracování plánu krizové připravenosti je klíčové provést jeho testování a cvičení, aby se ověřila jeho účinnost a schopnost reagovat na různé krizové scénáře. Testování a cvičení jsou nezbytné pro zajištění toho, že plán je dobře promyšlený, že je pochopen a že je možné jej úspěšně provést v reálném prostředí. [9]

Testování plánu krizové připravenosti by mělo zahrnovat simulace různých krizových situací a reálných událostí, které by mohly ohrozit podnikové aktivity. To může zahrnovat simulace požárů, úniku chemických látek, kybernetických útoků nebo jiných mimořádných událostí, které by mohly narušit běžný chod podniku. Během testování by měly být zjišťovány jak technické aspekty plánu (například funkčnost záložních systémů), tak i lidské reakce a schopnost komunikovat a spolupracovat v krizových situacích. [9]

Cvičení plánu krizové připravenosti by měla být pravidelně prováděna s účastí zaměstnanců a vedoucího managementu. Cvičení by měla zahrnovat simulované scénáře krizových situací, diskuse a debaty o postupech a rozhodování v různých situacích a evaluaci výsledků a zjištěných zlepšení. Cílem cvičení je zlepšit povědomí zaměstnanců o plánu krizové připravenosti, zvýšit jejich dovednosti a schopnost reakce a poskytnout jim prostor k identifikaci případných nedostatků a možných vylepšení. [9]

Pravidelné testování cvičení plánu krizové připravenosti jsou klíčové pro udržení jeho účinnosti a schopnosti reagovat na aktuální hrozby a výzvy. Jsou to také příležitosti k neustálému zlepšování plánu na základě získaných zkušeností a nových poznatků o mimořádných událostech a jejich dopadech na podnik. [9]

3.2 Monitorování a aktualizace plánu krizové připravenosti

Monitorování a pravidelná aktualizace plánu krizové připravenosti jsou klíčové pro udržení jeho relevance a účinnosti v rychle se měnícím podnikovém prostředí. Bez neustálého sledování nových hrozeb, technologických změn a vývoje krizových situací by plán mohl ztratit svou hodnotu a stát se zastaralým. [10]

Monitorování by mělo zahrnovat průběžnou analýzu prostředí podniku a identifikaci nových rizik, které by mohly ohrozit jeho činnost. To může zahrnovat sledování nových trendů v oblasti kybernetické bezpečnosti, změn v regulačním prostředí nebo výskyt nových typů hrozeb. Zároveň by měly být monitorovány výsledky testování a cvičení plánu krizové připravenosti, aby bylo možné identifikovat případné nedostatky nebo slabé body a provést odpovídající úpravy. [10]

Aktualizace plánu by měla být prováděna pravidelně na základě zjištěných změn v rizikovém prostředí a získaných zkušeností z cvičení a testování. To zahrnuje revizi postupů, aktualizaci kontaktů, zdrojů a technologií používaných v plánu a implementaci nových opatření na základě identifikovaných potřeb a doporučení. [10]

Důležitou součástí procesu monitorování a aktualizace je také pravidelný audit plánu krizové připravenosti, který poskytuje objektivní hodnocení jeho účinnosti a shody s interními a externími normami a předpisy. Na základě výsledků by měly být provedeny příslušné úpravy a zlepšení, aby bylo zajištěno, že plán je neustále připraven reagovat na aktuální rizika a výzvy. [10]

Celkově je monitorování a aktualizace klíčovými prvky efektivního řízení krizové připravenosti podniku. Pravidelným sledováním a pružnou reakcí na změny v prostředí mohou podniky zajistit, že jejich plán krizové připravenosti zůstane aktuální a účinný v rámci dynamického a neustále se měnícího podnikatelského prostředí. [10]

4 Řešení následků

Mimořádné události, jako jsou přírodní katastrofy, požáry, kybernetické útoky nebo pandemie, mohou mít značný dopad na podnikové operace a prostředí. I pře vytvoření plánů krizové připravenosti, nelze očekávat, že podnik nebude čelit následkům. Účinné řešení těchto následků je klíčové pro minimalizaci škod a obnovení běžného chodu podniku.

4.1 Analýza následků

Prvním krokem při řešení mimořádných událostí je provedení detailní analýzy následků, kterou porovnáme s plánem krizové připravenosti. To zahrnuje identifikaci konkrétních škod a ztrát, které událost způsobila, a hodnocení jejich dopadů na různé oblasti podnikání, včetně financí, infrastruktury, lidských zdrojů a zákaznických vztahů. Na základě této analýzy lze lépe porozumět rozsahu problému a určit nezbytné opatření k jeho řešení. Implementovat poznatky do plánu krizové připravenosti a následně s nimi do budoucna pracovat. [11]

4.2 Krizové řízení a obnova

Po provedení analýzy následků je nutné okamžitě aktivovat plán krizového řízení a obnovy. To zahrnuje mobilizaci týmů krizového managementu, který bude mít za úkol koordinovat reakci na událost,

komunikovat s relevantními zainteresovanými stranami a implementovat nezbytná opatření k minimalizaci škod a obnově provozu podniku. Zároveň je důležité zajistit, aby byla zachována transparentnost a pravidelná komunikace s interními a externími zainteresovanými stranami, aby byli informováni o aktuální situaci a opatření podniku. [11]

4.3 *Adaptace a změna*

Mimořádné události mohou vyvolat potřebu adaptace a změny v podnikových strategiích a procesech. Po obnovení běžného chodu podniku je důležité provést důkladné zhodnocení události a identifikace možné příčiny a nedostatky v existujících procesech a systémech. Na základě tohoto zhodnocení lze provést nezbytné úpravy a inovace, které by mohly zlepšit odolnost podniku vůči budoucím mimořádným událostem. [11]

4.4 *Udržitelnost a připravenost*

Nakonec je důležité vzít v úvahu dlouhodobou udržitelnost a připravenost podniku vůči budoucím mimořádným událostem. To zahrnuje investice do prevence a připravenosti, jako jsou plány krizové připravenosti a jejich aktualizace, záložní systémy a infrastruktura, školení zaměstnanců a spolupráce s externími odborníky a orgány krizového řízení. Udržení pružnosti a adaptability je klíčové pro zajištění dlouhodobé úspěšnosti a odolnosti podniku v neustále se měnícím a nejistém podnikatelském prostředí. [11]

5 *Závěr*

Řízení rizik a připravenost na mimořádné události je klíčová pro přežití podniku. V dnešní době jsme obklopeni různými hrozbami, na které je třeba reagovat, a především jim předcházet. Identifikací a analýzou jednotlivých hrozeb lze předpokládat, co může podniku hrozit a připravit se na možné ztráty. Tvorba a aktualizace plánů krizové připravenosti, je efektivní způsob, jak minimalizovat dopad mimořádné události na podnik.

Pokud budeme mít efektivně zpracovány a průběžně testovány a aktualizovány plány krizové připravenosti, lze předpokládat, že následné škody budou nižší. V případě, že mimořádná událost nastane, lze na ni efektivně reagovat.

Mimořádné události jsou nevyhnutelné. V případě, že některá postihne podnik, lze ji zvládnout s minimálními ztrátami. Řešení následků může být efektivní a rychlé. Z toho důvodu je nezbytné dávat důraz na prevenci a předcházení mimořádným událostem.

Reference

- [1] ANTUŠÁK, Emil. *Krizová připravenost firmy*. Praha: Wolters Kluwer Česká republika, 2013. ISBN 978-80-7357-983-8.
- [2] KORECKÝ, Michal a Václav TRKOVSKÝ. *Management rizik projektů: se zaměřením na projekty v průmyslových podnicích*. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3221-3.
- [3] HADDOW, George, Jane BULLOCK a Damon COPPOLA. *Emergency Management*. Velká Británie: Book Aid International, 2021. ISBN 978-0-12-817139-4.

- [4] SMEJKAL, Vladimír a Karel RAIS. *Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích. 4., aktualiz. a rozš. vyd.* Praha: Grada, 2013. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4644-9.
- [5] SalesMan. *SalesMan* [online]. 2024 [cit. 2024-04-18]. Dostupné z: <https://www.salesman.cz/swot-analyza-odhali-vase-silne-i-slabe-stranky-a-pomuze-s-firemni-strategii/>
- [6] MYKISKA CSC., Doc. Ing. Antonín a Ing. Pavel VOTAVA. *Úloha a aplikační možnosti metody FMEA při zabezpečování spolehlivosti.* Praha, 2001. Materiál z 5. setkání odborné skupiny pro spolehlivost. Česká společnost pro jakost.
- [7] Sphera [online]. 2024 [cit. 2024-04-18]. Dostupné z: <https://sphera.com/glossary/what-is-a-bow-tie-analysis/>
- [8] DŘÍMAL, Jiří, David TRUNEC a Antonijn BRABEC. *Úvod do metody Monte Carlo.* Brno, 2006. Seminární práce. Masarykova univerzita.
- [9] ČESKÁ REPUBLIKA. *Metodika zpracování plánů krizové připravenosti podle § 17 až 18 nařízení vlády č. 462/2000 Sb., k provedení § 27 odst. 8 a § 28 odst. 5 zákona č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon), ve znění pozdějších předpisů.* In: . 2012. ISSN MV-140690-1/PO-PKR-2011.
- [10] ČESKÁ REPUBLIKA. *Zákon o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon).* In: . 20000, 240/2000.
- [11] NEUGEBAUER, Tomáš. *Vyhledání a vyhodnocení rizik v praxi. 3. vydání.* Praha: Wolters Kluwer, 2018. ISBN 978-80-7552-072-2.

Hodnocení bezpečné evakuace při společenské hromadné akci

Michal Dvořák¹

¹VŠB-TUO, Fakulta bezpečnostního inženýrství

Lumírova 13, 700 30 Ostrava-Výškovice, michal.dvorak@vsb.cz

Abstrakt: Tématem popisované práce bylo hodnocení bezpečné evakuace při hromadné společenské akci. Vybraný byl hudební festival Veveří, který je součástí konceptu festivalů, který hraje po celém území našeho státu a lidé jej znají pod názvem HRADY CZ. První část článku, který je vytvořen z autorovo diplomové práce popisuje společenské hromadné akce na území České Republiky a okrajově se dotýká statistik hudebních festivalů. Následně jsou v článku popsána možná místa konání společenských akcí a jsou vymezená možná rizika, která hrozí zúčastněným osobám. Dále jsou v práci popsány podmínky a zásady pro zabezpečení hromadných akcí, povinnosti a omezení pořadatelů. Další část práce rozebírá bezpečnost osob v případě mimořádné události a je popsána problematika pohybu davu. V předposlední části se autor věnuje popisu vytvoření případové studie, kde zpracovával tři možné scénáře. Scénáři je myšleno, různé rozpoložení zúčastněných diváků a jejich celkové počty v areálu festivalu. Závěrem jsou popsány výstupy z provedené modelace evakuace a zmíněných scénářů. Poslední část se věnuje popisu navržených technických a organizačních opatření. K dosažení použitelného softwarového modelu evakuace osob ze zmíněné hromadné akce autor práce využil zahraniční program zvaný Pathfinder, který je v dnešní době lídrem v tomto odvětví. Autor práce vychází z reálného rozpoložení areálu. Dispozice stánků, podií, oplocení se díky fotkám a mapování GPS blíží skutečnému stavu.

Klíčová slova: evakuace osob, společenské akce, Pathfinder, panika, případová studie

1 Úvod

Společenské akce na území České republiky jsou jednou z mnoha možností trávení volného času pro obyvatele naší republiky. Do těchto akcí můžeme zařadit různé sportovní zápasy a závody, divadelní představení, nebo hudební festivaly.

To, co mají všechny tyto akce ve většině společného je velké množství osob. Nacházejí se zde nejmladší jedinci jako jsou děti, přes dospělé osoby až k důchodcům s možnou omezenou schopností pohybu a orientace. Všem těmto jedincům hrozí určitá nebezpečí, která jsou specifická pro danou událost.

Jedno z mnoha nebezpečí, které zúčastněným jedincům hrozí je možné zranění či dokonce smrt při vzniklé davové panice a tlačení. V případě vzniku paniky a následnou evakuací ať již z objektu ven, nebo z otevřeného prostoru hudebního festivalu vznikají situace, kdy jedinci nebo skupiny jedinců jednájí jen v zájmu zachování svého života.

Organizátoři hromadných společenských akcí si jsou do jisté míry vědomi, že k těmto davovým a jiným situacím může docházet, a proto se při jejich organizování snaží těmto negativním

účinkům na osoby zamezit. K zabezpečení osob existují různé příručky, nařízení a předpisy, které definují základní bezpečnostní pravidla pro organizování.

Pokud se podíváme do nedaleké historie, můžeme vidět, že úmrtí při společenských hromadných akcí důsledkem davové paniky není pouze přežitek, ale hořká realita. Příkladem mohou být dvě akce z roku 2022, kdy při fotbalovém zápase v Indonésii zahynulo 125 osob. Při vzniklé panice se policie pokoušela rozehnat dav, který vtrhl na hřiště. Druhým příkladem je úmrtí 153 osob při Halloweenské párty v ulicích v Jižní Koreji [1], [2].

I přes různá bezpečnostní opatření může k těmto životu ohrožujícím situacím pro zúčastňující se osoby docházet, a proto je dobré se touto tematikou stále zabývat a zdokonalovat ji.

Cílem diplomové práce, o které zde autor píše, bylo posoudit pohyb evakuovaných osob při společenské hromadné akci na vnějším prostranství, zhodnotit jejich bezpečné zajištění a navrhnout vhodná technická a organizační opatření na základě vypracované případové studie. Evakuace osob byla modelována na hudebním festivalu Veveří, který je dílčí hudební akcí Hrady CZ.

2 Společenské hromadné akce na území ČR

Hromadných společenských akcí v naší republice, a nejen v ní, existuje veliká škála. Lze je rozpoznat a rozdělit podle kritérií jako je počet zúčastněných osob, doba konání události, účel společenské akce (závod, divadlo, festival). Z hlediska bezpečnosti je však důležité, jak takové místo vypadá a jakou má přístupnost.

V následující části jsou nastíněny statistické údaje, vztažené k hromadným společenským akcím malého a velkého rozsahu (například nejnavštěvovanější akce na území ČR **Tabulka 1**), se kterými je v práci uvažováno. Dále jsou popsána možná místa uskutečnění a hrozby, které na těchto událostech hrozí.

Tabulka 1. Nejnavštěvovanější akce na území ČR

Název sportovní akce	Doba trvání akce	Počet návštěvníků
Zlatá tretra Ostrava	1 den	do 15 000
Velká pardubická	1 den	přes 30 000
Biatlon Nové Město na Moravě	4 dny	cca 30 000 denně
Mistrovství světa v hokeji (2004, 2015)	17 dní (64 zápasů)	cca 10 000 zápas
České hokejové hry	3 dny (5 zápasů)	přes 5 000 na zápas

Společenské hromadné akce se mohou uskutečňovat na třech místech/lokality. Lokality události lze rozdělit na vnitřní (indoorové), venkovní (outdoorové) nebo jejich kombinace. [3]

Osobám nacházejících se na hromadné akci hrozí mnohá nebezpečí, která ohrožují jejich zdraví a životy. Tato nebezpečí lze rozdělit do 2 základních skupin, a to na antropogenní a naturogenní [4].

Nejčastějšími naturogenními hrozbami se kterými se můžeme na území ČR setkat, jsou různé meteorologické jevy, jakou jsou teplotní extrémy, vichřice, bouřky, déšť, náhlé výkyvy teplot, krupobití. Výjimečně hrozí riziko v podobě zdravotních komplikací účastníků akce (podchlazení, dehydratace apod.). Tyto hrozby primárně ovlivňují venkovní outdoorové akce, mohou však

i negativně ovlivnit či přerušit konání vnitřních akcí např. při zatopení prostor v důsledku bleskových povodní [4], [5], [6].

Antropogenní bezpečnostní hrozby zahrnují úmyslné či neúmyslné jednání jednotlivce nebo skupiny osob, které může ohrozit zdraví a životy návštěvníků akce či samotný průběh akce. Hrozby tohoto typu jsou velice rozsáhlé, ať už z pohledu způsobu provedení, iniciace nebo velikosti dopadů. Při zabezpečování společenských a kulturních akcí malého či velkého rozsahu je nutné počítat s tím, že zdrojem těchto hrozeb může být kdokoliv, včetně účastníků, či z řad osob podílejících se na konání samotné akce jakou jsou dodavatelé, účinkující, organizační tým atd. [4], [6].

3 Stanovení zásad plánování a zabezpečení hromadných akcí

Každá hromadná akce ať již malého nebo velkého rozsahu musí splňovat základní pravidla pro zabezpečení a ochranu zdraví a majetku. Hudební festival jako je Veveří musí splňovat určité bezpečnostní standardy k jejich zabezpečení. Dále musí akce splňovat pravidla a nařízení, která jsou dána ve vyhláškách a zákonech.

V současné době existují tři pomocné metodiky, které jsou přímo zaměřené na hromadné akce z pohledu bezpečnosti.

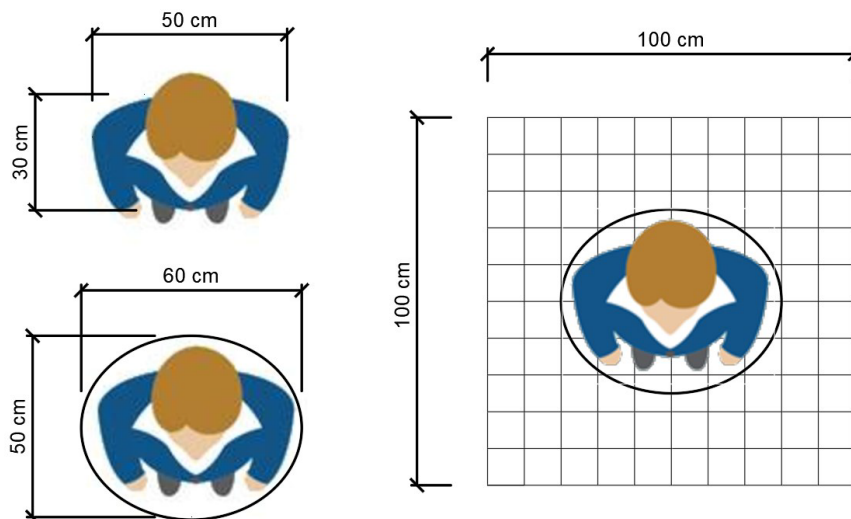
- Metodika České lékařské společnosti J. E. Purkyně – Zdravotnické zajištění kulturních a sportovních akcí [7].
- Kulturní (a obdobné) akce pod otevřeným nebem – Metodická pomůcka Ministerstva pro místní rozvoj ČR [8].
- Bezpečnostní standardy pro pořadatele letních sportovních, kulturních a společenských akcí [9].

Organizátoři těchto akcí musí dodržovat určité povinnosti stanovené zákony či vyhláškami. Dále jsou svazováni například obecně závaznou vyhláškou. Musí posoudit rizika, k čemu lze použít různé metody jako je například Check-list apod. Dobrým návodem mohou být „*Bezpečnostní standardy pro pořadatele letních sportovních, kulturních a společenských akcí*“ [9], vydaným ministerstvem vnitra. Podrobně jsou podmínky vypsány v diplomové práci, či zmíněných dokumentech.

4 Problematika pohybu davu

V případě vzniku mimořádné události na hromadné společenské akci jako je například hudební festival, či jakákoliv jiná sportovní nebo divadelní událost, je třeba při navrhování samotné události nebo areálu pracovat s problematikou pohybu davu. Samotné chování jedinců nebo skupin v davu je popsáno nejrůznějšími autory a výzkumy. Následující část se snaží nastínit alespoň základní, ale stěžejní termíny a parametry, které je potřeba znát k vytvoření případové studie. Pod pojmem dav si můžeme představit přechodné, neorganizované shromáždění velkého počtu osob ve stejném prostoru. Shromáždění těchto osob může být záměrné, tzn., že účastníky spojuje program, myšlenka nebo postoj ke konkrétní osobě nebo problém [10]. Základním předpokladem před samotným modelováním evakuace pohybu osob bylo pochopení lidského chování a vlastností osob. Dav jako takový je složen z velkého počtu osob, a proto je zapotřebí

nejprve porozumět vlastnostem, zejména prostorovým nárokům jednotlivce. Základní měrnou jednotkou při modelování pohybu davu je jeho hustota [osoba/m²]. Minimální prostor jednotlivce a interakci s okolními osobami popisuje tzv. „elipsa těla“. Tento koncept „Body Ellipse“ a „Body Buffer zone“ uvedl poprvé do praxe J. J. Fruin ve své knize [11], ve které popisuje, že se jedná o prostor zahrnující 95 % percentil půdorysné plochy jednotlivce a jeho osobního prostoru, ve kterém se snaží vyhnout přímému kontaktu s okolními osobami.



Obrázek 1. Levé obrázky reprezentují rozměry typického těla a elipsy. Na pravém obrázku je vyobrazena plocha elipsy, která dle Fruina činí 0,22 m².

Při posuzování statické hustoty je také důležitý úhel pohledu. Pokud se budeme na stojící dav dívat ze shora (půdorysně), nebude nám hustota připadat taková, jako když se budeme na tento dav dívat šikmo, z mírně vyvýšeného místa.



Obrázek 2. Pohled na osoby ze shora a z boku vzhledem k hustotě na m².

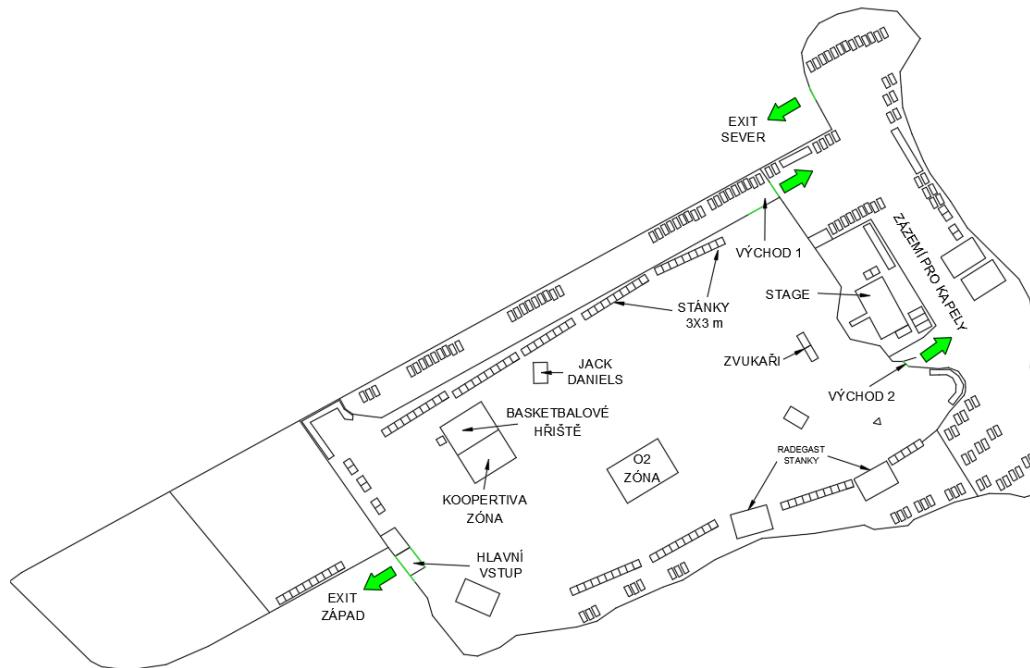
Kromě vymezení rozpořadí osob, jejich prostorových nároků, rychlosti osob vzhledem k věku, pohlaví popřípadě zdravotní indispozici jsou důležité davové situace jako například vzniklá tlačence, či postupující davový kolaps.

5 Vytvořená případová studie hudebního festivalu Veverčí

V práci bylo postupně popsáno, za jakých podmínek může taková hromadná akce probíhat, jaká hrozí rizika zúčastněným osobám a také je popsána problematika pohybu davu a davové situace, ke kterým může docházet.

Dále se práce věnovala popisu a tvorbě případové studie hudebního festivalu Veverčí. Tato studie sloužila jako popis možné evakuace zmíněné akce. Nesloužila k definování pravidel chování osob na festivalu, ale byla k zjištění, jak by se mohly tyto osoby v případě evakuace pohybovat a jak by vypadal její průběh. Očekávalo se, že výsledkem proběhlé simulace modelu evakuace budou nalezena slabá místa, kde bude docházet ke hromadění osob a ke vzniku front. Dalším výsledkem byl celkový čas opuštění areálu dle rozmístění a počtu osob na festivalu.

Nejprve byl areál navštíven, popsán, vyfocen a následně byl vymodelován v počítači. Vstupní soubor pro modelaci v programu Pathfinder byl vytvořen v programu Autodesk AutoCAD 2018 na základě mapového podkladu v kombinaci s GPS trasováním festivalu pomocí zařízení Garmin. Zpracovatel práce se osobně zúčastnil hudebního festivalu a nafotil mnoho vizuálních dokumentů zobrazujících areál a jeho detaily. Nafocené materiály byly společně s mapovými podklady použity k reálnějšímu namodelování areálu. V místě konání hudební akce bylo identifikováno celkem 5 únikových cest, přičemž tři vedly ven z areálu a dvě sloužily jako mezi krok. Jako jeden a hlavní únikový východ byl identifikován vstup do areálu. Jednalo se o obdélníkový stan rozměrů cca 6 m x 10 m. Tento vstup skrze stan byl dále rozdělen do 6 úseků (koridorů) pro lepší kontrolu vstupenek a zakázaných předmětů účastníků při vstupu na festival. Tři únikové východy byly tvořeny klasickým plotem pro oplocení festivalu 3 m x 2 m. Na těchto plotech byl vyvěšen banner zobrazující únikový východ.

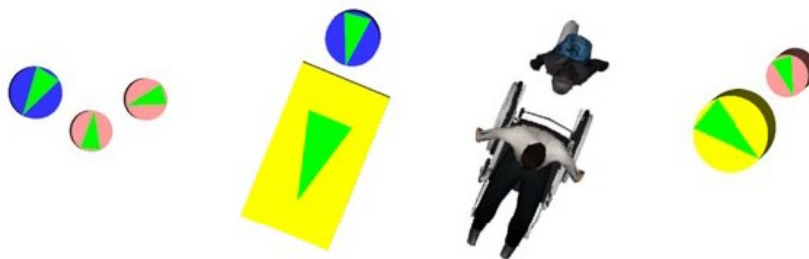


Obrázek 3. Areál festivalu zobrazující únikové východy. Na obrázku lze vidět severní a západní exit, které jsou hlavními východy.

Do simulace byl zvolen počet 8 500 osob (pro Scénář A). Rozmístění osob je v průběhu hudební produkce nejhustější okolo hlavního podia a v jeho okolí. Naopak když neprobíhala hudební produkce, hustota osob zde byla nejnižší a nejvyšší byla u stánků s občerstvením a u toalet. Areál festivalu byl rozdělen do pomyslných 6 prostorů, přičemž v každém z nich byla stanovena jiná koncentrace dle aktuálního dění na festivalu. To znamená, že v průběhu hudební produkce byla koncentrace osob největší u podia a se vzdáleností tato hustota klesala.

Byly definovány 3 scénáře, které nesly a nesou označení A, B, C. Každý scénář uvažuje s obdobnou iniciační událostí (například propašovaná pyrotechnika, která byla hozena do davu, stánek s občerstvením chytl od plynového hořáku, pyrotechnika jedné z vystupujících kapel vlétla do davu apod.) načež dojde ke vzniku paniky a snahy se dostat z místa iniciace a okolí pryč. **Scénář A** pracuje s počtem 8500 osob, které se nachází především v okolí podia. **Scénář B** uvažuje s počtem 8 500 osob, ale rozmístěných různě po areálu mimo průběh hudební produkce. **Scénář C** pracuje s vyšším počtem osob a to 12 500. Základní předpoklad evakuace je pohyb osob směrem od ohniska iniciace k východu (exitu).

Po vytvoření prostoru areálu a představě o tom, jak se osoby chovají v davu byly vytvořeny tzv. agenti. Postavičky, které reprezentují návštěvníky. Každý takový agent má své vlastnosti. Jiné rozměry, jinou rychlost, jiný věk či pohlaví.



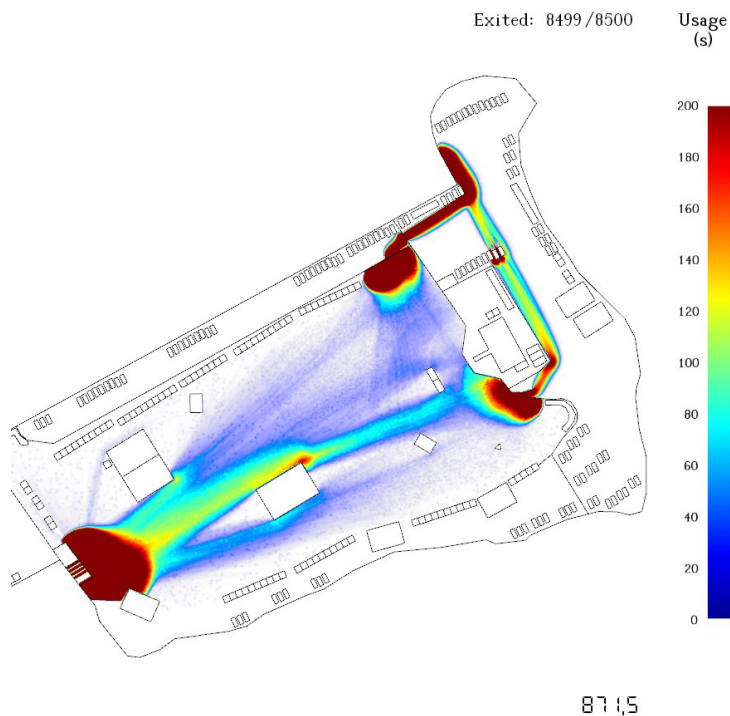
Obrázek 4. Ukázka agentů v modelaci. Lze je zobrazit jako obrazce, nebo jako reálné osoby.

Nyní bylo vytvořeno vše k realizování modelace. Posledním krokem byla jen dodatečná úprava geometrie areálu, kde docházelo k nesmyslnému kumulování osob. Například se upravoval vstupní stan, aby splňoval podmínku pouze 6 koridorů a opět s nepřiblížil reálnému stavu.

V autorově práci se nachází kapitola, které je věnována vyhodnocení jednotlivých scénářů. Autor zkoumal především:

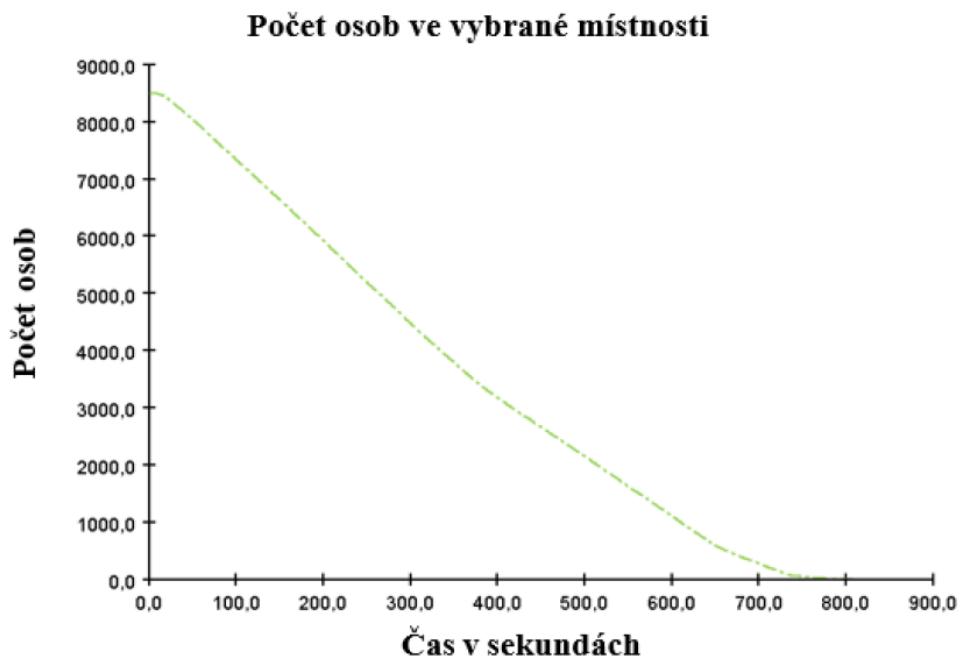
- **Celkovou dobu evakuace.** Doba evakuace je popsána evakuační křivkou, tj. závislostí doby evakuace na zbývajícím počtu osob (agentů) v simulaci, a teplotní mapou prostorového rozložení doby evakuace.
- **Hustota.** Veličina je popsána teplotní mapou a je interpretována spolu s teplotní mapou doby obsazenosti prostoru.
- **Doba do opuštění areálu.** Čas opuštění agentů jednotlivými exity.

Každému scénáři byla věnovaná vlastní část, kde kromě textového popsání byli i jednotlivé výstupy zobrazeny grafy či obrázky. Jako příklad budou ukázané obrázky ze scénáře A.



Obrázek 5. Rozložení osob, které zobrazuje kumulativní hustotu celého areálu. V červených zónách docházelo k největší hustotě osob (Scénář A).

Výsledkem proběhlé simulace modelace evakuace pro scénář A je, že celková doba evakuace 8 500 osob trvala 871,5 s (14,53 minut). Následující graf zobrazuje dobu opuštění všech osob hlavního prostoru festivalu. Z grafu můžeme vidět, že průběh evakuace byl takřka lineární a nedocházelo k různým skokům vlivem tlačenic a zablokování východů.



Obrázek 6. Počet unikajících osob v čase.

6 Závěr

V teoretické části byly nejdříve popsány statistické údaje týkající se počtu a druhů akcí pořádaných na území ČR. Dále jsou popsány antropogenní a naturogenní hrozby, které zúčastněným osobám hrozí.

Pro pochopení pohybu davu a s tím spojené problémy, byla vytvořena kapitola, popisující problematiku davu (parametry davu, davové situace apod.) čímž je vysvětleno, že chování davu je komplexnější záležitost a pro průběh simulace evakuace je velice důležité.

V praktické části, která se zabývala modelací simulace evakuace a tvorbou případové studie. Nejdříve byl popsán areál festivalu a místo konání. Následně jsou vydefinovány vstupní parametry pro modelování evakuace. Je určen počet osob, se kterými se bude v evakuaci uvažovat, včetně procentuálního zastoupení dle věku a je popsáno i rozmístění osob do 6 sektorů. Na základě již reálné představy o rozmístění (postavení) areálu a počtu osob, byly definovány 3 scénáře pro které byla následně provedena simulace v softwaru Pathfinder.

Získané údaje a výsledky z vypočítaných simulací jsou následně popsány a zaneseny do tabulek a grafů pro zvýšení přehlednosti. Zjištěné okolnosti ze simulací mohou poukázat na nedostatky areálu a stanovením technických či organizačních opatření zvýšit bezpečnost osob. **Scénář A** pracoval s nejreálnější možnou situací, která se může na hudebním festivalu nastat. Tedy, že evakuace bude probíhat v momentě hudební produkce, kdy jsou osoby natlačeny co nejbližší u podia. **Druhý scénář**, pracoval se stejným počtem osob, ale osoby byly rozmístěné různě po areálu a jejich koncentrace na m² nedosahovala takových hodnot. **Poslední scénář** pracoval s mnohem vyšším počtem osob a bylo zkoumáno, o jak moc se průběh evakuace zhorší, kdyby byl předimenzován počet návštěvníků. Z výsledků je patrné, že čím více únikových východů, tím lepší fluktuace osob, menší fronty a rychlejší celková doba evakuace. Další možnost, jak zefektivnit evakuaci osob, je zakreslení únikových východů do přehledového schématu areálu. Díky tomu je vyšší šance, že osoby budou vědět kterým východem opustit areál, a tím pádem nebudou všechny osoby směřovat k hlavnímu vstupu (tedy i výstupu) ale využijí i jiný východ.

Jednou z nejlepších variantou pro vybraný festival se jeví rozšíření únikových východů jakožto technické opatření. Pro tento případ byla provedena i další simulace, ze které bylo patrné, že rozšíření únikových východů zefektivní průběh evakuace.

Výsledné návrhy a opatření mohou být použity na zmíněném festivalu Veverčí, ale i na jiných společenských hromadných akcích podobného charakteru. Nastolením navržených technických a organizačních opatření může nejenom na této události, ale i na jiných, dojít k urychlení celkového času evakuace, ale tato opatření mohou přispět celkově i k lepšímu zabezpečení osob na společenských hromadných akcích.

Reference

- [1] BBC NEWS. Indonesia: At least 125 dead in football stadium crush [online]. 2022 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://www.bbc.com/news/world-asia-63105945>
- [2] BBC NEWS. S Korea Halloween crush: 'I was trapped on ledge, watching people die' [online]. 2022 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://www.bbc.com/news/world-asia-63443868>
- [3] MGR. KLÁRA JENČKOVÁ¹, ING. DORA LAPKOVÁ, PH.D.2. BEZPEČNOST NA KULTURNÍCH AKCÍCH SECURITY AT CULTURAL EVENTS [online]. 2021 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <http://trilobit.fai.utb.cz/Data/Articles/PDF/cff14a4f-7e39-47af-b457-30e097fab67f.pdf>
- [4] RNDR. IVAN VEVERKA CSC. – VYBRANÉ KAPITOLY KRIZOVÉHO ŘÍZENÍ, POLICEJNÍ AKADEMIE PRAHA. Základní dělení mimořádných událostí [online]. 2003 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: https://www.mesto-vlasim.cz/data/usr_001_novy_adresar_vlasim/zakladni_deleni_mim_udalosti.pdf
- [5] UNIVERZITA TOMÁŠE BATI, FAKULTA APLIKOVANÉ INFORMATIKY. Hromadné společenské a kulturní akce a jejich ochrana [online]. 2021 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/50142/Kotkova_Hromadne_spolecenske_a_kulturni_akce_a_jejich_ochrana_2021.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- [6] STATISTIKA KULTURY ČESKÉ REPUBLIKY. Poskytovatelé kulturních služeb [online]. 2023 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://www.statistikakultury.cz/poskytovatele-kulturnich-sluzeb/>
- [7] ČESKÁ LÉKAŘSKÁ SPOLEČNOST J. E. PURKYNĚ SPOLEČNOSTI URGENTNÍ MEDICÍNY A MEDICÍNY KATASTRO. Zdravotnické zajištění kulturních a sportovních akcí [online]. 2014 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: https://urgmed.cz/wp-content/uploads/2019/03/2014_hromadn%C3%A9_akce.pdf
- [8] MINISTERSTVO PRO MÍSTNÍ ROZVOJ ČR. KULTURNÍ (A OBDOBŇÉ) AKCE POD OTEVŘENÝM NEBEM [online]. 2019 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://mmr.gov.cz/getattachment/2c1cf770-585c-458e-867d-c342ff50e6d1/Kulturni-akce-pod-otevrenym-nebem.pdf.aspx?lang=cs-CZ&ext=.pdf>,
- [9] CENTRUM PROTI TERORISMU A HYBRIDNÍM HROZBÁM, MINISTERSTVO VNITRA. BEZPEČNOSTNÍ STANDARDY PRO POŘADATELE LETNÍCH SPORTOVNÍCH, KULTURNÍCH A SPOLEČENSKÝCH AKCÍ [online]. 2019 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://www.mvcr.cz/chh/soubor/brozura-bezpecnostni-standardy-pro-poradatele-sportovnich-kulturnich-a-spolecenskych-akci.aspx>

- [10] Martin Tesař Evakuace osob ze školského zařízení. Brno, 2019. 73 s.. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav automatizace inženýrských úloh a informatiky. Vedoucí práce doc. Mgr. Tomáš Apeltauer, Ph.D
- [11] FRUIN, J. J. Pedestrian Planning and Design. New York, NY, USA: Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners, 1971

Optická hustota dymu polyuretánovej peny

Katarína Košútová¹, Linda Makovická Osvaldová²

¹ Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 8215/1, 01026 Žilina, Slovensko, katarina.kosutova@uniza.sk

² Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 8215/1, 01026 Žilina, Slovensko, linda.makovicka@uniza.sk

Abstrakt: Téma optickej hustoty dymu je dôležitá z viacerých hľadísk. Najmä z dôvodu spôsobenia zmeny viditeľnosti pri požiari. Tento fakt má veľký vplyv na evakuáciu osôb, ale aj na zásah záchranných zložiek. V našej experimentálnej štúdii sme testovali optickú hustotu dymu izolačného materiálu, ktorý sa používa nie len ako spotrebný materiál ale najmä v stavebníctve. Konkrétne ide o polyuretánovú penu, ktorá má triedu reakcie na oheň E. Meranie prebiehalo podľa normy EN ISO 5659:2 2017, bez použitia zapaľovacieho plamienka pričom sme pracovali s tepelným tokom 25 kW/m². Sledovali sme špecifickú optickú hustotu dymu, čas dosiahnutia špecifickej optickej hustoty dymu, špecifickú hodnotu optickej hustoty po 4 a 10 minútach a oblasť pod krivkou optickej hustoty počas prvých 4 minút. Pozorovali sme aj zmenu priepustnosti svetla jednotlivých skúšobných vzoriek.

Kľúčové slova: optická hustota dymu, polyuretánová pena, trieda reakcie na oheň, požiar, priepustnosť svetla

1 Úvod

Proces tepelného rozkladu a horenia organických materiálov je sprevádzaný vznikom dymu. Dym je možné definovať ako disperzný aerosól, resp. zmes sploďín horenia (plynných a termického rozkladu s pevnými časticami) a vzduchu obsahujúce látky v plynnom, kvapalnom a pevnom skupenstve. Zloženie dymu závisí od zloženia horľavých látok a podmienok, pri ktorých dochádza k horeniu. Vráťane podmienok ako sú teplota horenia, prúdenia a možnosti prístupu oxidačného činidla, spôsob horenia, atď. Vývoj dymu predstavuje v uzavretých priestoroch, kde je obmedzená ventilácia zvýšené riziko, pretože v prípade takého požiaru je spôsobená intoxikácia dymom, čo môže mať za následok úmrtie postihnutej osoby. Hustota dymu, ktorá je ovplyvnená obsahom pevných častíc a výmenou plynov, je jedným z hlavných rizikových faktorov. Dym obsahuje v zásade dva druhy pevných častíc, také, ktoré neprešli žiadnu fázovú zmenou a do objemu dymu sa primiešali mechanicky (častice popola, častice tuhých horľavých látok, prach) a sadze, ktoré vznikajú v priebehu horenia fázovou premenou z plynnej fáze. Vývojom takéhoto dymu, dochádza k znižovaniu viditeľnosti z čoho plynie zníženie či znemožnenie evakuácie a teda zhoršená orientácia osôb v týchto priestoroch [1-3].

Skúmaním optickej hustoty dymu polyuretánových pien sa zaoberali aj nasledujúci autori. Autori Ghozali a kol., poukazujú na časté využívanie polyuretánovej peny v spotrebných materiáloch [4]. Demgarter tvrdí, že polyuretánová pena je ako stavebný materiál vhodná najmä z dôvodu všestrannej štruktúry a priaznivým mechanickým vlastnostiam [5]. Na obsah vysoko horľavých častíc poukazujú

autori Liu a kol., čo potvrdzujú aj autori Xu a kol., ktorí poukazujú na obsah toxických plynov v dyme polyuretánových pien [6,7].

2 Experimentálna štúdia optickej hustoty dymu

V experimentálnej štúdií optickej hustoty dymu skúmame polyuretánovú penu. V príspevku skúmame tri skúšobné vzorky, na ktoré pôsobí tepelný tok 25 kW/m^2 bez použitia zapaľovacieho plamienka.

2.1 Skúšobný materiál

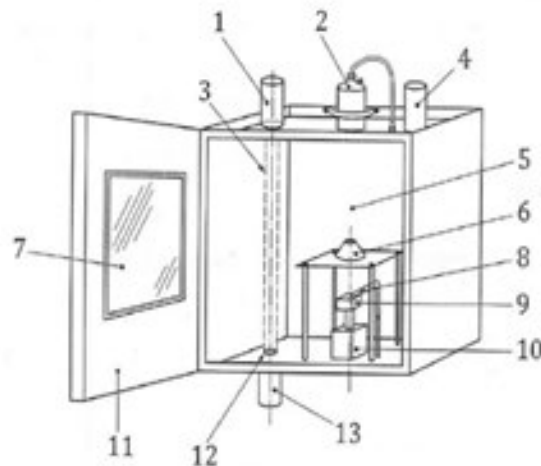
Na experimentálne testovanie stanovenia optickej hustoty dymu v jednoduchej komore sme využili vzorky z polyuretánového jadra. Podľa normy sa vzorky upravili na požadovanú veľkosť $75 \text{ mm} \times 75 \text{ mm}$ s hrúbkou do 24 mm . Následne sa 24 hodín klimatizovali a pred samotným vykonaním testu sa obalili do hliníkovej fólie. Na obrázku 1 sú zobrazené testované materiály pred experimentálnym testovaním a po vykonaní testovania. Polyuretánová pena (PU) je tvrdená pena z polyuretánu, ktorá má triedu reakcie na oheň E. Je odolná voči benzínu, minerálnym olejom, mikroorganizmom a plesniam. Zároveň sa nerozkladá [1,2,8].



Obrázok 1. Skúšobný materiál pred a po testovaní

2.2 Testovacia metóda

Na stanovenie optickej hustoty v jednoduchej komore vyššie uvedených materiálov sme využili experimentálny test podľa EN ISO 5659:2 2017. Táto metóda je primárne určená na stanovovanie optickej hustoty u plastov, použiteľná je však prakticky pre všetky tuhé hmoty (napr. guma, drevo, textilné poťahy a iné materiály). Radí sa medzi statické skúšky použiteľné vo výskume a v oblasti požiarneho inžinierstva. Nie je možné pomocou tejto metódy hodnotiť správanie materiálov pri reálnych požiaroch resp. nemôže slúžiť ako východiskový bod na účely hodnotenia požiarneho nebezpečenstva materiálov alebo tvorbu noriem. Táto metóda skúma správanie vzoriek pri požiari s prevládajúcou zložkou sálavého tepla. Je určená pre laboratórne podmienky a je možné na jej základe rozlíšiť intenzitu vývinu dymu jednotlivých materiálov a vzájomne ich porovnať [8]. Obrázok 2 zobrazuje jednoduchú skúšobnú komoru.



Obrázok 2. Skúšobná komora

Vysvetlivky: 1. Optický merací systém, 2. Regulátor tlaku, 3. Optická dráha, 4. Výfuk s uzávermi, 5. Dymová komora, 6. Kuželový žiarič, 7. Okno, 8. Pilotný plameň, 9. Držiak na vzorky, 10. Váhy, 11. Predné dvere komory, 12. Prehliadač podlahy optického systému, 13. Zdroj svetla [9]

Výsledky merania sa podľa normy vyjadrujú vo forme špecifickej optickej hustoty dymu (D_s). Aby bolo možné vykonať širšiu analýzu, boli zaznamenané aj odvodené hodnoty, ako je čas do dosiahnutia (D_{s_max}), hodnota špecifickej optickej hustoty po 4 minútach (D_{s_4}), hodnota špecifickej optickej hustoty po 10 minútach (D_{s_10}) a plocha pod krivkou optickej hustoty počas prvých 4 minút označená (VOF_4) [8]. Počas testovania sme zaznamenali, že po dosiahnutí maximálnej hodnoty D_{s_max} sa hodnota optickej hustoty znižovala v dôsledku miznutia dymu, ktoré je zapríčinené sedimentáciou, vyparovaním a kondenzáciou na stenách komory. Testovanie prebehlo bez zapaľovacieho plameňa pri pôsobení tepelného toku 25 kW/m^2 .

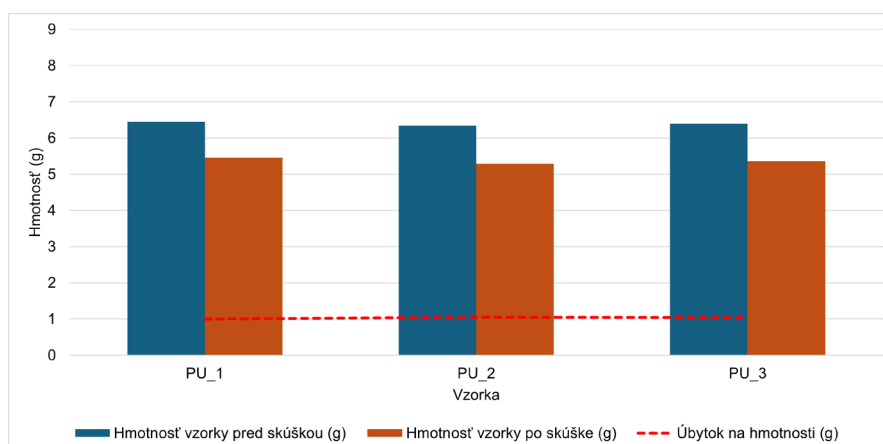
2.3 Vyhodnotenie získaných údajov

V nasledujúcej tabuľke 1 sú uvedené parametre vzoriek a doba merania optickej hustoty dymu jednotlivých skúšobných vzoriek. Všetky skúšobné vzorky boli pred vykonaním testovania klimatizované 24 h pri 23 °C a 50 % vlhkosti v klimatickej komore.

Tabuľka 1. Parametre skúšobných vzoriek

Skúšobná vzorka	Rozmer (mm)	Hrúbka (mm)	Hmotnosť (g)	Úbytok na hmotnosti (g)	Doba merania (min)
PU_1	75 x 75	23	6,45	1	11:36
PU_2	75 x 75	23	6,34	1,05	11:15
PU_3	75 x 75	23	6,39	1,04	11:28
Priemer	75 x 75	23	6,39	1,03	11:26

Na obrázku 3 môžeme vidieť zobrazené hodnoty hmotnosti jednotlivých skúšobných vzoriek pred experimentálnym testovaním a po experimentálnom testovaní. Zároveň je na obrázku uvedený aj vývoj úbytku na hmotnosti pre jednotlivé skúšobné vzorky.



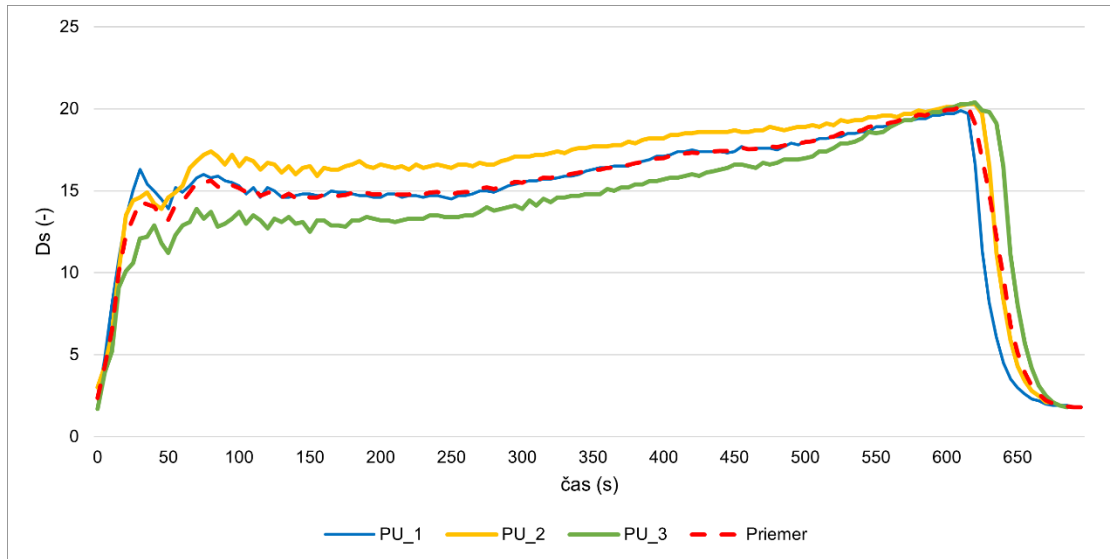
Obrázok 3. Hmotnosti skúšobných vzoriek

V nasledujúcej tabuľke 2 sú zobrazené namerané hodnoty optickej hustoty pre jednotlivé skúšobné vzorky.

Tabuľka 2. Namerané hodnoty experimentu

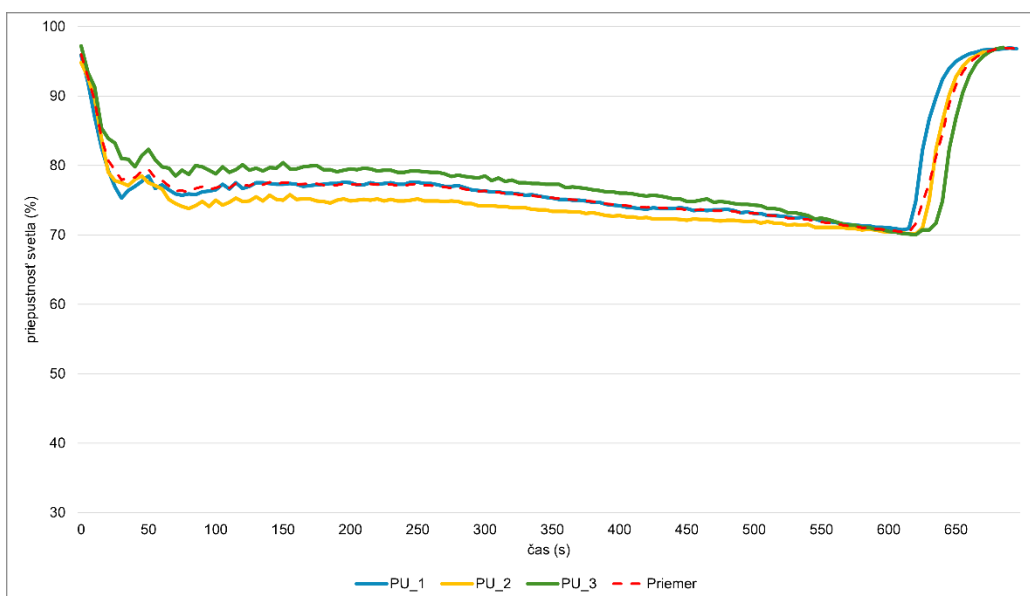
Skúšobná vzorka	Ds_max (-)	Priemerný čas dosiahnutia Ds_max (s)	Ds_4 (-)	Ds_10 (-)	VOF_4 min (-)
PU_1	19,9	610	14,7	19,7	52,25
PU_2	20,3	617	16,6	20,1	56,9
PU_3	20,4	620	13,5	20	45,55
Priemer	20,20	615,67	14,93	19,93	51,57

Ako si môžeme všimnúť z tabuľky 2 najväčšiu hodnotu špecifickej optickej hustoty dymu sme zaznamenali pri skúšobnej vzorke PU_3 s čím sa spája aj priemerný čas dosiahnutia Ds_max. V prípade špecifickej optickej hustoty dymu po 4 minútach sme zaznamenali najväčšiu hodnotu pri vzorke PU_2 a najmenšiu pri vzorke PU_3. V prípade špecifickej optickej hustoty dymu po 10 minútach sme zaznamenali najväčšiu hodnotu opäť pri vzorke PU_2 a najmenšiu hodnotu pri vzorku PU_1. V prípade plochy pod krivkou optickej hustoty počas prvých 4 minút sme najväčšiu hodnotu zaznamenali opäť pri skúšobnej vzorke PU_2. Skúšobná vzorka PU_2 zaznamenala aj najväčší úbytok na hmotnosti a to 1,05 g, čo je zobrazené na obrázku 3. Na lepšiu interpretáciu výsledkov uvádzame obrázok 4, na ktorom je uvedený vývoj špecifickej optickej hustoty dymu pre každú skúšobnú vzorku.



Obrázok 4. Vývoj optickej hustoty dymu skúšobných vzoriek

Počas merania optickej hustoty dymu sme sledovali aj vývoj priepustnosti svetla pre jednotlivé skúšobné vzorky. Ako si môžeme všimnúť na obrázku 5, najväčší pokles priepustnosti svetla od začiatku experimentu sme zaznamenali pre skúšobnú vzorku PU_3. Najmenšiu hodnotu priepustnosti svetla sme v prípade skúšobnej vzorky PU_1 zaznamenali v 610 sekunde a to 70,7 %. Najmenšiu hodnotu priepustnosti svetla sme v prípade skúšobnej vzorky PU_2 zaznamenali v 615 sekunde a to 70,1 %. Najmenšiu hodnotu priepustnosti svetla sme v prípade skúšobnej vzorky PU_3 zaznamenali v 620 sekunde a to 70 %. Od približne 615 sekundy experimentu si môžeme všimnúť stúpanie priepustnosti svetla pre všetky skúšobné vzorky, čo bolo pravdepodobne spôsobené usadeným častic dymu na stenách skúšobnej komory.



Obrázok 5. Vývoj priepustnosti svetla skúšobných vzoriek

3 Závěr

Experimentálně testovanie skúšobnej vzorky polyuretánovej peny prebehlo podľa normy EN ISO 5659:2 2017. Na skúšobné vzorky pôsobil tepelný tok 25 kW/m^2 bez použitia zapaľovacieho plamienka. Sledovali sme úbytok na hmotnosti, ktorý bol v priemerne $1,03 \text{ g}$ na vzorku. Najväčší úbytok na hmotnosti sme zaznamenali pre skúšobnú vzorku PU_2. Zo získaných výsledkov sme vyhodnotili, že najväčšiu hodnotu maximálnej špecifickej optickej hustoty dymu $20,4$ dosiahla vzorka PU_3. Priemerne vzorky dosiahli $Ds_{\text{max}} 20,20$. Priemerný čas dosiahnutia Ds_{max} bol v $615,67$ sekunde. Ďalšími sledovanými údajmi sú špecifická optická hustota dymu po 4 a 10 minútach, ktorých najväčšie hodnoty dosiahla skúšobná vzorka PU_2. Rovnako najväčšie hodnoty sme zaznamenali pri tejto vzorke aj v prípade sledovania plochy pod krivkou optickej hustoty počas prvých 4 minút. Dôležitým sledovaným aspektom experimentu je priepustnosť svetla vytvoreného dymu zo skúšobných vzoriek. Najnižšia hodnota priepustnosti svetla 70% bola zaznamenaná pri skúšobnej vzorke PU_3, a to v 620 sekunde experimentu. Získané údaje predstavujú dôležité doplnkové informácie o vlastnostiach izolačných materiálov z polyuretánovej peny.

Referencie

- [1] Masařík, I. Plasty a jejich požární nebezpečí. Ostrava: SPBI, 2003. ISBN 80–86634-16-7.
- [2] Marková, I., Tureková, I. Teória horenia a analýza spalín. Žilinská univerzita v Žiline. Žilina, Edis: 2022. ISBN 978-80-554-1930-5.
- [3] Urban, O. Vliv povrchových úprav dřeva na optickou hustotu kouře. Diplomová práca.
- [4] Ghazali, M., Bakhri, S., Triwulandari, E., Restu, W.K., Meliana, Y., Haryono, A., Septiyanti, M., Solihat, N.N., Lee, S.H., Fatriasari, W., Antov, P., 2023. Synthesis and characterization of green urethane non-isocyanate from oleic acid for wood composite application. Journal of Applied Polymer Science.
- [5] Demharter, A., 1998. Polyurethane rigid foam, a proven thermal insulating material for applications between $+130 \text{ C}$ and -196 C . Cryogenics 38, 113-117.
- [6] Liu, H., Zhang, B., Han, J., 2017. Flame retardancy and smoke suppression properties of flexible polyurethane foams containing an aluminum phosphate microcapsule. RSC Adv. 7, 35320-35329.
- [7] Xu, W., Wang, G., Zheng, X., 2015. Research on highly flame-retardant rigid PU foams by combination of nanostructured additives and phosphorus flame retardants. Polymer Degradation and Stability 111, 142-150.
- [8] LINZMEIER Insulate with system. Web stránka. Dostupné na internete: <https://www.linzmeier.de/cz/izolacnisystem-linitherm>
- [9] EN ISO 5659:2 2017. Plasty. Vývoj dymu. Časť 2: Stanovenie optickej hustoty dymu jednodukomorovou skúškou.

Komunikace při řešení krizových situací v případě ochrany měkkého cíle

Kamila Čížová¹, Kristýna Schneiderová²

¹ Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky
Nad Stráněmi 4511, 760 05 Zlín, k_cizova@utb.cz

² Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky
Nad Stráněmi 4511, 760 05 Zlín, kschneiderova@utb.cz

Abstrakt:

Zvýšení bezpečnosti veřejných budov je možné docílit kombinací mnoha opatření. Nevhodně nebo neúplně zpracované základní informace o hrozícím nebezpečí, objektu, pohybu osob v něm, únikových cestách, rozdělení úkolů zasahujících složek, mohou mít až fatální dopady na zdraví nebo životy osob v objektu. Přípravenost na krizovou situaci nelze nikdy zcela zabezpečit. Ačkoliv je postup předávání informací v případě vzniku mimořádné události nebo krizové situace zakotven v legislativě, jedná se o obecné metodiky a typové scénáře, o něž se lze opřít, nicméně ne za každé situace jsou účinné a tím stoupá nervozita ze strany zodpovědných pracovníků za řešení nastalé situace, kteří mohou začít vyvíjet tlak sami na sebe i na své okolí. Článek se zabývá problematikou komunikace vstupující do procesů před vznikem bezpečnostního incidentu, v průběhu jeho řešení a po jeho ukončení v případě ochrany měkkého cíle.

Klíčová slova: Měkký cíl, komunikace, krizová komunikace, řízení rizik.

1 Úvod

Stanovení měkkého cíle a identifikace rizik je klíčovým prvkem pro zajištění preventivních opatření k jeho ochraně. Vzhledem ke skutečnosti, že se v drtivé většině jedná o objekty nebo prostory s přítomností většího počtu osob, tedy o místa veřejná a současně mnohdy s absencí nebo nízkou úrovní zabezpečení, je obtížné nejen stanovit míru rizika, ale i způsob možného napadení. Jedním pohledem jsou kroky provedené před vznikem krizové situace, druhým a mnohem podstatnějším jsou právě ty, které je potřeba učinit během situace, která je současně velmi stresující jak pro ohrožené osoby, tak také pro zasahující složky. Metodiku pro vymezení objektů, které chceme chránit, zdroje hrozeb, možný způsob útoku se stanovením podrobných parametrů pro analýzu rizik při ochraně měkkého cíle vytvořilo Ministerstvo vnitra [1]. Klíčovou roli v celé události hraje komunikace a rozdělení kompetencí. Komunikace je každým chápána jako předání informace odesílatele příjemci. V případě nepřesně formulované myšlenky nebo požadavku může vzniknout tzv. komunikační šum, neboli nedorozumění. Nevhodné předání informace může vést k nepochopení a důsledky mohou mít

až tragický dopad. Ačkoliv je postup předávání informací v případě vzniku mimořádné události nebo krizové situace zakotven v legislativě a metodických pokynech, jedná se pouze o obecné návody, o něž se často nelze plnohodnotně opřít a tím může vzniknout stoupající nervozita ze strany zodpovědných pracovníků. Metodika představuje hlavní rámec koordinačních postupů včetně stanovení týmů, definování vnitřní komunikace a vnější komunikace s veřejností [2]. Zákon o integrovaném záchranném systému v § 18 definuje krizovou komunikaci jako proces, kterým se rozumí přenos informací mezi správními orgány a zasahujícími složkami za využití komunikačních prostředků [3]. Jedná se však pouze o dílčí, přesto velmi důležitou část procesu komunikace v případě ochrany měkkého cíle.

Cílem článku je poukázání na provázanost komunikace v jednotlivých fázích ochrany měkkého cíle a potřebu vhodně nastavené interní i externí komunikace při řešení krizových situací.

2 Popis použitých metod

Část práce je založena na objektivistické metodologii, která přistupuje k dané problematice s dominující deskripcí. Komparativní metodou je srovnán kontrast využití komunikace v procesu řízení rizik a následné implementace do optimalizačního procesu komunikace při ochraně měkkého cíle. Formou analogie jsou zkoumány podobnosti a vztahy mezi jednotlivými subprocessy a modelováním jsou znázorněny postupy v rámci plánování preventivních opatření a průběhu bezpečnostního incidentu. Modelování procesů v případě ochrany měkkého cíle vychází z obecných metodických pokynů a podpůrné dokumentace vydané Ministerstvem vnitra a byl na něj použit program pro vytváření diagramů yED, verze 3.20.1.

3 Definice hrozeb a možných útoků

Ministerstvo vnitra, Centrum proti terorismu a hybridním hrozbám vydalo řadu dokumentů a metodik, které popisují, jakým způsobem je možné zvýšit ochranu měkkého cíle proti případnému napadení. Základním zdrojem provedení útoků je ve většině případů násilná činnost spojená s klasickou kriminalitou. Jedná se zejména o napadení chladnou zbraní, mezi něž se řadí bodné nebo sečné, napadení střelnou zbraní, žhářský útok, násilná shromáždění, nastražené výbušniny nebo jejich imitace v poštovních zásilkách, zavazadlech a jiných předmětech, falešné oznámení, použití jedovatých látek, sebevražedné útoky [4] a další. Ochranou měkkého cíle rozumíme zabezpečení výše zmiňovaných možných hrozeb.

3.1 Charakteristika měkkého cíle

Měkké cíle jsou velmi různorodou skupinou, definovanou jako místa zranitelná vůči násilnému nebo teroristickému útoku s koncentrací velkého počtu osob [5]. Z této definice lze odvodit, že se jedná jak o hromadně pořádané akce, festivaly, kulturní památky, úřady, vládní instituce, nemocnice, školská

zařízení, tak také restaurace nebo dopravní prostředky [6]. Obsáhnout obecnou metodiku pro identifikaci rizik tak rozličných zdrojů měkkých cílů v celém spektru a zpracovat podrobnou analýzu rizik se zdá být nereálné [7]. Výborná znalost studovaného objektu, vhodně nastavená komunikace a pravidelné cvičení typových scénářů může zmírnit dopady incidentu.

Při řešení bezpečnostního incidentu nebo také krizové situace, která může být způsobena velkým množstvím vnějších faktorů, od těch psychologických přes osobní msty, je vždy zapotřebí dostatečné povědomí o hrozícím nebezpečí a školení v připravenosti. Klíčovým prvkem jsou vhodně zvolená kritéria pro identifikaci měkkého cíle a nastavená komunikace mezi ohroženými osobami a řešiteli vzniklého incidentu v případě potřeby.

Popis jednotlivých kritérií [6] je pospán v Tabulka 1 a je doplněn o souvislost a nutnost předávání informací, které jsou potřebné nejen pro krizovou komunikaci.

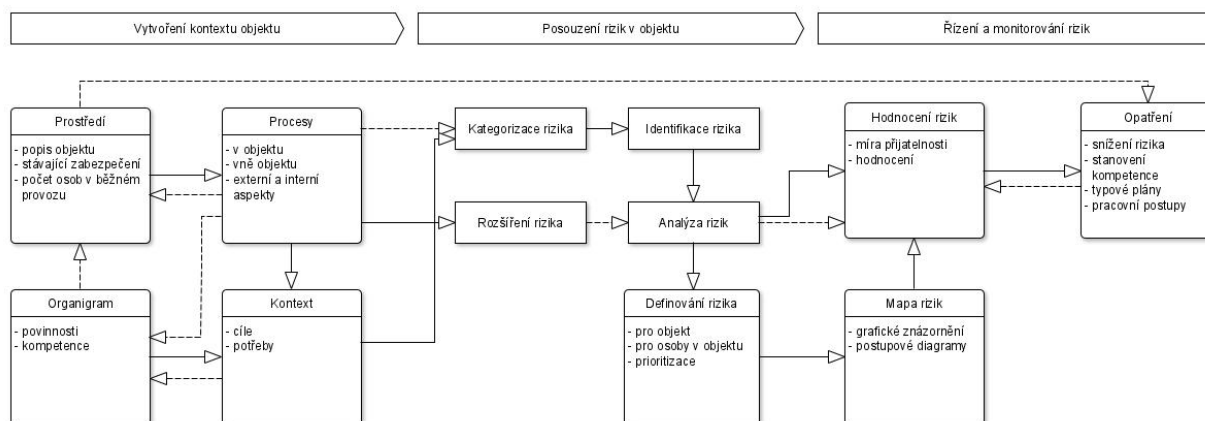
Tabulka 1. Popis kritérií pro ochranu měkkého cíle s informacemi potřebných pro efektivní komunikaci.

Kritérium	Popis kritéria	Informace
Počet osob	Maximální počet osob v objektu	Informace o počtu a pohybu osob v objektu v reálném čase
Symbolický význam	Náboženský nebo společenský význam objektu s pravidelnou pozorností médií	Informace o návštěvnosti v objektu, možnosti zvýšení návštěvnosti
Bezpečnostní opatření	Stupeň zabezpečení objektu	Informace o zavedených bezpečnostních opatření a jejich použití
Sdělovací prostředky	Předpokládaná přítomnost hromadných sdělovacích prostředků	Způsob varování osob a možnost předání informace o hrozícím nebezpečí
Dostupnost informací	Informovanost dostupná veřejnosti, osobám v objektu, IZS	Informace určené a poskytnuté veřejnosti
Umístění objektu	Vlastnosti objektu, stavební a provozní funkce	Informace o rozmístění evakuačních tras, nouzových úniků, dalších možných cest úniku, layouty a situační výkresy pro IZS

Obecná metodika pro ochranu měkkých cílů uvádí, co by nemělo být opomenuto při zpracování bezpečnostního plánu a další související dokumentace. Obecné informace o měkkém cíli, pohybu osob v něm, stávajících bezpečnostních prvcích, umístění, atraktivitě pro zvýšení počtu osob pohybujících se v objektu a dalších aspektech, které mohou zvýšit závažnost dopadu případného incidentu, nelze získat bez výměny údajů a informací mezi jednotlivými zodpovědnými osobami a pracovníky [2]. Dalším důležitým aspektem je kvalita předávané informace. V případě, že nemáme dostatečné povědomí o objektu, evakuačních a únikových trasách, počtu osob nacházejících se v objektu v čase útoku, nedokážeme adekvátně rozhodnout o stanovení opatření k ochraně pro zdraví a životů. A protože jsou útoky čím dál více sofistikované a den ode dne se vyvíjí, je velmi důležité se v tomto směru vzdělávat také.

Opatření k ochraně měkkých cílů je multidisciplinárním oborem, který by měl řešit jak fyzickou ochranu, tak také kybernetickou, technickou, režimovou s přesahem do psychologie, sociálních věd, kriminalistiky a bezpečnosti. Je potřeba brát také na zřetel, že ohrožení měkkého cíle je neočekávané, ohrožuje vysoce prioritní hodnoty a představuje omezené množství času k reakci [8].

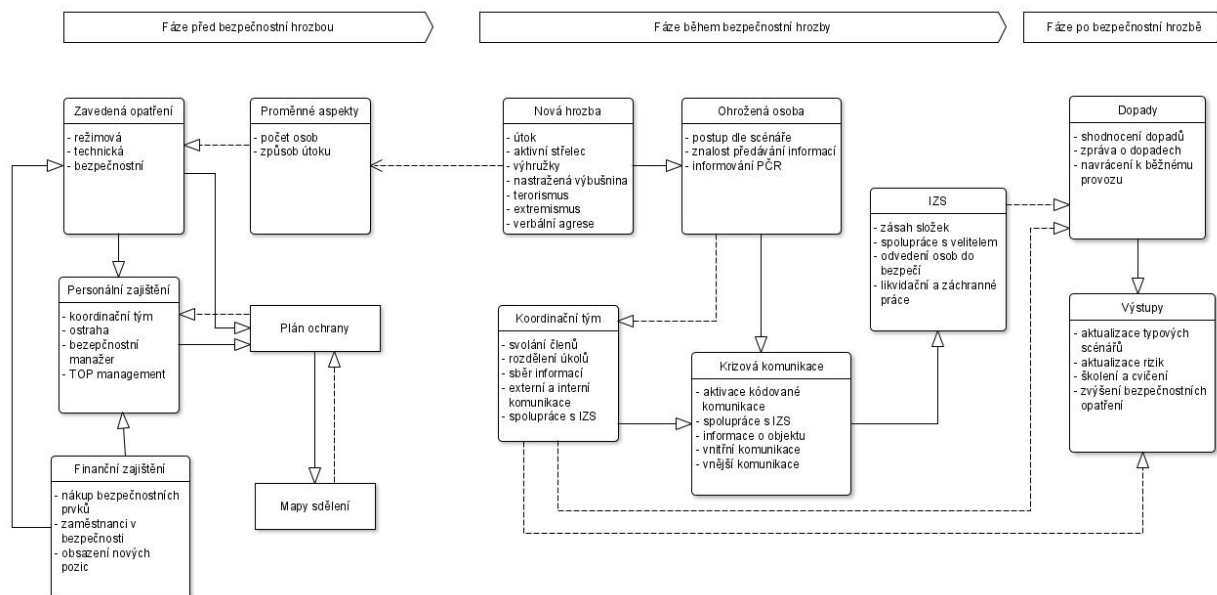
Následující schéma stanovuje jednotlivé kroky pro analýzu rizik měkkého cíle. Je zaměřen obecně a lze jej rozšiřovat a přizpůsobovat dle potřeb ochrany daného objektu.



Obrázek 1. Grafické schéma modelu analýzy rizik.

Procesní postup analýzy rizik je všeobecně známým modelem, kde dochází k identifikaci rizik a následnému zvolení vhodné analýzy k posouzení těchto rizik. Ne jinak je tomu při hodnocení potenciálního nebezpečí u měkkého cíle. Důležité je definovat zranitelnost objektu, kterou je možné zjistit na základě výborné znalosti prostředí, probíhajících procesů a vazeb v něm. Již v rámci rozdělení rolí v závislosti na prostředí je potřeba komunikací mezi kompetentními osobami zvolit vhodné vstupní parametry a stanovit zodpovědnosti na jednotlivých procesních krocích. Z těchto počátečních údajů je možné stanovit cíl a kontext objektu. Od cílů, které mají být nejen specifické, reálné a měřitelné, ale také časově ohraničené a dosažitelné, se odvíjí stanovení aspektů a proměnných hodnot vstupujících do analýz. Do procesu vstupují zavedená bezpečnostní opatření měkkého cíle, rozsah, popis parametrů a další důležité informace o jejich funkci pro zmírnění dopadů při incidentu. Samotné posouzení rizik není možné vykonávat v jedné osobě, ale musí být zapojeno více pracovníků, pokrývajících jednotlivá oddělení napříč celým objektem. Je tedy zřejmé, že se opět jedná o vhodně nastavenou komunikaci mezi jednotlivými pracovníky a jejich nezbytně nutnou spolupráci. Identifikovaná rizika je vhodné dělit do kategorií a pro jejich ošetření přidělit dle kompetencí zodpovědným osobám. Do procesu mohou vstupovat rizika nová na základě proměnných parametrů (jednorázová událost, incident na jiném území v podobném typu objektu, změna provozní doby). Na základě hodnocení rizik se stanoví opatření, při ochraně měkkého cíle se jedná především o bezpečnostní dokumentaci, typové scénáře možného ohrožení, postupy ochrany osob a další dokumenty. Pro jejich aplikaci do prostředí objektu je nezbytně nutné tato opatření komunikovat na všech úrovních a sdílet se všemi osobami, které by ohroženy být mohly.

V grafickém schématu analýzy rizik znázorňuje přerušovaná šipka komunikaci, která v rámci subprocesů probíhá nebo by probíhat měla napříč celým modelem od stanovení kontextu po opatření. Jedná se tedy o neustále se zlepšující cyklus, na něhož navazují další procesy.



Obrázek 2. Grafické schéma modelu jednotlivých fází bezpečnostního incidentu.

Bezpečnostní incident lze rozdělit do tří fází. V té první se jedná o nastavená opatření vycházející z analýzy rizik objektu a jeho zranitelnosti. Je tedy důležitá a úzce souvisí se školením osob v objektu a cvičením typových scénářů v případě útoku na měkký cíl. Výchozími podklady mohou být mapy sdělení, které stručně a jasně definují postupy při určitém druhu incidentu. Tyto mapy by měly být k dispozici a známy všem osobám, kterých se může případný incident týkat. Dalším důležitým dokumentem je plán ochrany měkkého cíle, který určuje postup pro vedoucí pracovníky v průběhu incidentu. S ním musí být kompetentní osoby seznámeny a znát své povinnosti v rámci jednotlivých postupů.

Druhou fází je vznik bezpečnostního incidentu. V tomto okamžiku hrají velkou roli vteřiny a správnost rozhodovacích procesů. Dochází k aktivaci koordináčního týmu, komunikaci se zasahujícími složkami IZS a spolupráce s nimi až do chvíle ukončení nebezpečí.

Poslední fází je shromáždění všech informací o důsledcích incidentu, zhodnocení postupů jednotlivých zasahujících osob a v návaznosti na to aktualizace stávajících bezpečnostních dokumentů.

Přerušovaná šipka značí v grafickém schéma modelu potřebu vstupu předávání informací a komunikace mezi jednotlivými osobami. Jedná se zejména o krizovou komunikaci, která nastává ve druhé fázi, tedy během bezpečnostního incidentu, kde je potřeba předání informací, které mají být:

- jednoduché,
- srozumitelné,
- přesné,
- konzistentní.

3.2 Krizová komunikace a postup v případě incidentu

Krizová komunikace se týká okamžitého převedení nabytých vědomostí a zkušeností do praxe. Jednání se odvíjí pod tlakem a většinou jde o minuty, při nichž může být zachráněn život. Pro efektivní krizovou komunikaci je nutné převzít kontrolu nad situací, shromáždit co nejvíce informací, zřídit centrum krizového řízení, komunikovat rychle a srozumitelně, bezprostředně plánovat kroky vedoucí ke snížení dopadů nebo odvrácení další hrozby [8].

Definování komunikace v průběhu incidentu vychází z pravidel, kterými se dlouhodobě zabývá Ministerstvo vnitra. Při sdělování informací je důležitá stručnost, rychlost, konzistentnost a zacílení předávané informace. Neměla by být delší než tři slova, při sdělování veřejnými zdroji by neměla překročit dobu maximálně 9 sekund. V případě tištěné verze by mělo být použito maximálně dvacet sedm slov [9]. Dalším aspektem je schopnost zpracování negativní informace ohroženým jedincem a způsob zacházení s informací ve stresu. Emoční nabuzení nebo neklid mohou vytvořit mentální ohlušení, které může negativně ovlivnit schopnost racionální komunikace. Informace mohou být zapomenuty nebo ignorovány.

4 Závěr

Identifikace rizik, jejich analýza a vyhodnocení je nezbytnou součástí procesu, od něhož se odvíjí právě vhodně nastavená komunikace nejen o vlastnostech a charakteru objektu, ale také předávání znalostí o kriminální činnosti, která na daném území převažuje s přehledem o krizových situacích vzniklých v jiných objektech s podobnou funkcí. Samotný bezpečnostní incident je ovlivněn mnoha faktory, které nelze nikdy zcela definovat a předem zabezpečit. Hlavním faktorem může být rozpohybování a záměr útočníka, znalost prostředí, zvolená zbraň nebo styl útoku a mnoho dalších vlivů, které nelze předem objektivně posoudit. Podrobně zpracovaná dokumentace je vhodným podkladem pro složky IZS v případě zásahu, pro školení nebo cvičení osob v objektu nebo vytvoření informačních panelů, jak jednat v případě ohrožení života. Klíčovým prvkem pro zvládnutí krizové komunikace je tedy pomocí obecných metodik vytvořit komplexní manuál, který obsáhne veškerá možná rizika v objektu při ochraně měkkého cíle, a to není možné bez interní komunikace mezi kompetentními pracovníky. Následným krokem tento manuál zjednodušit do téměř základních komunikačních prvků tak, aby sdělované informace rozuměla každá osoba v případě vzniku bezpečnostního incidentu, která se v objektu pohybuje v daný čas.

Reference

- [1] Ministerstvo vnitra. Bezpečnostní plán měkkého cíle: aneb co by nemělo být opomenuto při jeho zpracování. Centrum proti terorismu a hybridním hrozbám. Praha. 2019.
- [2] DAVID, Gabriela, B. Metodika koordinace měkkého cíle pro fázi po bezpečnostním incidentu aneb jak se vyrovnat s nastalou situací. Centrum proti terorismu a hybridním hrozbám. Praha.

- [3] ČESKO. Zákon o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů. In: 239/2000 Sb. ASPI. 2000.
- [4] KALVACH, Zdeněk a Benedikt VANGELI. Vyhodnocení ohroženosti měkkého cíle: aneb co, kdy, kde a od koho vám hrozí. Ministerstvo vnitra. Centrum proti terorismu a hybridním hrozbám. Praha. 2018.
- [5] European Commission: COM (2017) 41 Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council and the Council. Fourth progress report towards an effective and genuine Security Union. Brussels. 2017.
- [6] ZEMAN, Tomáš, Rudolf URBAN, Aleš KUDLÁK, Slavomíra VARGOVÁ, Tomáš FRÖHLICH a Michaela MELICHAROVÁ. Assessing the risk of a terrorist attack against a soft target: The use of expert opinion in threat assessment. *Ad Alta-Journal of Interdisciplinary Research*. 2023, vol. 13, iss. 2, pp. 295-298. ISSN 1804-7890.
- [7] GILL, P., Marchment, Z., CORNER, E. et al. Terrorist Decision Making in the Context of Risk, Attack Planning, and Attack Commission. *Studies in Conflict and Terrorism*. 2020, vol. 43, no. 2, pp. 145-160.
- [8] GALINDO, F. a VICTORINO, R. Crisis communication plan in Brazil's nuclear industries. *Revista Alcance*. 30(3). Dostupné z: doi: [https://doi.org/10.14210/alcance.v30n3\(set/dez\)](https://doi.org/10.14210/alcance.v30n3(set/dez)). 2023, pp. 106-121.
- [9] COVELLO, Vincent a SANDMAN, Peter. Risk Communication: Evolution and Revolution. *Solutions to an Environment in Peril*. 2001, pp. 164-178.

Východiska posuzování resilience Smart City

Heidi Janečková¹

¹ VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Lumírova 630/13, 700 30 Ostrava – Výškovice, heidi.janeckova@vsb.cz

Abstrakt: Značný nárůst lidské populace a její urbanizace přispívá k značnému zatížení velkých městských aglomerací. Za účelem optimalizace této urbanizace tak většina tzv. tradičních městských aglomerací začíná využívat konceptu Smart City, jenž je založen na integraci chytrých digitálních technologií do nejrůznějších oblastí měst a regionů, zejména za účelem zkvalitnění života občanů a snížení spotřeby energií. Fungování celého konceptu Smart City je však závislé na základních službách vybraných technických infrastruktur, a to zejména energetiky a ICT. Právě z tohoto důvodu lze v kontextu působení různých bezpečnostních hrozeb, jež mohou vyústit v incidenty na daných infrastrukturách, očekávat narušení základních služeb a následné ovlivnění funkčnosti celého konceptu Smart City. Za účelem schopnosti odolávat možným incidentům je proto nezbytné, aby tyto infrastruktury dosahovaly požadované úrovně resilience. Z tohoto důvodu článek představuje základní východiska v problematice posuzování resilience Smart City.

Klíčová slova: Smart City; Resilience; Východiska; Posuzování

1 Úvod

Bez ohledu na velikost, každé město disponuje určitou infrastrukturou, která je nezbytná pro fungování městského prostředí a blaho občanů. V kontextu narůstajícího tlaku způsobeného rostoucí urbanizací a závislosti lidské populace na moderních technologiích jsou však tato tradiční města nucena přistoupit k integraci moderních technologií (např. senzory či internet věcí) do stávajících infrastruktur, jako jsou například doprava či energetika [1]. Na základě přijetí uvedeného konceptu, tj. konceptu Smart City, jsou tato tzv. chytrá města definována jako města, která využívají tyto technologie ke zlepšení efektivity, udržitelnosti a kvality života obyvatel [2].

Ačkoliv se zdá, že přijetí konceptu Smart City sebou přináší možnost pokroku a inovací, přicházejí s ním také nové, složitější typy hrozeb. Jedná se zejména o hrozby kybernetických útoků za účelem zneužití dat [3] či přerušení funkčnosti infrastruktur, jež jsou nezbytné pro fungování společnosti, tj. kritických infrastruktur [4]. Z tohoto důvodu je nezbytné, aby byla pozornost směřována nejen na možné inovace, ale také na ochranu Smart City před možnými hrozbami, jež mohou mít značný dopad zejména na obyvatelstvo.

Na základě uvedených skutečností je tak zapotřebí docílit snížení zranitelnosti Smart City. Za tímto účelem lze tak využít konceptu resilience, jenž představuje jeden z možných přístupů, který již byl úspěšně aplikován v kontextu problematiky ochrany prvků kritické infrastruktury [5] a také k ochraně jejich vlastníků či provozovatelů, tzn. ochraně kritických subjektů [6]. Aby však bylo možné

směřovat kroky k ochraně Smart City, je zapotřebí se nejprve věnovat základním stavební kamenům, jež představují hlavní východiska pro posuzování resilience Smart City.

2 Vnímání resilience v kontextu Smart City

Termín Resilience, neboli schopnost odrazit se, byla prvně použita v kontextu ekologických systémů autorem Holling [7]. Následně byl uvedený termín integrován do dalších vědních oblastí jako jsou např. psychologie [8], fyzika [9] či bezpečnostního inženýrství [10]. Z důvodu rozsáhlé integrace do rozličných vědních oblastí avšak neexistuje jednotná definice tohoto termínu. Jako příklad lze uvést definice autorů Lu a Stead [11], kdy je resilience v kontextu uvedené problematiky definována „jako schopnost města absorbovat možné poruchy při zachování jeho funkcí a struktury“ či jako „potenciál města prosperovat jako centrum lidského bydlení, výroby a kulturního pokroku navzdory výzvě, jako jsou klimatické změny, růst populace a globalizace“ [12]. Další možnou definici představují autoři Sharifi et al. [13], již resilience v kontextu Smart City definují jako „schopnost plánovat a připravovat se na nepříznivé události, absorbovat je, zotavit se z nich a přizpůsobit se jim“.

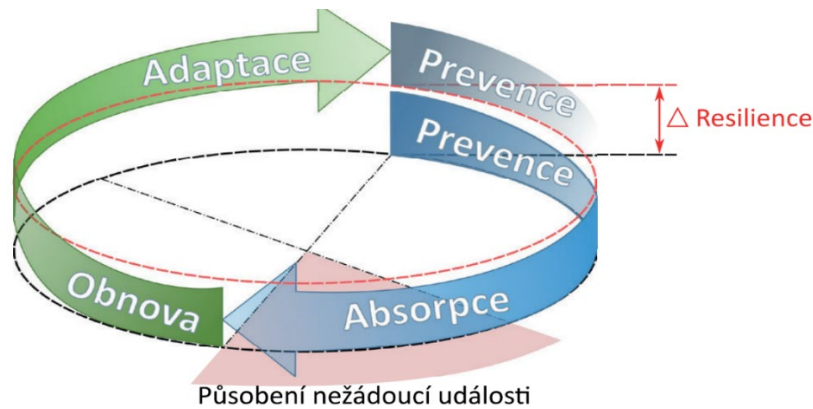
Při konfrontování jednotlivých definic a faktu, že lze na Smart City nahlížet jako na systém [14], jenž je tvořen různými navzájem propojenými infrastrukturními prvky, přichází v úvahu využití definice resilience, která se pojí s problematikou kritických subjektů. Dle směrnice Evropské rady a parlamentu [15] je termín resilience definován jako „schopnost kritického subjektu předcházet incidentům, chránit se před těmito incidenty, reagovat na ně, odolávat jim, zmírňovat a absorbovat je, přizpůsobovat se jim a zotavit se z nich“.

Rozličnost v definování uvedeného termínu lze přikládat faktu, že autoři, již se snažili definovat tento termín v kontextu Smart City pocházejí z různých vědních oblastí. Tato skutečnost však nemá dopad pouze na rozličné definování, ale také na celistvé vnímání uvedené problematiky, resp. definování faktorů resilience.

Na základě výše uvedených skutečností je následující podkapitola věnována determinování možných faktorů resilience, jež jsou klíčovým předpokladem pro posuzování a následné posilování resilience Smart City.

3 Aspekty resilience Smart City

Za účelem posouzení resilience Smart city je zapotřebí věnovat pozornost jednotlivým aspektům resilience Smart Cities, resp. jejím dimenzím, faktorům a indikátorům, jež se vyskytují napříč jednotlivých fázích resilience, tj. prevence, absorpce, obnova a adaptace (obrázek 1).



Obrázek 1: Cyklus resilience [16]

Výše ilustrovaný obrázek 1 prezentuje resilienci v cyklickém procesu, kdy rozdíl (tj. Δ) mezi původní a novou úrovní resilience je vnímán jako míra posílení resilience. První fáze cyklu odráží připravenost daného systému v kontextu možných incidentů, tzn. připravenost, jež je výsledným stavem prevence. V okamžiku působení možného incidentu přechází daný systém do druhé fáze. Tato fáze je označována jako absorpce, jejíž podstata spočívá v robustnosti, resp. v absorpci možného působení daného incidentu. Následně, po ukončení působení daného incidentu, nastává fáze obnovy, jež vyjadřuje schopnost systému obnovit svou činnost do původního stavu. Poslední fází cyklu představuje tzv. adaptace, která vyjadřuje schopnost systému se adaptovat na opakování již proběhlého incidentu. [16]

Dle autorů [17] je možné Smart City charakterizovat v šesti dimenzích (tj. chytrá ekonomika, chytrí lidé, chytrá vláda, chytrá mobilita, chytrý environment, chytrý život) celkem 31 faktory, kdy každý z nich je možné determinovat 1-4 indikátory. Oproti tomu autoři Sharifi et al. [13] uvádějí, že resilienci Smart City lze determinovat v sedmi dimenzích, a to za pomoci 45 faktorů a 268 indikátorů. Dalšími autory, kteří se zabývali aspekty resilience v kontextu Smart City jsou např. Farag et al. [18], Sharifi [19], Zhu et al. [20].

Jednotlivé dimenze resilience je možné dále odvodit z hlavní myšlenky konceptu Smart City, kterou je integrace moderní technologií do stávajícího systému, který je tvořen ekonomikou, mobilitou, vládou, environmentem, lidmi a bydlením [17]. Na základě této myšlenky a výše uvedených autorů je možné resilienci Smart City determinovat za pomoci pěti níže definovaných dimenzí a jednotlivých faktorů a indikátorů (viz tabulka 1):

- ekonomická dimenze: vyjadřuje schopnost odolávat neznámým ekonomickým tlakům a šokům či včas přizpůsobit ekonomické trendy [21],
- sociální dimenze: vyjadřuje hospodářský, stabilní rozvoj města, což se odráží především v kapacitě sociálního zabezpečení a rozvojovém potenciálu města [19],
- environmentální dimenze: je zaměřena na využívání a výrobu zelených a obnovitelných energií, udržitelné metody produkce potravin nebo o využívání nových technologií s cílem optimalizovat hospodaření se zdroji (energie, ovzduší, voda, odpady atd.) [17],
- fyzická dimenze: odráží odolnost klíčových služeb a obnovení životního pořádku v případě, že město čelí mimořádným událostem nebo neznámým změnám [21][22],
- institucionální dimenze: vyjadřuje zapojení všech dotčených stran do rozhodovacího procesu, např. veřejné organizace, podniky, občanskou společnost [17].

Tabulka 1: Společné aspekty resilience Smart City

Dimenze	Faktory	Indikátory	
Ekonomická dimenze	Inovace	Výdaje na výzkum a vývoj	
	Podnikavost	Zásady, programy a plány na podporu podnikání Počet začínajících podniků	
	Finance	Finanční stabilita	
	Zaměstnaní	Míra zaměstnanosti Dostupnost pracovní síly	
	Produktivita	HDP na zaměstnanou osobu Plány a strategie	
	Flexibilita trhu práce	Flexibilita práce z domova a pracovního prostoru Flexibilita pracovní síly	
	Úroveň kvalifikace v dovednostech v oblasti Informačních a komunikačních technologií	Procento obyvatel se středoškolským vzděláním Úroveň digitální gramotnosti Procento obyvatel s terciálním vzděláním	
	Sociální soudržnost	Demografická struktura Soudržnost společenství	
	Kultura	Kulturní infrastruktura	
	Kvalita bydlení	Výdaje na bydlení Životní náklady	
	Zdravotní péče	Zdravotnické služby a infrastruktura na obyvatele Zdravotní pojištění	
	Bezpečnost a zabezpečení	Plánování, monitorování a řízení rizik katastrof Individuální bezpečnost Doba odezvy záchranných složek	
	Environmentální dimenze	Monitorování životního prostředí	Zapojení občanů do řízení zdrojů Infrastruktura pro monitorování životního prostředí Strategie odolnosti vůči změn klimatu
		Zastavěné prostředí	Procento nezastavěného prostředí Omezení výstavby
		Energetické zdroje	Plány a politiky hospodaření s energiemi Celková spotřeba energie Spolehlivost a kvalita dodávek elektřiny
		Vodní zdroje	Vodohospodářské plány a politiky Kvalita vodních zdrojů a jejich dostupnost Distribuce a spotřeba vody
Odpad		Monitorování a snižování ztrát vody Plány a politiky pro nakládání s odpady Řízení odvodňovacích systémů Komunální odpad na obyvatele	
Kvalita životního prostředí		Index kvality ovzduší Emise skleníkových plynů Znečištění půdy	
Fyzická dimenze		Dopravní infrastruktura	Ekologické druhy dopravy Dostupnost MHD
		Řízení přepravy	Strategické řízení dopravní sítě Dojezdová vzdálenost Sledovatelnost a dohlednost zboží a vozidel Bezpečnost silničního provozu
	ICT infrastruktura	Dostupnost IT a digitální infrastruktury Údržba a revize ICT infrastruktury Míra pokrytí mobilním připojením	
	Správa ICT	Kvalita internetového připojení Bezpečnost informací	
	Institucionální dimenze	Vize a vedení	Plány a strategie pro začleňování plánování Smart City Dostupnost plánů a strategií řízení rizik
Právní rámec		Zákony a předpisy pro plánování Smart City	
Účast		Rozsah zapojení veřejnosti Rozsah zapojení samosprávy	
Veřejné služby		Digitalizace správy Míra zapojení online služeb veřejné správy	
Integrované řízení		Součinnost mezi městskými systémy a subsystémy Partnerství veřejného a soukromého sektoru	

Z důvodu rozsáhlého množství možných faktorů a indikátorů, uvedená tabulka 1 představuje komplexní souhrn společných aspektů, jež lze považovat za základní východiska pro posuzování resilience Smart City.

4 Závěr

Transformace tzv. tradičních měst na Smart City představuje nevyhnutelný krok v reakci na dynamický vývoj technologií a zvyšujících se nároků lidské populace. Přijetí tohoto konceptu za účelem zkvalitnění lidského života však sebou nese hrozby, jež mohou mít negativní dopady zejména na infrastrukturu, které je díky své významnosti označována za kritickou.

Přestože již řada Smart City přijala za účelem své ochrany koncept resilience, lze v tomto konceptu spatřovat jisté nedostatky. Za jeden z hlavních problémů lze považovat nesourodost výkladu termínu resilience, a to především z důvodu jeho přebrání z několika vědních disciplín. V druhé řadě se jedná o nejednoznačné determinování všech aspektů resilience, jež představují základní východisko v problematice posuzování jejich resilience.

Na základě uvedených skutečností předkládaný článek vybízí k přijetí jednotné definice resilience v kontextu Smart City. Dále pak na základě analýzy odborných textů poskytuje komplexní přehled společných aspektů (tj. dimenze, faktory, indikátory), jež lze využít v následujícím výzkumu, jenž je zapotřebí zaměřit na metody posuzování resilience Smart City.

Poděkování

Tento výzkum byl podpořen VŠB – Technická univerzita Ostrava v rámci projektu SP2024/039.

Reference

- [1] Alahi MEE, Sukkuea A, Tina FW, Nag A, Kurdthongmee W, Suwannarat K, Mukhopadhyay SC. 2023. Integration of IoT-Enabled Technologies and Artificial Intelligence (AI) for Smart City Scenario: Recent Advancements and Future Trends. *Sensors*, 23(11):5206, doi.org/10.3390/s23115206.
- [2] Gracias, J.S.; Parnell, G.S.; Specking, E.; Pohl, E.A.; Buchanan, R. 2023. Smart Cities – A Structured Literature Review. *Smart City* 6, 1719-1743, doi.org/10.3390/smartcities6040080.
- [3] Chongxing, J., Niu, Y. 2024. A hybrid evolutionary and machine learning approach for smart city planning: Digital twin approach, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 64,103650, doi.org/10.1016/j.seta.2024.103650
- [4] Kalinin M, Krundyshev V, Zegzhda P. 2021. Cybersecurity Risk Assessment in Smart City Infrastructures. *Machines*, 9(4):78, doi.org/10.3390/machines9040078
- [5] Rehak, D.; Slivkova, S.; Janeckova, H.; Stuberova, D.; Hromada, M. 2022. Strengthening Resilience in the Energy Critical Infrastructure: Methodological Overview. *Energies*, 15, 5276, doi.org/10.3390/en1514527
- [6] Rehak, D., Janeckova, H. 2024. Perceiving the Resilience of Land Transport Critical Entities. In: Prentkovskis, O., Yatskiv (Jackiva), I., Skačkauskas, P., Karpenko, M., Stosiak, M. (eds)

- TRANSBALTICA XIV: Transportation Science and Technology. TRANSBALTICA 2023. Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure. Springer, Cham, doi.org/10.1007/978-3-031-52652-7_55
- [7] Holling, C. S. 1973. Resilience and Stability of Ecological Systems, *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, pp. 1–23.
- [8] Garnezy, N. 1991. Resilience and vulnerability to adverse developmental outcomes associated with poverty. *American Behavioral Scientist*, 34, 416-430.
- [9] Gordon, J.E. 1991. *Structures - Or Why Things Don't Fall Down*, ISBN: 9780140136289
- [10] Thoma, K., Scharte, B., Hiller, D., Leismann, T. 2016. Resilience engineering as part of security research: definitions, concepts and science approaches, *European Journal for Security Research*, 1(1), 3-19, doi.org/10.1007/s41125-016-0002-4.
- [11] Lu, P., Stead, D. 2013. Understanding the notion of resilience in spatial planning: A case study of Rotterdam, The Netherlands, *Cities*, 35, 200-212, doi.org/10.1016/j.cities.2013.06.001
- [12] Samir, N., Eldayem, G.E., Elfatah, A.S. 2023. Smart Resilience City As An Approach To Improve Disaster Risk Reduction, *Journal of Urban Research*, Vol. 47, pp. 120 – 139 doi.org/10.21608/jur.2023.157191.1106.
- [13] Sharifi, A. 2022. Smart city indicators: Towards exploring potential linkages to disaster resilience abilities, *APN Science Bulletin*, 12(1), 76-90, doi.org/10.30852/sb.2022.1873
- [14] Bonnes, M., Mannetti, L., Sechiaroli, G., Tanucci, G. 1990. The city as a multi-place system: An analysis of people-urban environment transactions, *Journal of Environmental Psychology*, 10, 37-6, [doi.org/10.1016/S0272-4944\(05\)80023-4](https://doi.org/10.1016/S0272-4944(05)80023-4).
- [15] 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
- [16] Řehák, D. Hromada, M. Šenovský, P. 2019. Resilience kritické infrastruktury: Teorie, principy, metody. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, ISBN: 978-80-7385-224-5
- [17] Giffinger, R., Fertner, Ch., Kramar, H., Kalasek, R., Milanović, N., Meijers, E. 2007. Smart cities - Ranking of European medium-sized cities, Vienna: Vienna University of Technology
- [18] Farag, N., Abd eldayem, G., Abd, E. A. 2023. Smart Resilience City As An Approach To Improve Disaster Risk Reduction, *Journal of Urban Research*, 47(1), pp. 120-139. doi.org/10.21608/jur.2023.157191.1106
- [19] Sharifi, A., Khavarian-Garmsir, A.R., 2023, Indicators to assess contributions of smart city solutions and technologies to urban resilience, Chapter in: Urban Climate Adaptation and Mitigation, Elsevier, Amsterdam, Netherlands, 199-217.
- [20] Zhu, S., Li, D., Feng, H. 2019. Is smart city resilient? Evidence from China, *Sustainable Cities and Society*, Volume 50, 101636. doi.org/10.1016/j.scs.2019.101636.
- [21] Zhou, Q., Zhu, M., Qiao, Y., Zhang, X., Chen, J. 2021. Achieving resilience through smart cities? Evidence from China, *Habitat International*, Vol 111, doi.org/10.1016/j.habitatint.2021.102348.
- [22] Wu, X., Zhang, J.J., Geng, X.L., Wang, T., Wang, K., Liu, S.D. 2021. Increasing green infrastructure-based ecological resilience in urban systems: A perspective from locating ecological and disturbance sources in a resource-based, *Sustainable Cities and Society*, Vol 61, 102354 doi.org/10.1016/j.scs.2020.102354

Vplyv elektromagnetického žiarenia na komunikáciu Bluetooth zariadení tvoriacich vnútorný polohovací systém

Erika Skýpalová¹, Tomáš Loveček²

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

Abstrakt: V súčasnosti ľudia trávia mnoho času v uzatvorených priestoroch. Osoby zdržiavajúce sa v uzatvorených priestoroch obvykle navštevujú rôzne typy inštitúcií, ktoré sa viažu na výkon povolania, poskytovanie služieb a tovarov, vzdelávanie, cestovanie či poskytovanie zdravotnej starostlivosti. V súčasnosti sú čoraz viac žiadané a implementované vnútorné polohovacie systémy v objektoch, ktoré sú špecifické svojou rozlohou a v ktorých je počas prevádzkových hodín vysoká fluktuácia návštevníkov. Využívanie dostupných technologických riešení pre vnútorné polohovacie systémy nadobúda význam z hľadiska navigácie osôb v komplexných priestoroch, optimalizácie procesov, riadenia zásob, monitorovania efektivity personálu, zvyšovania úrovne bezpečnosti a ochrany osôb a majetku či monitorovania zdravotného stavu pacientov. Existuje mnoho faktorov, ktoré negatívne vplyvajú na funkčnosť a presnosť určovania polohy osôb a entít v uzatvorených priestoroch. Článok je zameraný na skúmanie vplyvu iných zariadení využívajúcich elektromagnetické žiarenie na funkčnosť a komunikáciu zariadení tvoriacich vnútorný polohovací systém na báze nízkoenergetickej technológie Bluetooth.

Kľúčové slová: Nízkoenergetická technológia Bluetooth, vnútorný polohovací systém, elektromagnetická interferencia, elektromagnetické žiarenie.

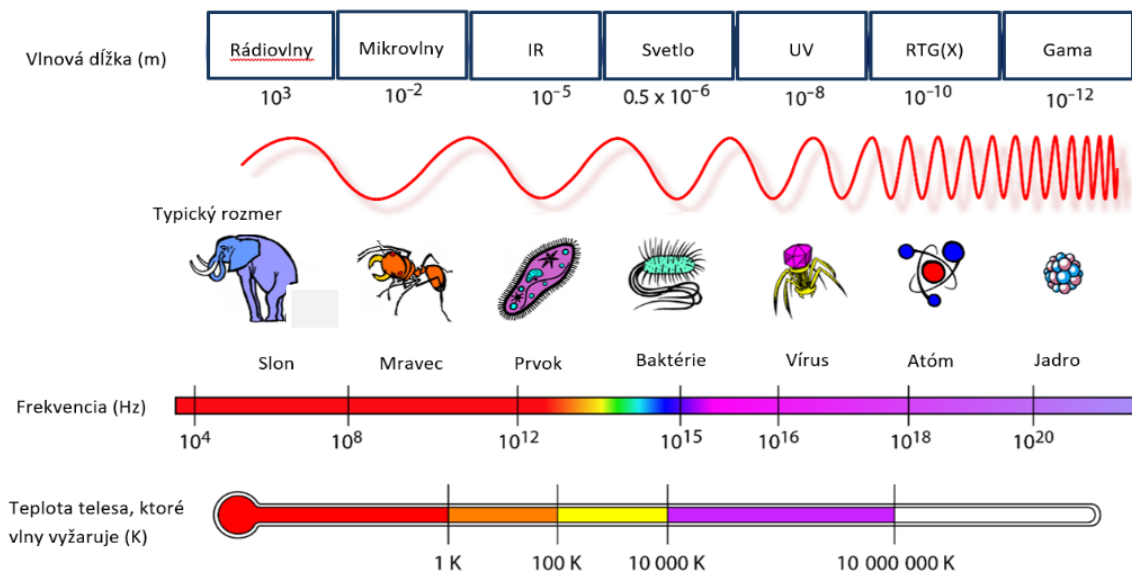
1 Úvod

V dôsledku rapídneho nárastu technológií pre informačné systémy existujú komunikačné možnosti zahŕňajúce bezdrôtové komunikačné zariadenia, bezdrôtové siete a satelitné komunikačné systémy. Zvyšujúci sa počet týchto zariadení vedie k nárastu elektromagnetického žiarenia v rámci segmentov elektromagnetického spektra, v ktorom dané systémy fungujú. Prítomnosť viacerých zariadení využívajúcich elektromagnetické spektrum má tendenciu narúšať komunikáciu medzi danými zariadeniami [1].

Rádiové vlny a mikrovlnné žiarenie vyžarujú všetky elektronické zariadenia fungujúce v rádiovom a mikrovlnnom rozsahu frekvencií. Žiarenie interferuje s elektronikou v dôsledku interakcie elektrónov v kovových vodičoch s elektrickým poľom v žiarení. Vplyvom rušenia môže dochádzať i k poruche elektroniky. Telekomunikačné a bezdrôtové technológie fungujú na princípe rádiových vln alebo mikrovlnného žiarenia, vrátane rádia, antén, mobilných telefónov, GPS, Bluetooth, Wi-Fi a mikrovlnných zariadení [2].

Elektromagnetické spektrum predstavuje súvislý rozsah vlnových dĺžok všetkých typov elektromagnetického žiarenia. Toto žiarenie môže byť charakterizované ako energia, vlnová dĺžka

alebo frekvencia. Energia je meraná v elektrónvoltoch, vlnová dĺžka v metroch a frekvencia v Hertzoch. Patria sem rádiové vlny, mikrovlny, infračervené žiarenie, viditeľné svetlo, ultrafialové žiarenie, röntgenové žiarenie a gama žiarenie [3].



Obrázok 1. Spektrum elektromagnetického žiarenia [4]

Služby určovania polohy pomocou technológie GPS neposkytujú dostatočnú presnosť na použitie vo vnútri budov. V dôsledku toho bolo vyvinutých niekoľko technológií na určovanie polohy vo vnútorných priestoroch vrátane technológií Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi, rádiový frekvenčnej identifikácie (RFID), ultraširokého pásma (UWB) a ďalších [5].

1.1 Nízkoenergetická technológia Bluetooth

Nízkoenergetická technológia Bluetooth, anglický ekvivalent Bluetooth Low Energy (BLE) je špecifikácia vydaná v roku 2011 pre energeticky úsporné zariadenia [6]. Funguje vo frekvenčnom pásme 2,4 GHz rovnako ako klasický Bluetooth [7]. Je to bezdrôtová technológia, ktorá sa vyznačuje nízkou spotrebou energie a je štandardom špecifikácie Bluetooth 4.0. V porovnaní s predchádzajúcimi štandardmi Bluetooth bol BLE vyvinutý na zjednodušenie komunikácie zariadení na krátke vzdialenosti, ktoré nevyžadujú prenos veľkého množstva údajov. Cieľom bolo poskytnúť technológiu určenú na monitorovacie a riadiace aplikácie, kde je objem prenášaných údajov nízky [8].

Bluetooth beacon je zariadenie, ktoré v pravidelných intervaloch bezdrôtovo vysiela signály vrátane informácií o polohe a odosiela identifikátory používateľa a indikátor sily prijatého signálu (Received Signal Strength Indicator RSSI) ako signály Bluetooth. Keď sa používateľ smartfónu nachádza v dosahu signálu beaconu, aplikácia nainštalovaná v smartfóne prijme signál beaconu a potom odošle informácie o používateľovi na cloudový server, kde sa overia prijaté informácie o používateľovi a potom sa používateľovi odošlú príslušné informácie o poskytovanej službe [9]. Bluetooth beacony používajú iba režim reklamy, ktorý je jednosmerným procesom detekcie beaconu. Pravidelne odosielajú pakety údajov, ktoré prijímajú iné zariadenia v dosahu. Signál sa vysiela v intervaloch od 20 ms do 10 s. Interval vysielania ovplyvňuje životnosť batérie beaconov. Čím dlhší je interval, tým rýchlejšie sa batéria vybíja [10].

iBeacon je protokol navrhnutý spoločnosťou Apple. Umožňuje smartfónom alebo iným zariadeniam BLE prijímať signály [11]. Protokol iBeacon sa v súčasnosti používa na účely poskytovania lokalizačných služieb. Na základe reklamy BLE dokážu zariadenia v dosahu odhadnúť alebo vypočítať polohu osôb a subjektov vo vnútri budov [12].

RSSI je technika na určenie vzdialenosti. Je založená na meraní prijatého rádiového signálu. Hodnota RSSI vyjadruje relatívnu kvalitu prijímaného signálu v zariadení. Čím je signál silnejší, tým je hodnota RSSI vyššia [13]. Pri prenose rádiových signálov medzi snímačmi hodnota RSSI kolíše v dôsledku absorpcie, interferencie a difrakčných efektov [14].

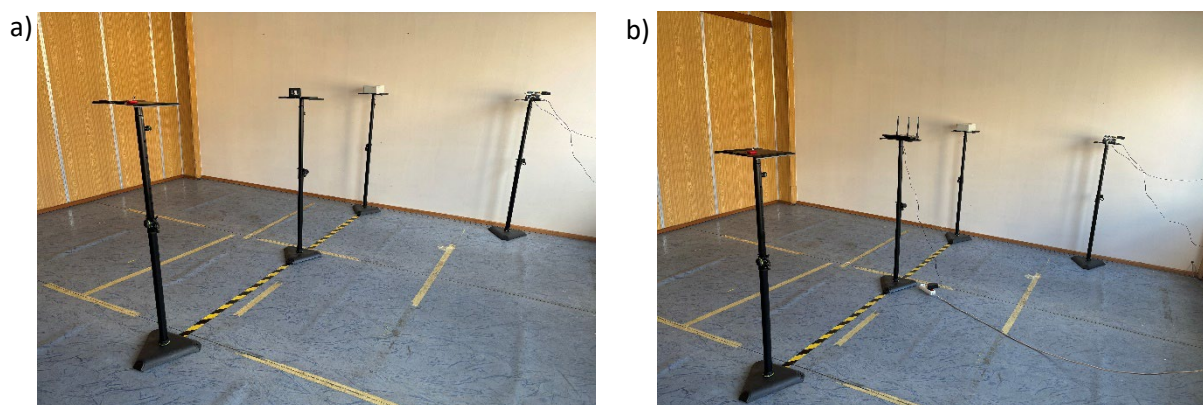
2 Metodológia

Testovaný vnútorný polohovací systém na báze nízkoenergetickej technológie Bluetooth pozostáva z vysielacích a prijímacích zariadení. Pre potreby skúmania vplyvu elektromagnetického žiarenia emitovaného inými zariadeniami vyskytujúcimi sa v priestore vnútorný polohovací systém tvorilo 1 vysielacie zariadenie, ktorým bol Bluetooth beacon Gigaset G-Tag Red a 1 prijímacie zariadenie, ktorým bol mikropočítač Raspberry Pi Zero 2 W, ktorého zdroj energie bola externá nabíjačka.



Obrázok 2. Vysielacie a prijímacie zariadenie a externý zdroj

Ako zariadenie emitujúce elektromagnetické žiarenie bol vybraný bezdrôtový reproduktor JBL GO na báze Bluetooth verzie 4.2 a Wi-Fi router TP-LINK TD-W8970B pracujúci vo frekvenčnom pásme 2,4 GHz. Cieľom bolo skúmať, do akej miery vybrané zariadenia ovplyvňujú hodnoty RSSI, a teda kvalitu signálu medzi vysielacím a prijímacím zariadením tvoriacim vnútorný polohovací systém. Beacon, mikropočítač a vybrané zariadenia boli inštalované na statívoch vo výške 1,6 m, pričom vysielacie zariadenie bolo od prijímacieho zariadenia vzdialené 3 m. 1,5 m od vysielacieho a prijímacieho zariadenia bol umiestnený reproduktor a Wi-Fi router individuálne. Počas prvého merania medzi vysielacím a prijímacím zariadením nebolo umiestnené žiadne iné zariadenie. Boli skúmané počiatočné hodnoty RSSI pri priamej viditeľnosti signálov bez iných rušivých elementov. Následne boli realizované 2 merania pre každé zariadenie umiestnené medzi vysielacím a prijímacím zariadením individuálne. Hodnoty RSSI boli získavané z IP adresy mikropočítača.



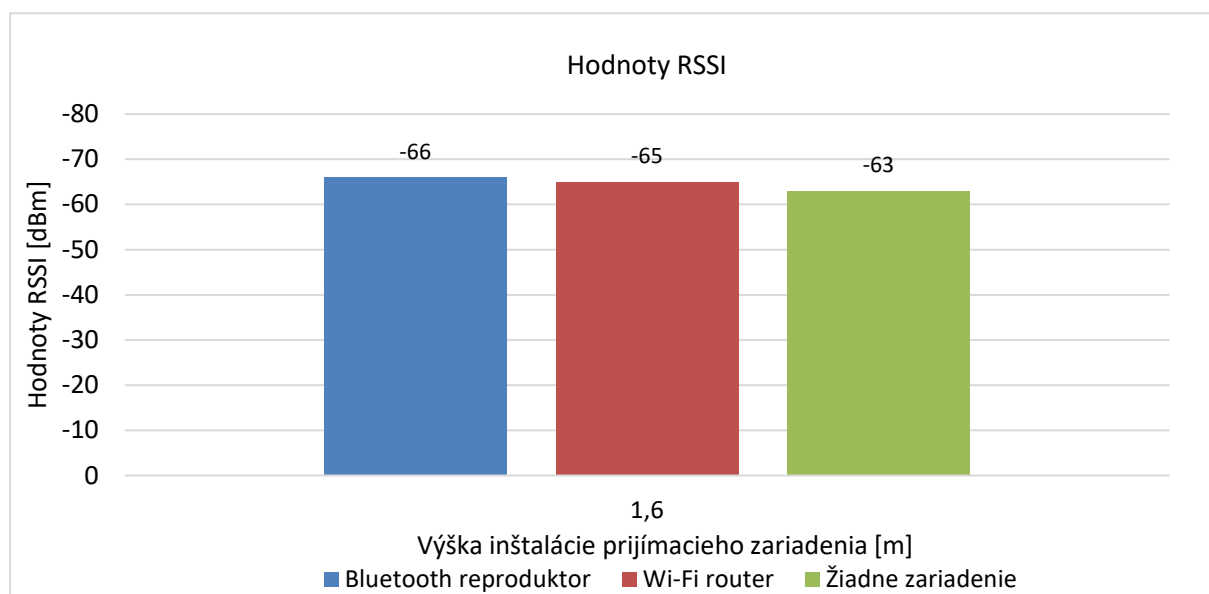
Obrázok 3. a) Umiestnenie reproduktora b) Umiestnenie Wi-Fi routera

3 Výsledky

Hodnoty RSSI uvedené v Tabuľke 1 boli získané vykonaním aritmetického priemeru 15 hodnôt RSSI pre beacon Gigaset G-Tag Red pri inštaláčnej výške všetkých zariadení 1,6 m, pri vzdialenosti 1,5 m bez zariadení a s vybranými zariadeniami individuálne a pri vzdialenosti 3 m od prijímacieho zariadenia. V priebehu jednotlivých meraní bol skúmaný i časový parameter, a teda za aký časový interval bolo zaznamenaných 15 hodnôt RSSI pri použití jednotlivých zariadení a bez zariadení.

Tabuľka 1. Hodnoty RSSI bez a s použitím zariadení emitujúcich elektromagnetické žiarenie

Typ zariadenia	Hodnoty RSSI [dBm]	Časový interval príjmu RSSI [s]
Bluetooth reproduktor	-66	120
Wi-Fi router	-65	120
Žiadne zariadenie	-63	60



Obrázok 4. Priemerné hodnoty RSSI beaconu Gigaset G-Tag Red pri použití a bez použitia zariadení emitujúcich elektromagnetické žiarenie

Na Obrázku 4. sú znázornené priemerné hodnoty RSSI beaconu Gigaset G-Tag Red pri inštaláčnej výške všetkých zariadení 1,6 m a vzdialenosti prijímacieho zariadenia od vysielacieho zariadenia 3 m, pričom medzi nimi boli umiestnené zariadenia emitujúce elektromagnetické žiarenie, a to bezdrôtový Bluetooth reproduktor a Wi-Fi router.

Na základe získaných výsledkov testovania bolo preukázané, že pri použití iných zariadení, ktoré rovnako ako zariadenia tvoriace vnútorný polohovací systém fungujú na princípe šírenia rádiových vln, nastal minimálny pokles hodnôt RSSI, a teda prídavné zariadenia nespôsobili výrazný pokles kvality signálu šíriaceho sa medzi komponentmi vnútorného polohovacieho systému. Bez použitia prídavných zariadení bola hodnota RSSI **-63 dBm**. Pri použití Wi-Fi routera hodnota RSSI poklesla o **-2 dBm** a pri použití Bluetooth reproduktora o **-3 dBm**.

Ďalším skúmaným aspektom bol časový interval zberu hodnôt RSSI. Z nameraných údajov vyplýva, že bez použitia dodatočného zariadenia bolo 15 hodnôt RSSI zaznamenaných približne za 60 s. Avšak pri umiestnení Bluetooth reproduktora a Wi-Fi routera medzi komponenty vnútorného polohovacieho systému trval zber 15 hodnôt RSSI približne 120 s.

4 Záver

Článok bol zameraný na skúmanie vplyvu elektromagnetického žiarenia emitovaného inými prítomnými zariadeniami, ktoré fungujú na princípe šírenia rádiových vln. Vybranými zariadeniami bol bezdrôtový Bluetooth reproduktor a Wi-Fi router. Prvá časť merania prebiehala bez umiestnenia iných zariadení, a teda boli zaznamenávané hodnoty RSSI bez prítomnosti ďalších zariadení okrem komponentov vnútorného polohovacieho systému. Pri meraní s použitím Bluetooth reproduktora bol počas zaznamenávania hodnôt RSSI opakovaný pokus pripojenia mobilného telefónu k reproduktoru prostredníctvom technológie Bluetooth a bol púšťaný zvuk. Počas merania s použitím Wi-Fi routeru bol mobilný telefón opakovane pripájaný k danej Wi-Fi sieti.

Existuje predpoklad, že prítomnosť viacerých zariadení v spektre elektromagnetického žiarenia má vplyv a negatívne pôsobí na šírenie signálu medzi komponentmi vnútorného polohovacieho systému. Prostredníctvom realizovaného testovania bolo preukázané, že pri použití dodatočných zariadení nastal pokles signálu medzi komponentmi vnútorného polohovacieho systému, avšak tento pokles bol minimálny a zanedbateľný. Z toho vyplýva, že pokles kvality signálu má minimálny vplyv na presnosť určovania polohy entít v uzatvorenom priestore. K nízkemu poklesu a rušeniu Bluetooth signálov medzi komponentmi vnútorného polohovacieho systému pridaným Wi-Fi routerom došlo pravdepodobne z dôvodu, že Wi-Fi reklama sa vyskytuje na iných kanáloch ako reklama Bluetooth.

Ďalším výsledkom testovania bol rozdielny časový interval príjmu signálu, a teda zaznamenávania hodnôt RSSI. Z realizovaného testovania vyplýva, že bez použitia dodatočných zariadení bol časový interval zberu 15 hodnôt RSSI približne 60 s, pričom pri použití Bluetooth reproduktora a Wi-Fi routera bolo také isté množstvo hodnôt RSSI zaznamenaných za 120 s. Z uvedeného vyplýva, že ďalšie zariadenia pravdepodobne negatívne vplývajú na množstvo odosielaných údajov. Existuje predpoklad, že čím je väčší počet údajov v určenom časovom intervale, tým bude presnejšia priemerná hodnota RSSI. Rýchlosť odosielenia údajov závisí aj od komunikácie v rámci internetovej siete, množstva a veľkosti odosielaných údajov.

V rámci ďalšieho výskumu sa výskumný tím bude zaoberať otázkami vplyvu niekoľkých zariadení emitujúcich elektromagnetické žiarenie súbežne pri iných priestorových podmienkach s ohľadom na umiestnenie daných zariadení, ich počet, zdroj elektromagnetického žiarenia, výšku či vzdialenosť a podobne.

Pod'akovanie

Článok vznikol s podporou projektu Žilinskej univerzity v Žiline APVV-20-0457: „Monitorovanie a trasovanie pohybu a kontaktu osôb v zdravotníckych zariadeniach“.

Referencie

- [1] Kaur, M., Kakar, S., Mandal, D. 2011. Electromagnetic interference. In: 3th International Conference on Electronics Computer Technology. DOI: 10.1109/ICECTECH.2011.5941844
- [2] Chung, D. D. L. 2020. Materials for electromagnetic interference shielding. In: Materials Chemistry and Physics, č. 255. DOI: 10.1016/j.matchemphys.2020.123587
- [3] Reichl, J., Všetická, M. 2006. Přehled elektromagnetického záření. In: Encyklopedie fyziky. Dostupné na: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/149-mechanika>
- [4] Tabulky – spektrum. Dostupné na: https://www.aldebaran.cz/tabulky/spektrum_rad.php
- [5] Li, X., Yu. G. 2021. Indoor Positioning System Based on Standardizing Waveform Tendency. In: Journal of Sensors, č. 3, s. 1-10.
- [6] Lu, W., Ma, X. et al, 2023. Toward Designing an Attentive Deep Trajectory Predictor Based on Bluetooth Low Energy Signal. In: 57th Annual Conference on Information Sciences and Systems (CISS), s. 1-6.
- [7] Said, A., Galwish, A., Assal, M., Elgazar, M. 2021. Simulating Associated Routing Protocol for Bluetooth Low Energy Devices. In: Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE), č. 6, s. 63-69.
- [8] Čabarkapa, D., Grujić, I. et al. 2015. Comparative analysis of the Bluetooth Low-Energy indoor positioning systems. In: 12th International Conference on Telecommunication in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services (TELSIKS), s. 1-4.
- [9] Jung, J., Choi, Y. 2017. Measuring Transport Time of Mine Equipment in an Underground Mine Using a Bluetooth Beacon System. In: Minerals, č. 1, s. 1-10.
- [10] Spachos, P., Plataniotis, N. K. 2020. BLE Beacons for Indoor Positioning at an Interactive IoT-Based Smart Museum. In: IEEE Systems Journal, č. 14, s. 3483 – 3493.
- [11] Huang, J., Chi, CH. J. CH., HUNG, T. W. 2023. Hybrid-AI-Based iBeacon Indoor Positioning Cybersecurity: Attacks and Defenses. In Journal of Sensors, č. 23, s. 1-19.
- [12] Na, X. et al. 2021. Wi-attack: Cross-technology Impersonation Attack against iBeacon Service. In 18th Annual IEEE International Conference on Sensing, Communication, and Networking (SECON).
- [13] Zhang, W., Yang, X. 2023. DV-Hop Location Algorithm Based on RSSI Correction In: Electronics, č. 12, s. 1-15.
- [14] Mussina, A. Aubakirov, S. 2019. Indoor Positioning via Machine Learning. In: Proceedings of the 8th International Conference on Data Science, Technology and Applications DATA, č. 1, s. 190-195.

Analýza následků kybernetických útoků na energetickou infrastrukturu: Industroyer a Stuxnet

Ilja David

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky, Nad Stráněmi 4511, 760 05 Zlín

Abstrakt: Tento příspěvek zkoumá následky kybernetických útoků na energetickou infrastrukturu, na základní bezpečnostní atributy dostupnosti, integrity a důvěrnosti na reálných případech Crashoverride a Stuxnet. Cílem analýzy těchto útoků a malwaru, který je způsobil, je pochopit vliv těchto kybernetických útoků na řízení kybernetické bezpečnosti a jejich následky, které by mohly v současnosti nebo v budoucnosti nastat na vznikající propojení inteligentních přenosových soustav tzv. Smart Grid. Analýza vychází z veřejně dostupných zdrojů a slouží jako základ pro další zkvalitnění řízení kybernetických rizik pro společnosti reprezentující různé domény Smart Grid Architecture Modelu (SGAM).

Klíčová slova: průmyslová kybernetická bezpečnost, kybernetický incident, řízení kybernetických rizik, kritická infrastruktura, výroba energie, Smart Grid.

1 Úvod

V současném digitálně propojeném světě nabývá na významu ochrana kritické infrastruktury, a to včetně oblasti kybernetické bezpečnosti [1]. Zejména v energetickém sektoru nejsou útoky na energetickou infrastrukturu jen teoretickou hrozbou, ale reálným problémem s potenciálem způsobit rozsáhlé výpadky elektrické sítě a s tím související ekonomické škody [2].

Tento příspěvek se zaměřuje na dva konkrétní případy kybernetických útoků pomocí malware Crashoverride, známý taktéž pod jménem Industroyer a Stuxnet. Analýzou následků těchto útoků a lze zjistit potenciální zranitelné body pro možné budoucí hrozby v kontextu energetických sítí, které se v současnosti rychle vyvíjejí obohacováním různých digitálních prvků a současně rostoucí vzájemné propojitelnosti do inteligentních přenosových soustav, známých jako Smart Grid [3].

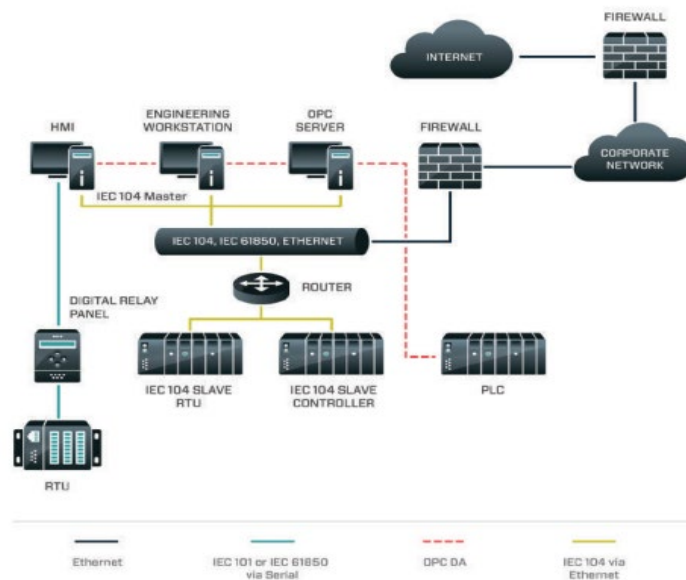
Tato analýza vychází z veřejně dostupných zdrojů a má za cíl poskytnout přehled o tom, jak tyto útoky ovlivnily hlavní bezpečnostní atributy důvěrnosti, integrity a dostupnosti energetických systémů (tzv. CIA triáda) a tak pro průmyslovou kybernetickou bezpečnost zabývající se odvětvím energetiky poskytnout základní informace pro další výzkum a naznačit směry, kterými by se mělo ubírat zlepšení řízení kybernetických rizik v rámci různých domén Smart Grid Architecture Modelu (SGAM) [4] za použití předchozího výzkumu, kde byly definovány možné vazeb mezi jednotlivými skupinami aktiv v rámci tohoto modelu [5].

2 Industroyer/CRASHOVERRIDE Attack

Dle dostupných informací, je "CRASHOVERRIDE"/Industroyer (dále jen „Industroyer“) malwarem navrženým speciálně pro útoky na kritickou infrastrukturu, přesněji přímo na elektrické sítě [5]. Tento malware vyniká svojí vysokou sofistikovaností a umožňuje útočnickům provádět útoky proti systémům průmyslových řídicích sítí v různých prostředích a na platformách různých dodavatelů, typicky propojujících různé provozní technologie.

Industroyer je vysoce sofistikovaný díky své schopnosti používat stejné protokoly, jaké systémy elektrické sítě používají pro vzájemnou komunikaci. Malware tak zvyšuje schopnosti útočníků, kteří se mohou snažit narušit provoz těchto sítí a systémů jimi propojenými – neomezuje se pouze na jeden protokol. Navíc malware zahrnuje zadní vrátka, která útočnickům umožňují na dálku vykonávat příkazy v infikovaném systému [6]. Tento malware nemá špionážní funkce, jeho hlavní funkcí je způsobení výpadků proudu.

Proběhlý zdokumentovaný útok zasáhl přenosovou úroveň rozvodny na Ukrajině 17. prosince 2016. K útoku byl využit protokol OPC k zmapování prostředí a k výběru potenciálních cílů [7]. Zejména se malware zaměřil na knihovny HMI (Human-Machine-Interface, tzv. rozhraní člověk-stroj) a související konfigurační soubory, aby lépe porozuměl síťovému prostředí, a následně využil HMI pro připojení k dalším lokacím. Velmi zajímavým aspektem tohoto útoku je útočnickem prokázané porozumění fyzickému průmyslovému procesu elektrické sítě [6]. Z povahy věci je toto aplikovatelné i na problematiku Smart Gridů.



Obrázek 1. Architektura systémů provozu elektrických sítí a komunikací relevantních pro malware Industroyer [6].

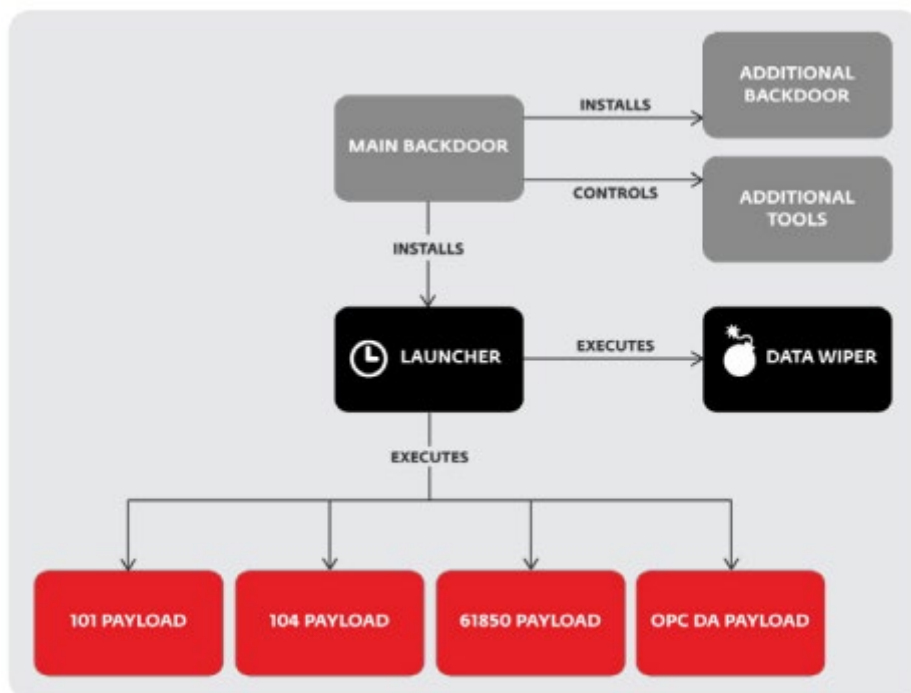
Malware Industroyer se skládá z různých částí, které mohou být na míru přizpůsobeny pro konkrétní cíle útoku. To zahrnuje několik klíčových komponent:

- **Backdoor:** zadní vrátka, která umožňují útočníkům vzdálený přístup k systému.
- **Payload modul:** komponenta je zodpovědná za instalaci malwaru na cílový systém a jeho aktivaci.
- **Doplňkové moduly:** moduly, které jsou použity k provádění specifických úkolů, jako je manipulace s hardwarem nebo softwarem, sběr dat, a další útočné operace.

Industroyer může teoreticky infiltrovat systémy prostřednictvím různých vektorů útoku, jakými jsou např. USB zařízení, emailové přílohy či zneužití slabých míst v dodavatelském řetězci. Tento malware je speciálně navržen tak, aby zneužíval protokoly komunikace používané v průmyslových řídicích systémech, což umožňuje provádět útoky na energetickou infrastrukturu bez nutnosti pokročilých znalostí o daném systému.

Malware podporuje čtyři různé průmyslové kontrolní protokoly, které jsou definovány v následujících standardech [8]:

- IEC 60870-5-101 (známý jako IEC 101),
- IEC 60870-5-104 (známý jako IEC 104),
- IEC 61850,
- OLE pro přístup k datům procesního řízení (OPC DA)



Obrázek 2. Přehled modulů Industroyer [8].

2.1 Následky

Jakmile je cílový počítač infikován, malware ho prozkoumává pro nalezení vhodných síťových adres, na které je schopen zaútočit. Jakmile se poté dostane do množiny známých adres, může aktivovat libovolný parametr. Nejúčinnější známou akcí je spuštění nekonečné smyčky, která přepíná otevírání a zavírání jističe napájecí elektrické rozvody a zabránila tak operátorům systému v provozování jističů a opětovném zapojení napájecí linky nebo rozvodny [6].

Touto možností tak dochází především k narušení atributu dostupnosti systému nebo jeho části. Možné následky odpojení linky nebo rozvodny se v značné míře liší v závislosti na toku elektrické energie a dalších proměnných – jako je velikost celé soustavy a také koncový počet uživatelů elektrické energie. Dopad na dostupnost by teoreticky mohl vést k tomu, že zákazníci zažijí výpadek proudu na neurčito – tedy na velmi dlouhou dobu. Pro vyřešení útoku musí být obvodové jističe sítě vypnuty a technický personál bude muset být vyslán do po rozvodny. Jak je známé z jiných teoretických zdrojů, tyto časy se mohou v různých energetických společnostech lišit [9].

Jak již bylo řečeno, Industroyer útoku není zaměřen na extrakci citlivých dat (atributy důvěrnosti), ale přímo útočí na dostupnost systému, jeho dílčí části a související služby. Přesto by mohl na základě reálných zkušeností autora potenciálně ovlivnit atribut integrity fyzických prvků rozvodny – špatným vyhodnocením často neúplných souvisejících dat zaměstnancem nebo systémem apod., což je jedna z často reportovaných událostí v rámci posouzení rizik OT systémů – kdy operátor může chybně vyhodnotit neobvyklou situaci na základě neúplných dat (zde např. neúplné informace z rozvodny) a zareagovat nesprávným, neefektivním a často až nebezpečným způsobem. V případě proběhlého útoku však integrita pravděpodobně nebyla parametrem, který by byl ovlivněn. Vzhledem k provedené analýze mohou z hlediska atributu dostupnosti a integrity nastat tyto důsledky:

- **Dostupnost:** Útok pomocí Industroyeru by mohl vést k úplnému výpadku rozvodny, což by paralyzovalo dodávku energie. Odpojení napájecích linek by mělo bezprostřední dopad na domácnosti, podniky i kritickou infrastrukturu, což by mohlo způsobit širší sociální a ekonomické problémy.
- **Integrita:** Malware může manipulovat s daty a operacemi v řídicích systémech, což vede k špatnému vyhodnocení stavu zařízení operátory. To může způsobit, že operátoři podniknou nesprávné kroky k řešení situace nebo zpozdí nezbytné reakce na vzniklé problémy. Tato manipulace s integritou informací zvyšuje riziko dalšího poškození zařízení a prodlužuje dobu obnovy. Další formou narušení integrity může být také to, že během obnovy činnosti mohou během náběhu prvky systému být ve stavu, kdy nepoužívají stejné procesy své ochrany jako během běžného provozu. To může otevírat možnosti pro další útoky.
- **Důvěrnost:** i když přímý cíl Industroyeru není narušení důvěrnosti informací, nepřímý dopad na důvěrnost může nastat v důsledku získání přístupu k systémovým protokolům a operacím. Tento přístup může odhalit citlivé informace o infrastruktuře a provozních protokolech, což by mohlo být využito pro další škodlivé činnosti nebo kybernetickou špionáž.

Nejhorší možný scénář nastane, pokud by malware dosáhl kontroly nad řízením odpojení obvodů rozvodny, což následně zahrnuje rozsáhlé a dlouhotrvající výpadky energie, což by mělo zásadní dopad na veřejnou bezpečnost, ekonomickou stabilitu a každodenní fungování společnosti. Přesně tento katastrofický scénář útoku se odehrál na Ukrajině v roce 2016, kdy bylo několik elektrických rozvodů zablokováno a odpojeno od energie a několik tisíc zákazníků přišlo o elektrickou energii [10]. Tento incident poukazuje na kritickou potřebu robustních bezpečnostních opatření a rychlých reakčních schopností k minimalizaci dopadů podobných kybernetických útoků.

3 Stuxnet

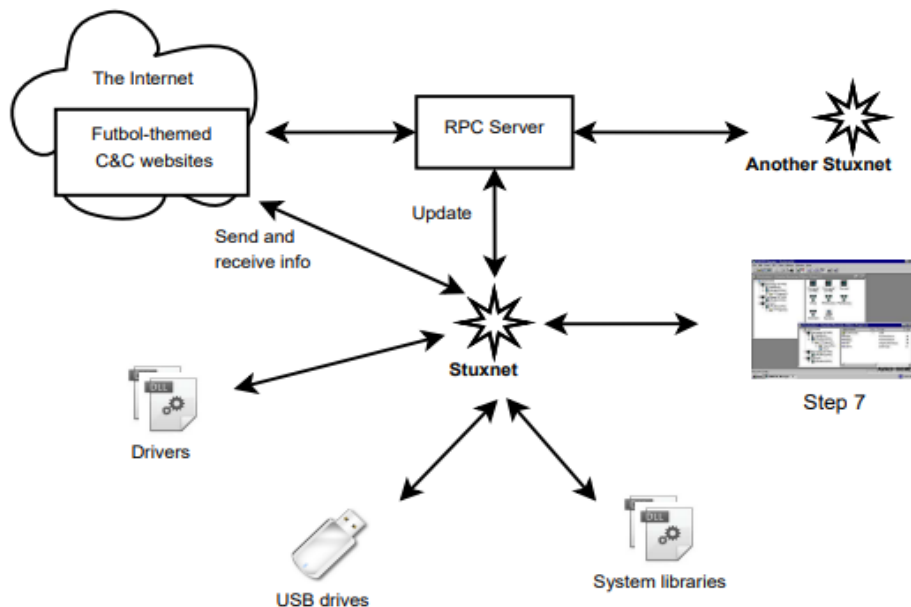
Stuxnet je vysoce sofistikovaný počítačový červ, který byl poprvé odhalen v červnu 2010, ačkoli jeho první verze se objevila již v roce 2009. Postupně došlo k infikování mnoha desítek tisíc počítačů všude po světě, s primárním cílem zasáhnout jaderná zařízení v Íránu [11]. Tento malware byl speciálně navržený, aby cílil na průmyslové řídicí systémy SCADA vyrobené společností Siemens, zejména ty, které se používají v jaderných zařízeních – jako takový tak je brán jako první SCADA ATP (tzv. Advanced Persistent Threat – Pokročilá trvalá hrozba). [12]

Stuxnet měl pravděpodobně konkrétní úkol: narušit íránský program obohacování uranu tím, že se zaměří na zařízení propojených s centrifugami, a to především v jaderném zařízení v Natanzu. Odhady ukazují, že byl schopen vyřadit z provozu přibližně 11 % íránských centrifug [13]. Proti centrifugám používal dva způsoby útoku: přetlak a manipulace otáčkami rotoru [12]. Podle dostupných podkladů však reálně byla využita pouze změna regulace otáček (pravděpodobně z důvodu horší možnosti detekce).

Stuxnet využíval tzv. "zero-day" bezpečnostní zranitelnosti, o které veřejnost v době útoku ještě nevěděla, aby infiltroval systémy:

- MS10-046: Zranitelnost ve Windows shellu, která umožňovala vzdálené spuštění kódu prostřednictvím některých souborů. [14]
- MS10-061: Zranitelnost tiskové služby, kterou Stuxnet využíval k získání přístupu k cílovému systému. [15]
- MS10-067: Zranitelnost ve službě serveru umožňující vzdálené spuštění kódu. [16]

Další zranitelnosti, které používal, byly MS10-073 a MS10-092 [11]. Malware byl také vybaven nástroji pro skrytí před antimalwarovým softwarem a jeho tvůrci, kteří měli hluboké znalosti cílených systémů, použili ukradené digitální certifikáty k podepsání škodlivých driverů, což úspěšnost infekce ještě zesílilo [12]. Tyto drivery navíc v logu vypadaly jako běžné periferie PC, které lze v každém logu očekávat.



Obrázek 3. Různé komponenty Stuxnetu [13].

Za počáteční přístup malware Stuxnet do systému bylo po spoustu let bráno použití USB flash disku. Tato metoda je obzvláště účinná v prostředích, kde je přímý přístup k internetu omezen nebo zcela chybí. V případě iránského jaderného zařízení v Natanzu mohli být USB flash disky použity subdodavatelským personálem, což usnadnilo šíření malwaru do cílených systémů. Nicméně v poslední době se objevují informace, že infiltrace byla provedena pomocí holandského technika, který dovezl do zařízení infikované měniče s proměnnou frekvencí (tzv. Variable Frequency Drives – VFD) [17]. V odborných kruzích stále probíhá diskuze, jak se mohl tento malware v případě pravdivosti této informace dostat dále do sítě, když VFD jsou připojeny k systému pouze fyzicky.

Tak či onak, po úspěšné infiltraci systému, Stuxnet začne s laterálním pohybem v síti, tak aby dosáhl svého hlavního cíle – PLC. Tyto řadiče se obvykle nacházejí se v izolovaných průmyslových prostředích, jsou však často připojeny k počítačům, které je programují a ovládají a tímto způsobem došlo k poškození PLC a poté centrifug, které byly PLC řízeny. Stuxnet současně využívá sofistikované techniky k maskování své přítomnosti a manipulaci s PLC, což mu umožňuje provádět neautorizované změny v operacích, jako je nenápadná změna rychlosti centrifug (zde z 1410 Hz na rozsah mezi 2 Hz a 1064 Hz), což může vést k jejich poškození nebo zničení [12].

Celkově Stuxnet znamenal precedent pro celý bezpečnostní průmysl, kdy budoucí útoky, kde digitální nástroje mohou přímo ovlivnit fyzickou infrastrukturu a průmyslové procesy. Tento incident zdůraznil význam ochrany průmyslových systémů před kybernetickými hrozbami a potřebu rozvinutí obranných strategií pro zajištění bezpečnosti kritické infrastruktury. Znamenal tak de facto začátek oboru průmyslové kybernetické bezpečnosti.

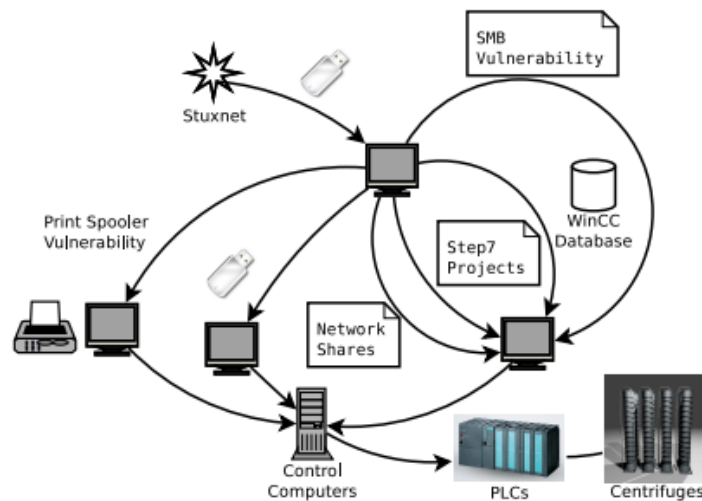
3.1 Následky

Stuxnet je velmi propracovaný malware, jehož hlavní síla spočívá v manipulaci s integritou informací – Stuxnet úmyslně mění údaje zaznamenávané senzory a zároveň upravuje zobrazení těchto hodnot v nadřazeném řídicím systému, což je klíčové pro správné monitorování a řízení průmyslových operací.

Stuxnet je však malware, který neovlivňuje důvěrnost informací v napadených systémech, ale zaměřuje se primárně na narušení integrity a dostupnosti dat (který na rozdíl od jiných obdobných malware, jako DuQu či Flame, kde totiž modulární architektura této elektronické zbraně umožňuje funkcionalitu malware velmi flexibilně měnit podle momentálních potřeb útočníka).

Díky této manipulaci není technickému personálu zjevné, že zařízení, například turbíny, pracují s chybnými nastaveními. Toto klamné zobrazení správně fungujícího systému může vést k přetížení nebo kritickým chybám, které následně způsobí selhání zařízení, souvisejících procesů atp.

Klíčovým dopadem Stuxnetu na íránské zařízení pro obohacování uranu bylo vyřazení centrifug, které jsou pro tento proces nezbytné. Tím byla zásadně narušena dostupnost a funkčnost těchto klíčových zařízení. Útok tak měl přímý vliv na schopnost zařízení vykonávat jeho primární účel, což je zásadní pro vyšší strategické cíle, které Stuxnet pravděpodobně plnil PLC.



Obrázek 4. Stuxnet – různé cesty útoku k dosažení cílového PLC [13].

Pro lepší pochopení dopadu Stuxnetu na bezpečnostní triádu CIA, jsou specifické důsledky tohoto malwaru rozepsány níže:

- **Dostupnost:** Stuxnet může způsobit výpadky nebo úplné odstavení provozu kritických systémů tím, že přímo manipuluje s provozními funkcemi infrastruktury – malware přímo způsobil vyřazení centrifug v jaderném zařízení, čímž došlo k významnému snížení jejich dostupnosti.
- **Integrita:** Stuxnet zasahuje do správného fungování systémů tím, že falšuje výstupy senzorů a signálů monitorujících systémy. Tím zabraňuje operátorům v rozpoznání, že zařízení pracují v nevhodných nebo nebezpečných podmínkách. Toto narušení integrity dat může vést k

nesprávným rozhodnutím a zpožděným reakcím na problémy, což dále zvyšuje riziko škod. Další formou narušení integrity může být zároveň to, že během obnovy činnosti mohou během náběhu prvky systému být ve stavu, kdy nepoužívají stejné procesy své ochrany jako během běžného provozu. To může otevírat možnosti pro další útoky.

- **Důvěrnost:** ačkoliv primárním cílem Stuxnetu není porušení důvěrnosti informací, jeho schopnost infiltrovat a manipulovat s kritickými systémy a zveřejnění této schopnosti na internetu mohlo nepřímo vystavit citlivé provozní a infrastrukturní informace, jako jsou operační postupy nebo konfigurace systému, což by mohlo být zneužito pro další škodlivé činnosti nebo špionáži dalších jaderných zařízení.

Ačkoliv byl Stuxnet zaměřen pravděpodobně na zpomalení jaderného programu, lze si snadno představit obdobný malware v evropských jaderných elektrárnách, kde by obdobným způsobem narušil výrobu elektrické energie. Nejhorší možný scénář by zahrnoval fyzické zničení některých prvků energetické kritické infrastruktury. Obnova provozu by pak byla mohla být výrazně delší a hypoteticky způsobit související výpadky energie, což by mělo vážné důsledky pro bezpečnost, ekonomiku a každodenní život obyvatelstva zasažené oblasti. Tyto incidenty by také mohly vést k dlouhodobým následkům pro důvěru veřejnosti v schopnost státu zajišťovat bezpečnost a stabilitu základní infrastruktury.

4 Závěr

Kybernetické útoky, jako jsou ty provedené pomocí malwaru Industroyer a Stuxnet, mají hluboký dopad na energetickou infrastrukturu a bezpečnostní atributy CIA triády. Tyto incidenty odhalily kritické zranitelnosti v systémech, které jsou nezbytné pro bezpečnou a efektivní distribuci energie ve společnostech moderní doby. Vzhledem k rychlému rozvoji a vzájemné propojitelnosti inteligentních přenosových soustav je důležité, aby byla kybernetická bezpečnost vnímána jako integrální součást strategie ochrany kritické infrastruktury. Tím, že specifikem těchto malwarů je vysoká sofistikovanost a fakta, že Stuxnet a jeho vývoj byl pravděpodobně financován státem a současně Industroyer byl součástí válečného úsilí a hackerské skupiny pravděpodobně podporované státem, ukazuje na nutnost řešení takto sofistikovaných problémů na státní či dokonce ideálně na mezistátní úrovni. Zároveň je očividná nutnost podporovat aplikaci kvalitního řízení rizik pomocí odpovídajících bezpečnostních standardů a související bezpečnostní architektury do organizací spravující prvky kritické infrastruktury.

Tento příspěvek zdůraznil nesmírnou škodlivost a komplexnost útoků jako jsou Industroyer a Stuxnet a nutnost existence opatření, která mohou snížit související následky. Jak je z daných příkladů patrné, malware nečílí primárně a atribut důvěrnosti, ale především na integritu a dostupnost. Z hlediska řízení kybernetické bezpečnosti je tak vhodné zaměřit se ochrannými opatřeními především na tyto dva atributy. Současně lze vysledovat jistou shodnost mezi těmito atributy v obou posuzovaných případech, což značí, že aplikace shodných bezpečnostních opatření řeší tyto atributy tak může potenciálně zabránit různým druhům malwarů cílícím na energetiku. Zároveň uvedené příklady útoků zdůrazňují význam bezpečnostních opatření v kritických průmyslových prostředích, včetně pečlivé kontroly všech přenosných medií, dodavatelského řetězce a zajištění, že personál je vzdělán nejen o

rizicích spojených s kybernetickými hrozbami, ale také na konkrétní symptomy možného špatného fungování jednotlivých dílčích částí systému.

V důsledku těchto útoků se ukazuje, že neustálé posilování kybernetické obrany je nezbytné pro ochranu a stabilitu energetických sítí a zajištění kontinuity dodávek energie. V rámci SGAM by mělo dojít k implementaci širšího spektra bezpečnostních opatření, které zohlední specifika různých domén a zároveň poskytnou robustní ochranu proti kybernetickým útokům, zlepšení souvisejících norem postupů, posílení mezinárodní spolupráce a výměny informací, a další výzkum a vývoje v oblasti kybernetické bezpečnosti energetických sítí. Takový přístup bude klíčový pro zajištění dlouhodobé udržitelnosti a bezpečnosti propojené energetické infrastruktury.

Další výzkum je možné vést směrem k formalizaci jednotlivých následků k dalšímu matematickému zpracování – vedoucí k jejich ohodnocení a ukotvení na rizikové škále. Dále lze přistoupit k analýze jednotlivých zahrnutých aktiv (informací, procesů, lidí, hardwarových a softwarových komponent) a zmapování možných vazeb mezi nimi [17]. Další výzkum tak může vést ke zkvalitnění aplikace řízení rizik na velmi komplexní prostředí Smart Gridů zahrnující současně až stovky různých subjektů a tisíce různých aktiv.

Reference

- [1] ŘEHKA, Karel. Informační válka. Academia, 2017.
- [2] DAVID, Ilja. Směrem k řešení kybernetické bezpečnosti inteligentních sítí pomocí modelu SGAM. Mladá Věda 2023
- [3] KNAPP, Eric D. a Joel Thomas LANGILL. Industrial Network Security: Securing Critical Infrastructure Networks for Smart Grid, SCADA, and Other Industrial Control Systems. Syngress, 2015. ISBN 978-1597496452.
- [4] "CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group Smart Grid Reference Architecture", CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group, November 2012.
- [5] Priyanka, A. & Monti, A. (2022). Towards Risk Assessment of Smart Grids with Heterogeneous Assets. 1-6. 10.1109/ISGT-Europe54678.2022.9960613.
- [6] Dragos Inc., «CRASHOVERRIDE Analysis of the Threat to Electric Grid Operations», 2018.
- [7] Cybersecurity and Infrastructure Security Agency [CISA], «Alert (TA17-163A) CrashOverride Malware», 2017.
- [8] CHEREPANOV Anton. WIN32/INDUSTROYER: A new threat for industrial control systems. ESET, Version 2017-06-12
- [9] A. A. Bochman and S. Freeman, Countering Cyber Sabotage: Introducing Consequence-drive Cyber-informed Engineering (CCE). CRC Press, 2021.
- [10] Zetter, K., «Inside the Cunning, Unprecedented Hack of Ukraine's Power Grid», Wired, 2016.
- [11] LANGNER, Ralph. Robust Control System Networks: How to achieve reliable control after Stuxnet. Momentum Press, 2012.

- [12] COLBERT, Edward J.M. a Alexander KOTT, ed. Cyber-security of SCADA and Other Industrial Control Systems. Springer, 2016. ISBN 978-3319321233.
- [13] Mueller, O., Yadegari, B., «The Stuxnet Worm», 2012.
- [14] Microsoft, «Microsoft Security Bulletin MS10-046 - Critical - Vulnerability in Windows Shell Could Allow Remote Code Execution (2286198)», Security Bulletin, 2010a.
- [15] Microsoft, «Microsoft Security Bulletin MS10-061 - Critical - Vulnerability in Print Spooler Service Could Allow Remote Code Execution (2347290)», Security Bulletin, 2010b.
- [16] Microsoft, «Microsoft Security Bulletin MS08-067 - Critical - Vulnerability in Server Service Could Allow Remote Code Execution (958644)», Security Bulletin, 2008.
- [17] <https://www.haaretz.com/israel-news/2024-01-09/ty-article/a-dutch-national-sabotaged-irans-nuclear-program-in-2008-new-investigation-reveals/0000018c-ee18-d0b4-a7ce-ff7bc9ec0000>

LAMINÁRNÍ RYCHLOST HOŘENÍ HYBRIDNÍCH SMĚSÍ PRACHU KUKUŘIČNÉHO ŠKROBU A METANU PŘI JINÉ NEŽ STANDARDNÍ POČATEČNÍ TEPLITĚ

Ing. Iris Helegda¹, Ing. Matouš Helegda¹, Ing. Jan Skřínský, Ph.D.²

¹ Fakulta bezpečnostního inženýrství, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

² Výzkumné energetické centrum, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Abstrakt: Malé množství hořlavého plynu smíchaného s hořlavým prachem může způsobit velký výbuch s vážnými následky. V této studii byly provedeny výbuchové experimenty s hybridními směsmi v kulové výbuchové komoře o konstantním objemu 0,02 m³. Byly zaznamenány výbuchové křivky v závislosti na čase. Vliv počáteční teploty na rychlost hoření byl zkoumán pro hybridní směsi hořlavého prachu a hořlavého plynu. Nejdůležitějšími výsledky z vyhodnocených experimentů jsou hodnoty rychlostí hoření pro lepší pochopení základního procesu hoření (výbuchů) hybridních směsí. Je známo, že rychlost hoření se mění v závislosti na turbulenci zkušební směsi. Ta závisí na interakci mezi výbuchovým tlakem, rychlostí nárůstu výbuchového tlaku za jednotku času, objemem nádoby a zdrojem iniciace. Při diskusi o hybridních směsích je kladen důraz na příměs hořlavého plynu v koncentracích pod dolní mezí výbušnosti samotného plynu. Pokud je tento limit pro plyn překročen, brzy se dostaneme do situace, kdy nejhorším scénářem pro primární výbuch by byl výbuch čistého plynu. V této studii je upozorněno na první vyhodnocení rychlosti laminárního hoření stanovené při vyšších počátečních teplotách. Zkušební komory použité v prezentované studii odpovídají zkušebním nádobám popsaným v řadě norem EN 14034:2011. Hodnoty rychlosti se zvyšující se teplotou měnily, když byla teplota vyšší než 25 °C, a byl tak ovlivněn kubický zákon. Počáteční nárůst teploty neovlivňuje závislost mezi maximální rychlostí nárůstu tlaku a maximálním tlakem výbuchu ve vzorci kubického zákona.

Klíčová slova: hybridní směsi; 20 l výbuchová komora; vyšší teploty; bezpečnostní charakteristiky; laminární rychlost hoření

1 Úvod

Hybridní směsi ve formě výbušného souboru byly poprvé zkoumány v roce 1885 německým badatelem Englerem. Ke vzniku výbušné hybridní směsi nebo k výbuchu může dojít smícháním množství menšího, než je dolní mez výbušnosti (LEL) v případě čistého plynu a minimální koncentrace výbušnosti (MEC) v případě čistého prachu. Vliv běžné přítomnosti hořlavého plynu na výbuchové parametry samotného hořlavého prachu je dobře známý. Mezi tyto vlivy patří vyšší hodnoty maximálního výbuchového tlaku a maximální rychlosti nárůstu tlaku a nižší hodnoty minimální koncentrace výbušnin a minimální iniciační energie. Z mezinárodního hlediska lze zaznamenat významné posílení výzkumné činnosti v oblasti prevence výbuchu, a to zejména v souvislosti s výskytem velkých průmyslových havárií. Výše

uvedené vyplývá ze základních publikací věnovaných výbuchům, resp. výbuchům hybridních směsí [10], [11], [12].

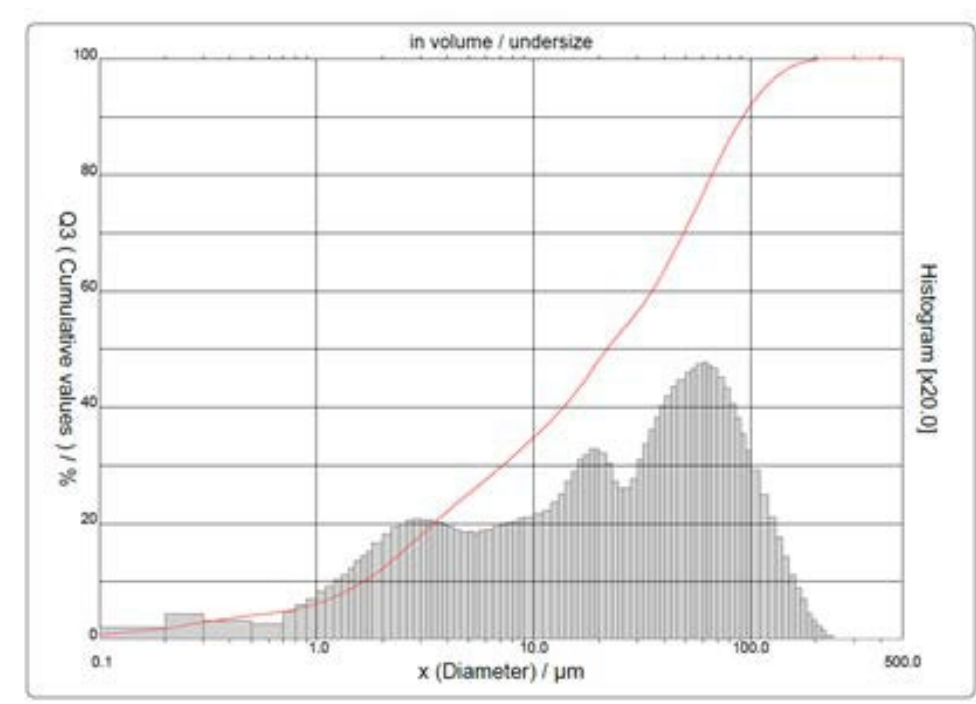
Je známo, že rychlost hoření se mění turbulentním chováním směsi před výbuchem. Neexistují však žádné studie, které by popisovaly vliv počáteční teploty. Toto závisí na interakci mezi výbuchovým tlakem, rychlostí nárůstu tlaku, objemem nádoby a zdrojem iniciace. Při diskusi o hybridních směsích je kladen důraz na příměs hořlavého plynu v koncentracích pod dolní mezí výbušnosti samotného plynu. Pokud je tento limit pro plyn překročen, brzy se dostaneme do situace, kdy nejhorším scénářem pro primární výbuch by byl výbuch čistého plynu. Autoři Amyotte P. R. et al (2010) [2], a Saeed M. A. et al (2016) [5] zkoumali vliv velikosti částic na rychlost hoření práškové biomasy ve zkušební výbuchové komoře pro výbuch prachu ISO 1 m³. Autoři Stahmer K. W. et al (2016) [9] hledali vztah mezi indexy výbušnosti rozptýleného prachu a povrchem částic a spalným teplem a zjistil, že hlavním vlivem na rychlost hoření je střední velikost částic. Autoři Janovsky, B. et al (2019) [4] zkoumali hybridní směsi uhelného prachu, Lycopodium Clavatum a niacinu s metanem a vodíkem v komorách o objemu 1 m³ a 20 l. Autoři Cloney C. T. et al (2020) [3] prezentovali vliv průměru částic v režimech laminárního spalování hybridních směsí uhelného prachu a metanu. Rychlost hoření byla vypočtena pro široký rozsah koncentrací prachu a počátečních poměrů ekvivalence plynu pro částice o velikosti 10 μm a 33 μm. V nedávné době byla autory Spitzer S. et al (2021) [6] a Spitzer S. et al (2022) [7] publikována srovnávací studie o standardizovaných zdrojích vznícení používaných pro zkoušky výbuchu a vlivu nárůstu tlaku před výbuchem na bezpečnostní charakteristiky prachových a hybridních směsí. Autoři Helegda M. et al (2022) [8] se zabýval vlivem rychlosti hoření v platnosti standardních hybridních směsí metan – vzduch. Metoda pro hybridní směsi byla testována pro chemické iniciátory a standardní atmosférické podmínky. Publikované hodnoty rychlosti hoření (S_L) v závislosti na objemu a zdroji iniciace pro směsi metanu a vzduchu s Lycopodium Clavatum jsou shrnuty v Tabulce 1.

Tabulka 1. Rychlosti hoření v m/s při 25 °C [8]

Koncentrace g/m ³	2 x 5 kJ		Elektrická jiskra	
	1 m ³	0,02 m ³	1 m ³	0,02 m ³
CH ₄ : 0 obj. %				
125	0.34	0.45	0.37	0.32
250	0.45	0.53	0.47	0.44
500	0.54	0.51	0.52	0.46
CH ₄ : 4 obj. %				
125	0.44	0.48	0.55	0.30
250	0.57	0.64	0.60	0.54
500	0.61	0.89	0.56	0.68
CH ₄ : 8 obj. %				
125	0.72	0.96	0.76	1.34
250	0.75	1.65	0.79	2.81
500	0.70	1.82	0.72	1.90

2 Materiály a metody

Analyzátor velikosti částic 1090 CILAS je přístroj střední třídy, který nabízí širší rozsah měření velikosti částic. Díky dvěma laserům a optické architektuře s více vlnovými délkami poskytuje tento přístroj rozsah měření od 0,04 do 500 μm v suchém režimu. Byl použit k charakterizaci distribuce velikosti částic ve vzorku kukuřičného škrobu. Přesné výsledky měření vlhkosti díky přesnému vážení a regulaci teploty byly měřeny pomocí analyzátoru Mettler Toledo typu 256. Výsledky analýzy vzorků prachu jsou uvedeny na Obrázku 2 a Tabulce 2.



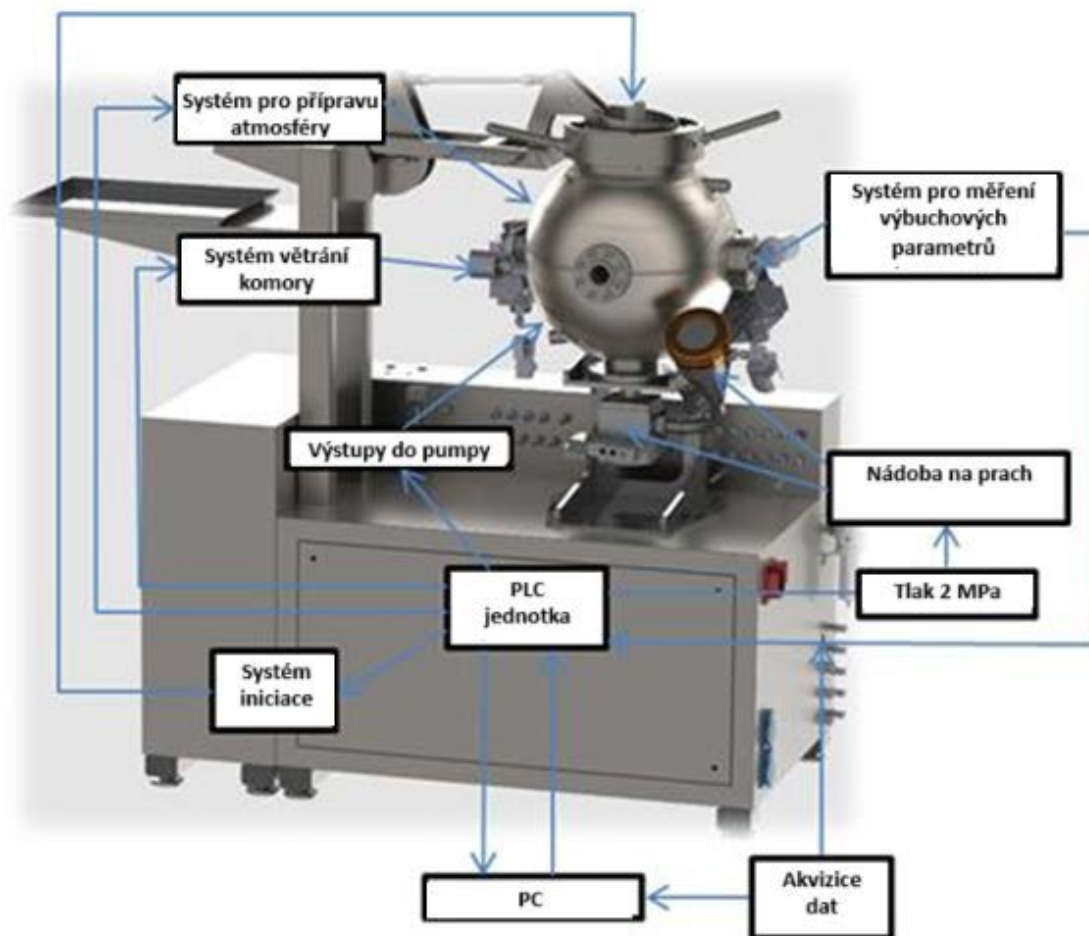
Obrázek 2. Distribuce velikosti částic

Tabulka 2. Obsah vlhkosti

Parametr	1. vzorek	2. vzorek	3. vzorek	
	Hodnota	Hodnota	Hodnota	Střední hodnota
	% obj.	% obj.	% obj.	% obj.
Vlhkost	3.3	3.5	3.4	3.4

Experimentální zařízení je popsáno v [4]. Základní hodnoty výbuchových charakteristik vzorku čistého plynu a čistého prachu a jejich hybridních směsí byly stanoveny experimentálně podle [1]. Metoda použitá v této studii byla publikována na Vysoké škole báňské – Technické univerzitě Ostrava. Jednalo se o olejem vytápěnou kulovou nádobu o objemu 0,02 m^3 (SN: 497-OZM-15, OZM Research, s.r.o., Hrochův Týnec, Česká republika) pro záznam tlakových křivek v závislosti na čase mezi 25 a 50 $^{\circ}\text{C}$. Zkušební zařízení se skládalo ze zkušební nádoby, vnějšího topného systému, zařízení pro vývoj speciální atmosféry (vakuová pumpa, tryska se zpětným odrazem a vysokotlaký vzduch), systémů pro měření tlaku a světla, systému iniciace, zařízení pro měření teploty, uživatelského rozhraní a systému pro ukládání dat. Zkušební nádoba byla navržena tak, aby vydržela pracovní tlak 30 barů. Pro účely

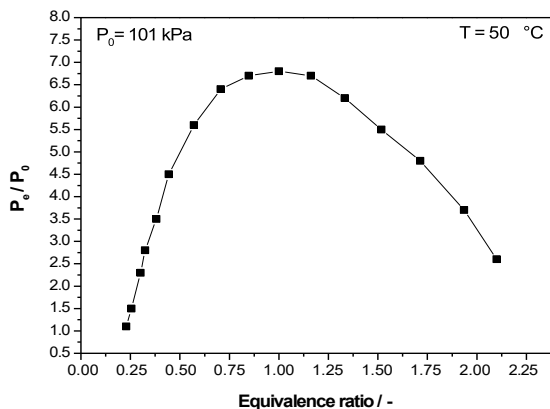
zkoušek byla výbuchová nádoba zahřáta na požadovanou počáteční teplotu 50 °C. Experimentální zařízení je popsáno na Obrázku 3.



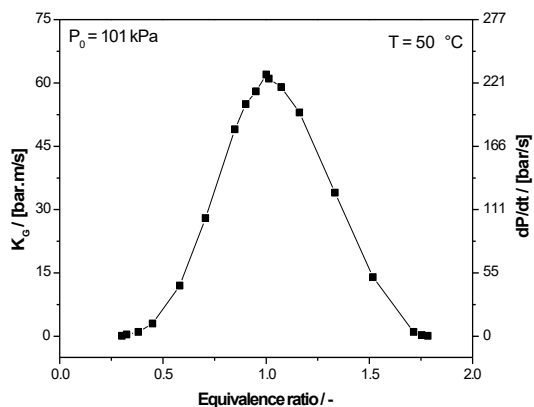
Obrázek 3. Experimentální zařízení

3 Výsledek a diskuze

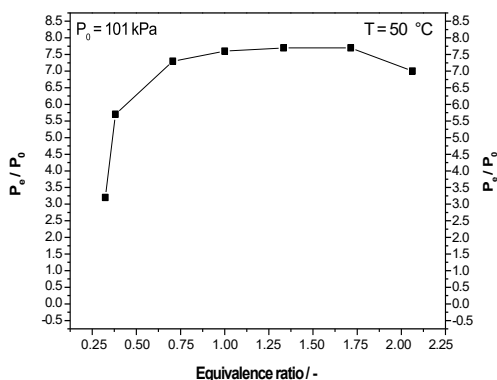
V prvním kroku byl měřen maximální výbuchový tlak ustálených směsí metanu se vzduchem a kukuřičného škrobu v širokém rozsahu ekvivalentních poměrů. Aby bylo možné získat správně průměrované výsledky, byl každý test opakován 3x a průměr je vyneseno do křivky závislosti tlaku na čase. Příklady naměřených dat pro studované materiály jsou znázorněny na Obrázcích 4-11.



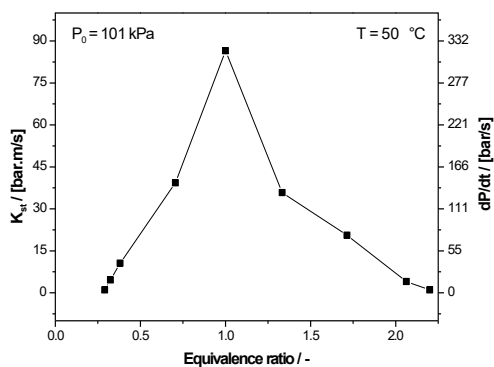
Obrázek 4: P_e/P_0 pro CH_4 při 50 °C



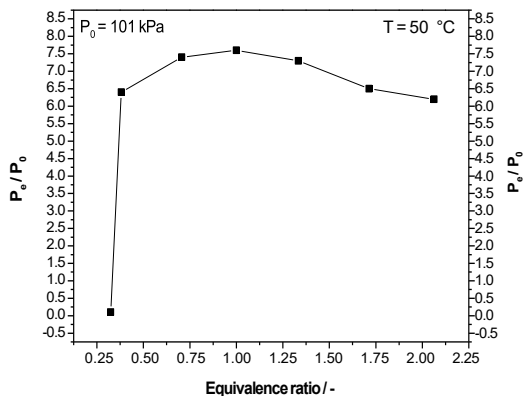
Obrázek 5: K_G pro CH_4 při 50 °C



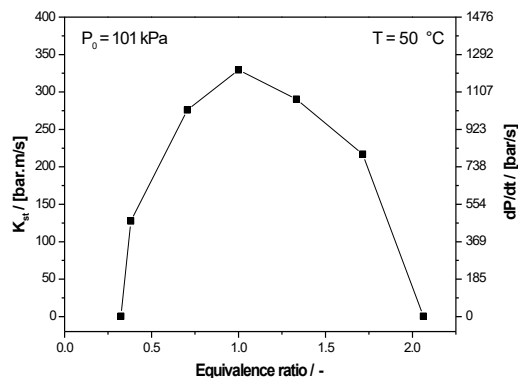
Obrázek 6: P_e/P_0 pro kukuřičný škrob při 50 °C



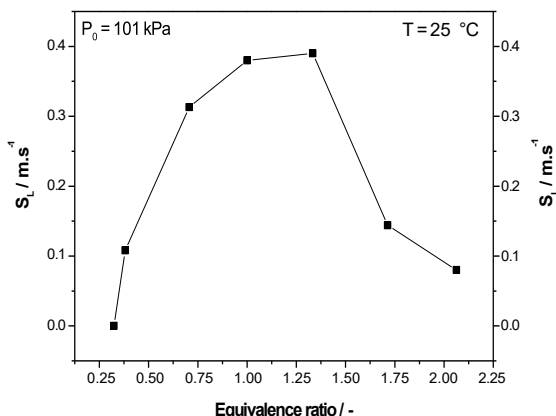
Obrázek 7: K_{St} kukuřičného škrobu při 50 °C



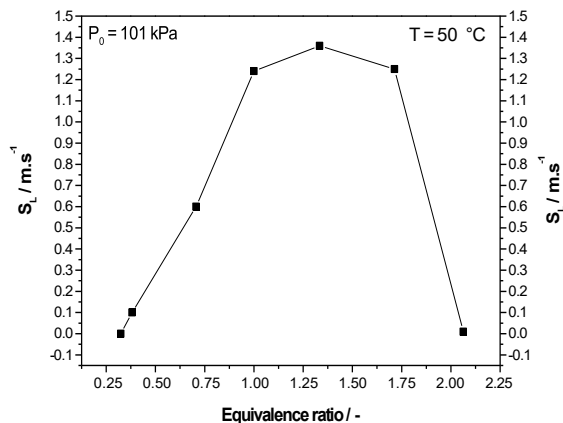
Obrázek 8: P_e/P_0 pro CH_4 + kukuřičný škrob při 50 °C



Obrázek 9: P_e/P_0 pro CH_4 + kukuřičný škrob při 50 °C



Obrázek 10. S_L pro CH_4 + kukuřičný škrob při 20 °C



Obrázek 11. S_L pro CH_4 + kukuřičný škrob při 50 °C

Experimenty byly prováděny při koncentraci metanu vyšší, než je jeho dolní mez výbušnosti. Pro lepší pochopení problematiky by bylo zajímavé provést experiment s koncentrací metanu pod dolní mezí výbušnosti metanu. Vyšší počáteční iniciační teploty se mohou vyskytnout také v průmyslu. V dalších experimentech by také bylo vhodné věnovat pozornost vyšší počáteční iniciační teplotě, než je zde použitých 50 °C, protože počáteční teplota ovlivňuje úroveň parametrů výbuchu, jak bylo prokázáno v této práci.

Za neméně zajímavé lze považovat i studium výbuchů hybridních směsí pod 0 °C a jejich vliv na výbušové parametry hybridních směsí, které by mohly být předmětem dalšího výzkumu.

4 Závěr

Cílem předkládané práce je porovnání a vliv rychlosti hoření na platnost hybridních směsí získaných ve výbušových komorách používaných v evropské normě EN 14034 a prozkoumání vlivu počáteční teploty na výbušové parametry plyné a prachové směsi. Výbušové komory o dvou objemech 0,20 m³ a 1,00 m³, specifikované v normě. V této práci byla použita nádoba o objemu 0,20 m³ pro provedení standardních postupů dle ČSN EN 14034 pro stanovení parametrů výbuchu hybridní směsi, jako je maximální přetlak a maximální rychlost nárůstu tlaku, avšak ne při standardních teplotách, ale při 50 °C. Pro experimentální výbuchy byl vybrán prach z kukuřičného škrobu. Byl použit jeden hořlavý plyn (metan). Byly měřeny výbušové parametry směsi hořlavého prachu, hořlavého plynu a vzduchu. Jako zdroj iniciace hybridní směsi byl v explozní komoře použit jeden chemický iniciátor o síle 1 kJ. Vzhledem k tomu, že v současné době neexistují žádné normativní postupy pro zkoušení výbušových parametrů hybridních směsí, byl pro vzorky částečně použit postup [1] s kombinací EN 14034 a EN 15967. Rychlost hoření je spojením dvou parametrů výbuchu prachu, které jsou důležité pro posouzení požadavků na odlehčení a potlačení výbuchu. Studium chování výbuchu z prezentovaných výsledků můžeme vůbec poprvé vidět vztah mezi rychlostí hoření a počáteční teplotou.

Hlavní závěr:

1. Ve vzorci kubického zákona neexistuje žádná implementovaná teplotní závislost mezi maximální rychlostí nárůstu tlaku a maximálním výbušovým tlakem.
2. Hodnoty rychlosti hoření se při nárůstu teploty vyšší než 25 °C změnilo o více než 10 % a byl ovlivněn kubický zákon. Při vyšších koncentracích CH_4 je toto chování ještě výraznější.

Reference

- [1] BAM, Operating Procedure for a Round Robin Test on Hybrid Dust/Gas-Mixtures “HYBRID 1”, 2021.
- [2] Amyotte P. R., Eckhoff R. K., Dust explosion causation, prevention and mitigation: An overview, *Journal of Chemical Health & Safety*, Volume 17, Issue 1, pp 15-28, 2010.
- [3] Cloney C. T., Ripley R. C., Pegg M. J., Amyotte P. R. Role of particle diameter in laminar combustion regimes for hybrid mixtures of coal dust and methane gas, *Powder Technology*, Volume 362, Issue 2, pp 399-408, 2020.
- [4] Janovsky, B., Skrinsky J., Cupak J., Veres J. Coal dust, Lycopodium and niacin used in hybrid mixtures with methane and hydrogen in 1m³ and 20 l chambers, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Volume 62, pp., 2019.
- [5] Saeed M. A., Slatter D. M., Andrews G. E., Phylaktou H. N., Gibbs B. M. The Burning Velocity of Pulverised Biomass: The Influence of Particle Size, *Chemical Engineering Transactions*, Volume 53, pp 31-36, 2016.
- [6] Spitzer S., Askar E., Krietsch A., Schröder V. Comparative study on standardized ignition sources used for explosion testing, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Volume 71, Issue 1, pp. 104516, 2021.
- [7] Spitzer S., Askar E., Benke E., Janovsky B., Krause U., Krietsch A. Influence of pre-ignition pressure rise on safety characteristics of dust and hybrid mixtures, *Fuel*, Volume 311, Issue 1, pp. 122495, 2022.
- [8] Helegda M., Skrinsky J., Jastrzembski T., Veres J., Cespiva J., Ochodek T., The role of burning velocity in the validity of hybrid mixtures, *Chemical Engineering Transactions*, Volume 90, pp 97-102, 2022.
- [9] Stahmer K. W., Gerhold M., The Relationship between the Explosion Indices of Dispersed Dust and Particle Surface Area and the Heat of Combustion, *Chemical Engineering Transactions*, Volume 48, pp 295-300, 2016.
- [10] Bartknecht W., *Explosions: Course, Prevention, Protection*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag, ISBN 978-3-642-67749-6, 1981.
- [11] Amyotte P. R., *An Introduction to Dust Explosions: Understanding the Myths and Realities of Dust Explosions for a Safer Workplace*. The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford, OX5 1GB, UK 225 Wyman Street, Waltham, MA 02451, USA: Butterworth-Heinemann, ISBN 978-0-12-397007-7, 2013.
- [12] Bartknecht W., *Dust Explosions: Course, Prevention, Protection*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag, ISBN 978-3-642-73947-7, 1989.

Experimentálne testovanie variantov hasiacich diek pomocou veľko-rozmerových testov a termogravimetrickej analýzy

Kristián Slašťan¹, Jozef Svetlík²

¹ Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 8215/1, 01026 Žilina, Slovensko, kristian.slastan@uniza.sk

² Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 8215/1, 01026 Žilina, Slovensko, jozef.svetlik@uniza.sk

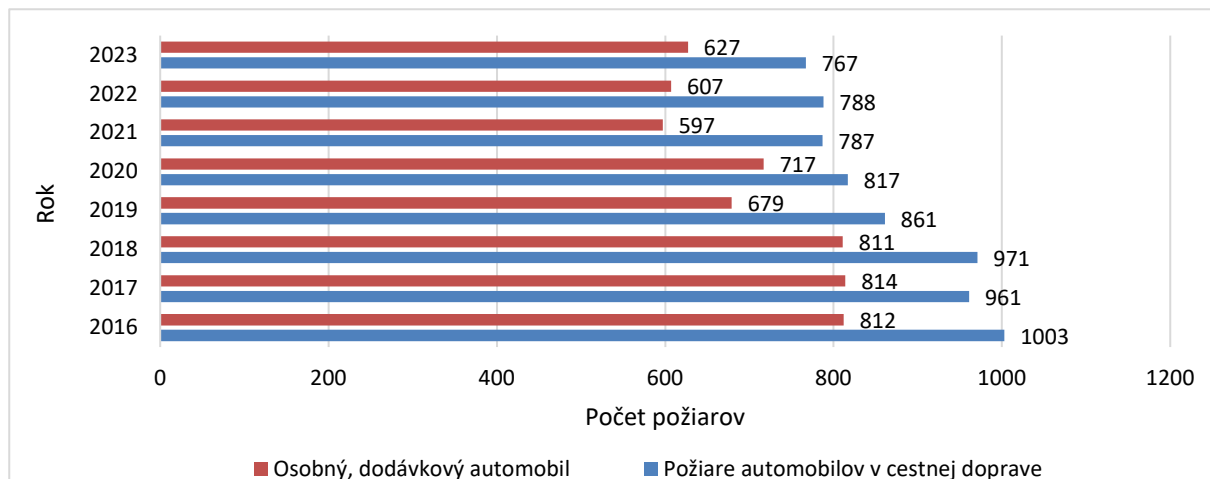
Abstrakt: Príspevok sa zaoberá testovaním hasiacich diek na vozidlá. Cieľom je uviesť spôsob testovania variantov hasiacich diek, aplikovaný v rámci výskumu našej dizertačnej práce. Experimentálna časť sa skladá zo vzorového veľko-rozmerového testu a termogravimetrickej analýzy. Tieto postupy boli v rámci výskumu našej dizertačnej práce aplikované na 4 variantoch hasiacich diek. Zámerom veľko-rozmerového testu je identifikácia účinnosti hasiacej deky. Účinnosť sa sledovala a určovala na základe zmien teplôt pri aplikácii hasiacej deky na požiar vozidla so spaľovacím motorom. K identifikácii zmien teplôt boli použité 4 termočlánky rozmiestnené v interiéri vozidla, na karosérii vozidla a v odstupe na pravej, a ľavej strane vozidla. Smerodajný bol vývoj teplôt počas 10 minútového intervalu aplikácie hasiacej deky na termočlánku v interiéri vozidla. Ten sa prepočítal na percentuálny pokles teploty, nakoľko je zložité zrealizovať sériu veľko-rozmerových experimentov za identických podmienok. Termogravimetrická analýza bola aplikovaná k určeniu teplotnej stálosti hasiacej deky, ktorá súvisí s jej viacnásobnou použiteľnosťou. Súčasne slúži k identifikácii rozdielov, prípadne podobností v materiálovom zložení jednotlivých variantov hasiacich diek v dizertačnej práci. V príspevku je uvedený aj spôsob spracovania výsledkov a ich následného vyhodnocovania a porovnávania v rámci diskusie. Pre účely budúcich výstupov, sú výsledky a závery v tejto publikácii spracované len čiastočne. Testovanie prebiehalo v spolupráci s Hasičským a záchranným zborom, pričom išlo o pilotné testovanie hasiacich diek na vozidlá.

Kľúčové slová: veľko-rozmerový test, hasiaca deka na vozidlá, termogravimetrická analýza, požiar vozidla, vozidlo so spaľovacím motorom

1 Úvod

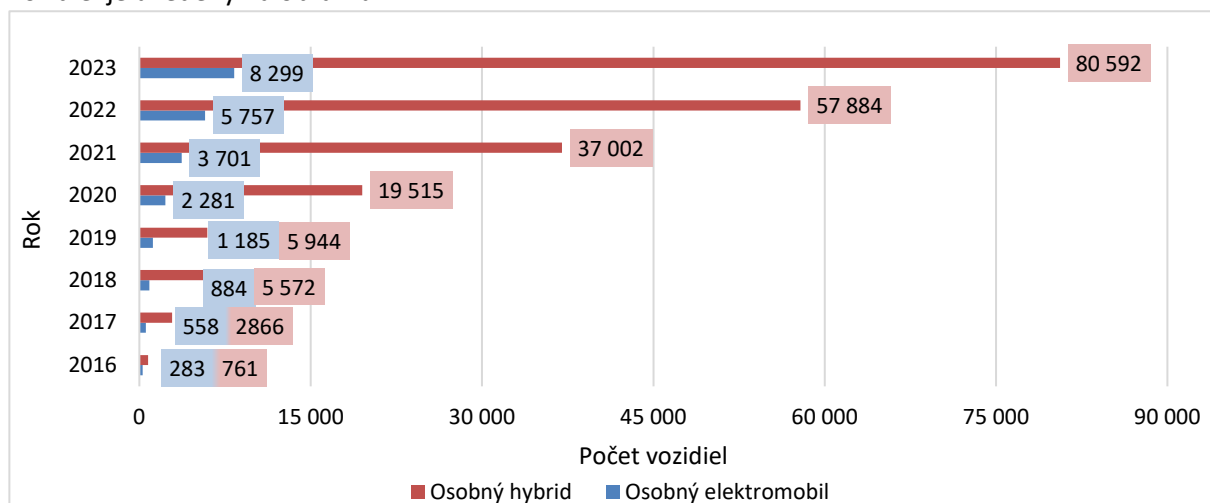
Zámerom testovania hasiacich diek na vozidlá bolo identifikovať ich účinnosť pri hasení požiarov vozidiel na rôznych pohonoch. Aj napriek tomu, že v rámci výskumu boli využité vozidlá so spaľovacím motorom, snažili sme sa výskum postaviť na všestrannej aplikácii. V dizertačnej práci bol realizovaný doplnkový test hasiacej deky zameraný na zdoľavanie požiarov vozidiel s elektrickým pohonom. Išlo o veľko-rozmerový test požiaru vysokonapäťovej trakčnej batérie. Práve tento systém úložiska elektrickej energie je vo veľkom využívaný pri vozidlách s elektrickým pohonom [1]. Podľa [2-5] práve systémy úložiska elektrickej energie pri vozidlách na elektrický pohon so sebou prinášajú bezpečnostné výzvy z hľadiska komplikovaného hasenia požiarov.

Nutnosť venovať pozornosť zdolávaniu požiarov vozidiel na rôzny pohon preukazujú aj štatistiky. Hoci sme po analýze štatistík z Požiarnotechnického a expertízneho ústavu Ministerstva vnútra Slovenskej republiky [6, 7] zistili, že požiare v cestnej doprave v porovnaní s celkovým počtom požiarov tvoria za posledných 8 rokov v priemere iba 10 %, stále môžu mať výrazný vplyv na zdravie a životy osôb, životné prostredie a materiálne hodnoty. Pri bližšom rozbere sme zistili, že za posledných 8 rokov došlo v cestnej doprave celkovo k 6 174 požiarom z čoho 81 % predstavujú požiare osobných a dodávkových automobilov. Práve požiare osobných a dodávkových automobilov tvoria každoročne približne 80 % celkového počtu požiarov v cestnej doprave. Graf porovnania počtu požiarov v cestnej doprave a požiarov osobných a dodávkových automobilov je uvedený na obrázku 1.



Obrázok 1 Graf porovnania celkového počtu požiarov automobilov v cestnej doprave a osobných, dodávkových automobilov za obdobie 2016-2023

Využitie vozidiel so spaľovacím motorom v rámci experimentálnych meraní je odôvodnené faktom, že viac ako 96 % registrovaných osobných vozidiel sú práve so spaľovacím motorom. Ku koncu roka 2023 bolo v Slovenskej republike registrovaných 80 592 osobných hybridov, 8 299 osobných elektromobilov a až 2 554 863 osobných vozidiel s iným pohonom [8]. Avšak zo štatistického hľadiska musíme poukázať na nárast počtu registrovaných osobných elektromobilov o 8 016 vozidiel a počet registrovaných osobných hybridov až o 79 831 vozidiel v Slovenskej republike za posledných 8 rokov. Nárast počtu vozidiel je uvedený na obrázku 2.



Obrázok 2 Graf nárastu počtu osobných elektromobilov a hybridov

Tieto fakty indikujú už prebiehajúci rozvoj elektromobility v Slovenskej republike. Avšak tak ako uvádzame, zo štatistického prieskumu vyplýva, že stále predstavujú drvivú väčšinu osobných automobilov vozidlá so spaľovacími motormi. Z hľadiska zdolávania požiarov takýchto vozidiel sú hasičské jednotky na Slovensku dostatočne vybavené. Spolu elektrickým pohonom však prichádzajú nové výzvy z hľadiska hasenia ich požiarov. V súčasnej dobe sa v rámci otázky hasenia vozidiel na rôznych pohon dostávajú do popredia hasiace deky na vozidlá, ktorých problematike sa venovali viacerí výskumníci [9-12] a dospeli k rôznym záverom. Na základe výsledkov však možno dedukovať, že využitie týchto nástrojov má potenciál pri požiaroch vozidiel s elektrickým aj konvenčným pohonom. Zároveň sme zistili, že požiare hybridov, elektromobilov a vozidiel so spaľovacím motorom sú do istej miery podobné. Tieto tvrdenia podkladajú najmä publikácie [13-15]. Analýzou publikácií [16-18] sme zistili, že aj maximálne teploty dosiahnuté pri požiaroch vozidiel s uvedenými pohonnými sa pohybujú rozmedzí teplôt 800 °C až 1 100 °C, v závislosti od podmienok daného požiaru.

Cieľom príspevku je predstaviť spôsob testovania variantov hasiacich diek a vyhodnocovania výsledkov, ktorý bol aplikovaný v rámci výskumu našej dizertačnej práce. Prvým spôsobom sú veľko-rozmerové testy za účelom identifikácie účinnosti hasiacej deky. Účinnosť je hodnotená na základe poklesu teploty počas 10 minútového intervalu hasiacej deky v interiéri vozidla. Druhým spôsobom je temogravimetrická analýza, ktorej účelom je identifikácia teplotnej stálosti hasiacich diek, ktorá má vplyv na opakovateľnú použiteľnosť. Táto publikácia ako aj naša dizertačná práca vznikla vďaka spolupráci Žilinskej univerzity v Žiline s Hasičským a záchranným zborom Slovenskej republiky na *Výskumnej úlohe PPZ-OAI1-2022/002671-037 – Skúšanie účinnosti hasenia automobilov na elektrický pohon, hybridný pohon a iných nebezpečných látok pri požiaroch vozidiel v cestnej doprave pomocou rôznych druhov špeciálnych hasiacich diek.*

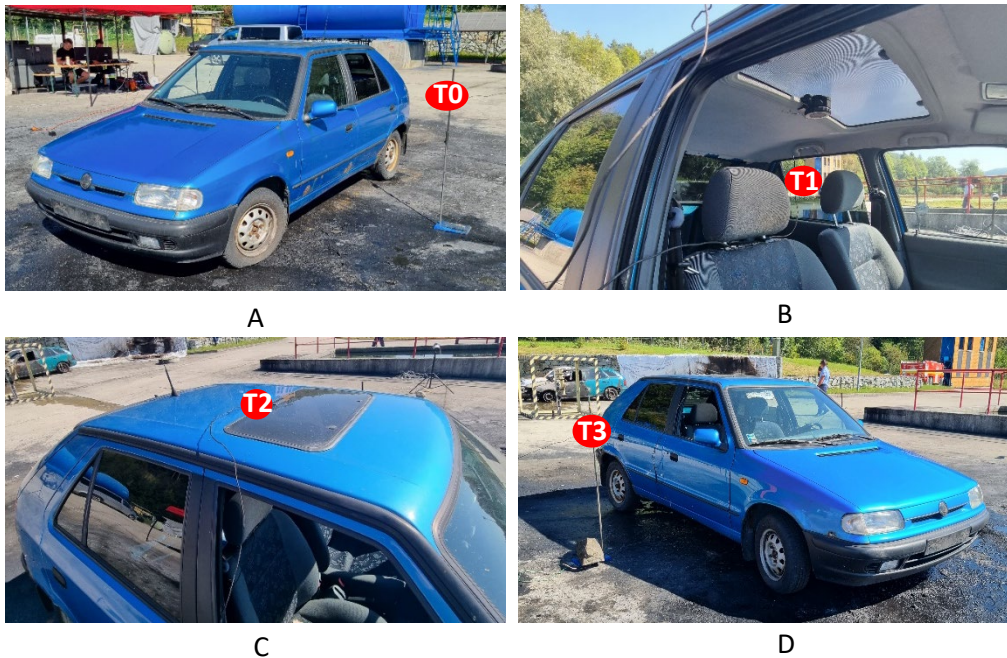
2 Experimentálna časť

Hlavným objektom skúmania boli 4 varianty hasiacich diek. Aplikáciu hasiacich diek vykonávali príslušníci hasičského a záchranného zboru (ďalej len operátor). Operátori boli vybavení všetkými OOPP, ktoré sa používajú pri danom druhu mimoriadnej udalosti. Pri experimentoch boli zaznamenané meteorologické podmienky. K iniciácii požiaru vozidla sa ako akcelerátor využíval benzín v množstve 2 dcl umiestnený na predných sedadlách vodiča a spolujazdca. Ako iniciátor bola použitá fakľa. Pri Spôsob iniciácie nebol podstatný pre získanie výsledkov. V rámci tohto článku sa rozoberá jeden zo série piatich veľko-rozmerových testov. Experiment bol realizovaný za vonkajšej teploty 36 °C, rýchlosti vetra 1,5 m/s v smere SSV, vlhkosti 17 % a tlaku 993 hPa.

2.1 Príprava veľko-rozmerového testu

Príprava prebiehala na základe vopred vypracovanej metodiky realizácie experimentu. Metodika bola navrhnutá za účelom vytvorenia jednoduchého, opakovateľného modelu. Ako merací prístroj bol použitý datalogger Almemo 2690-8. Jedná sa o kombinovaný univerzálny ručný merací prístroj s piatimi univerzálnymi vstupmi a dvomi výstupmi. Teploty boli merané 4 teplotnými snímačmi z NiCr-Ni s teplotným rozsahom od -100 °C do 1 000 °C. Teplotné snímače boli pripojené k meraciemu prístroju. Meteorologické podmienky boli merané externou meteorologickou stanicou. K vyhotoveniu záznamu priebehu experimentov boli použité 2 videokamery, 2 termovízne kamery a 4 statívy.

Rozmiestnenie snímačov bolo navrhnuté na základe predošlých skúseností s veľko-rozmerovými testami požiarov vozidiel a veľkosti parkovacích miest podľa technického predpisu STN 73 6058, ktorou sa určuje šírka parkovacieho miesta v Slovenskej Republike. Rozmiestnenie termočlánkov je uvedené na obrázku 3.



Obrázok 3 Rozmiestnenie termočlánkov

Rozmiestnenie teplotných snímačov pri veľko-rozmerovom teste s ICEV bolo nasledovné:

- T0 na strane vodiča vo vzdialenosti 0,7 m a výške 1 m (obrázok 3 A),
- T1 v interiéri vozidla približne v strede vo výške opierky na hlavu (obrázok 3 B),
- T2 na streche vozidla (miesto kontaktu hasiacej deky a vozidla), (obrázok 3 C),
- T3 na strane spolujazdca vo vzdialenosti 0,7 m a výške 1 m (obrázok 3 D).

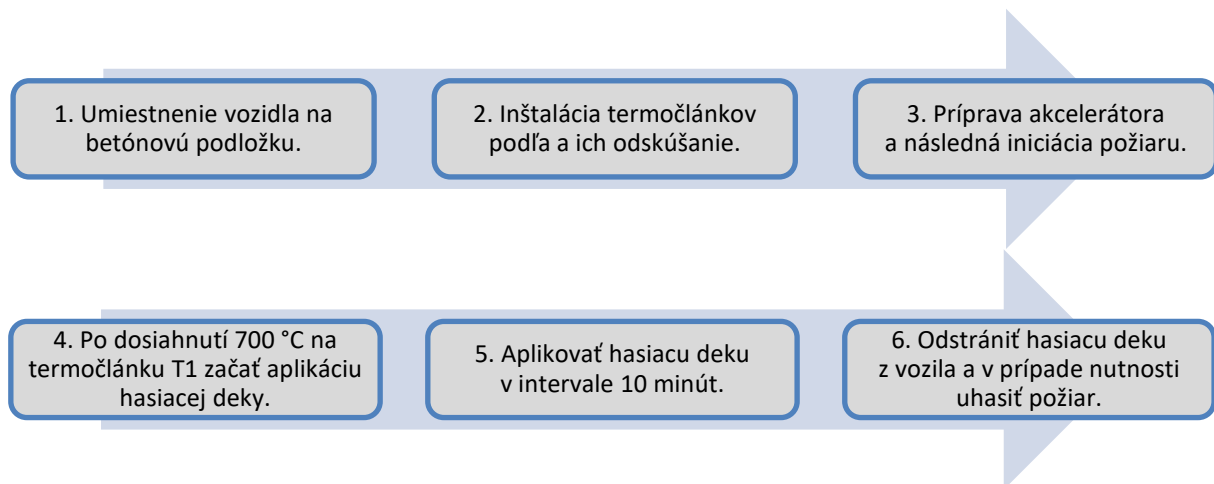
2.2 Priebeh veľko-rozmerového testu

Priebeh veľko-rozmerových testov je možné zhrnúť do 6 hlavných bodov uvedených na obrázku 4. Interval aplikácie hasiacej deky 10 minút bol zvolený na základe nasledujúcich faktov. V prvom rade podľa autorov [9] pri vypuknutí požiaru v motorovej časti osobného auta so spaľovacím motorom dosiahne požiar vrchol v priebehu 5 až 10 minút. Tento časový interval je pomerne krátky a často krát sa hasičské jednotky dostanú na miesto zásahu už keď je požiar v plne rozvinutom stave. V druhom rade sa interval zvolil na základe výsledkov a zistení autorov vo svojej publikácii [9]. Okrem toho sa vykonal skúšobný test, ktorého cieľom bolo stanoviť potrebný čas na odtiahnutie okolostojacich vozidiel v prípade požiaru do bezpečnej vzdialenosti. Samotný čas odtiahnutia bol približne 3 minúty. K odtiahnutiu sa použili špeciálne vozíky umiestnené pri kolesách. Čas bol navýšený na 10 minút z niekoľkých skutočností, ktoré by mali nastať pri reálnom zásahu.

Medzi tieto skutočnosti patria:

- znížená viditeľnosť najmä v uzavretých priestoroch (garáže, parkovacie domy),
- nutnosť použitia OOPP (obmedzenie a spólanenie pohybu),
- zúžený priestor pre manévrovanie s vozidlom,
- potenciálny sklon podložky, kde sú umiestnené vozidlá.

V poslednom rade bol interval určený iba na 10 minút z dôvodu otestovanie teplotnej stálosti hasiacej deky a zároveň jej hasiaceho účinku v kratšom intervale, ako uvádza výrobca. Viacerí výrobcovia deklarujú nutnosť ponechať hasiacu deku približne 20 – 30 minút na vozidle pre dosiahnutie požadovaného hasiaceho efektu.



Obrázok 4 Zjednodušený priebeh realizácie experimentu

2.3 Termogravimetrická analýza

Termogravimetrická analýza v tejto dizertačnej práci bola vykonaná na analyzátore NETZSCH STA 449 F5 Jupiter. Vzorka na skúšku bola odobratá z hasiacej deky použitej pri veľko-rozmerových experimentoch. Vzorka je uvedená a obrázku 5. Vzorka sa zahrieva z teploty okolia na 900 °C rýchlosťou ohrievania 10 °C/min, pričom sa použila hmotnosť vzoriek 10 mg. Merania prebiehali v plynnej zmesi simulujúcej vzduch (80 % N₂ a 20 % O₂). Rýchlosť prúdenia plynov bola 100 ml/min.



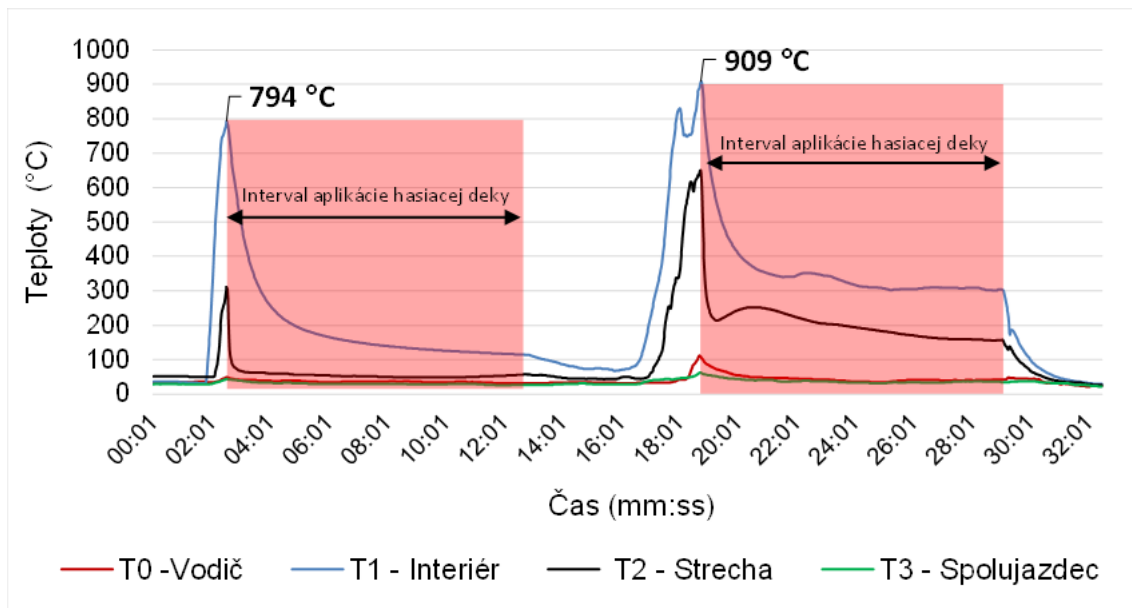
Obrázok 5 Vzorka hasiacej deky

3 Výsledky

Prezentovaný veľko-rozmerový test hasiacej deky bol realizovaný dvakrát po sebe z dôvodu objektívnejších podmienok merania. Hodnota maximálnej teploty v prvom prípade síce dosiahla požadovaných 700 °C, avšak na prvý pohľad boli podmienky horenia nepostačujúce na objektívne vyhodnotenie experimentu. Rozdiel bol aj vizuálny pri porovnaní hasiacej deky pred experimentom. V oboch prípadoch však deka vykazovala veľmi dobré hasiace schopnosti a okamžitý pokles teplôt po aplikácii. Samotná manipulácia s hasiacou dekou bola náročnejšia nakoľko nedržala dobre svoj tvar ako iné varianty. Tento problém sa prejavil aj pri skladaní deky. Rovnako nebolo možné odmerať rozmery hasiacej deky.

3.1 Výsledky veľko-rozmerového testu

Výsledky celého priebehu experimentu sú zobrazené v grafe na obrázku 6. Graf zobrazuje výsledky teploty nameraných na termočlánkoch T0, T1, T2 a T3 po 1 sekunde. Z dôvodu prehľadnejšieho označenia sa zvolil 120 sekundový interval označenia údajov na osi X, Interval aplikácie hasiacej je vyznačený červenou plochou. Približne do 1 minúty od odstránenia hasiacej deky sa vykonalo dodatočné uhasenie požiaru. Maximálna teplota dosiahla v tomto experimente až 909 °C.

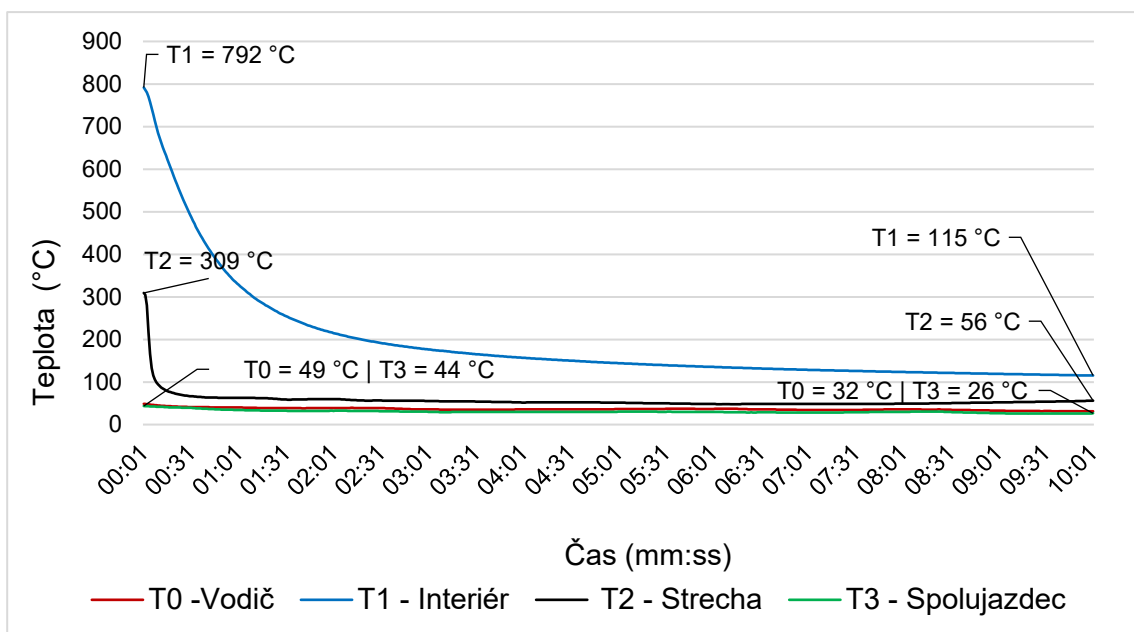


Obrázok 6 Graf vývoja teplôt počas celého experimentu.

Po iniciácii požiaru v približne druhej minúte nastal veľmi rýchly nárast teploty na termočlánkoch T1 a T2. Za približne minútu dosiahol požiar maximum 764 °C. Termočlánky T0 a T3 zaznamenali minimálny nárast teploty. Nasledovala aplikácia hasiacej deky približne 3 minúty po iniciácii, pri ktorej došlo k poklesu teploty. Kvôli rýchlemu nárastu teploty sa nestihla karoséria vozidla zahriať a výsledky by boli neobjektívne. Vozidlo bolo iniciované druhýkrát približne v 17. minúte. K druhej aplikácii hasiacej deky došlo približne 2 minúty od sekundárnej iniciácie. Teplota v interiéri vozidla dosahovala pri aplikácii hasiacej deky hodnotu 909 °C. Na termočlánkoch T1 a T2 je možné vidieť postupnejší nárast teploty v porovnaní s prvým zakrytím. Termočlánok T0 zaznamenal o niečo väčší nárast teploty, avšak stále

minimální v porovnaní s termočlánkami T1 a T2. Termočlánok T3 zaznamenal len minimálny nárast teploty.

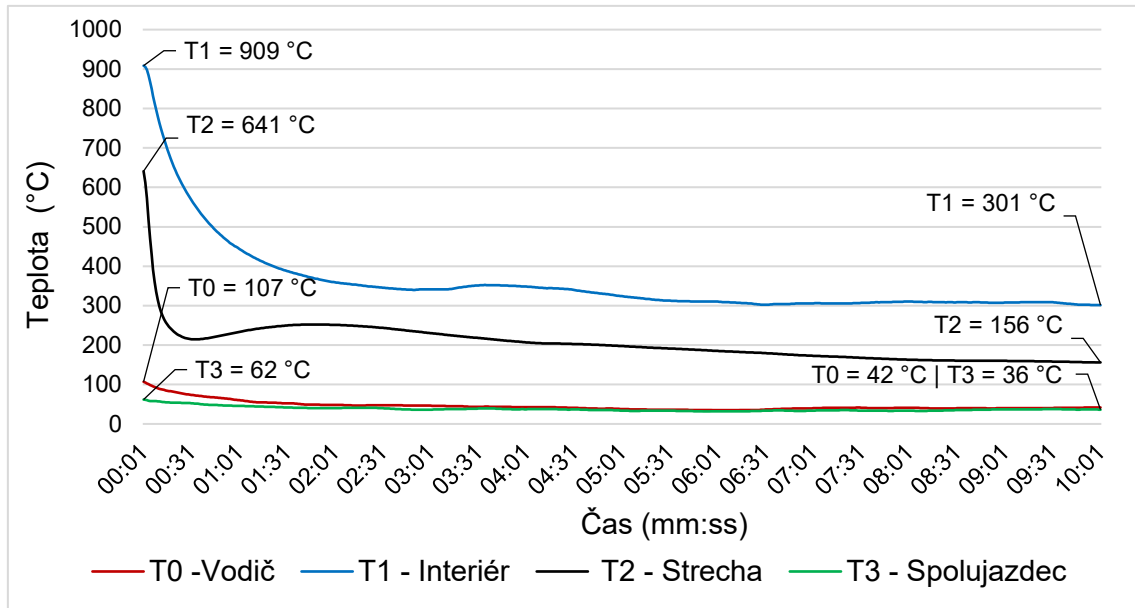
Vývoj teplôt v čase aplikácie hasiacej deky je v grafe na obrázku 7. Graf zobrazuje výsledky teploty po sekundách, ale z dôvodu prehľadnejšieho označenia sa zvolil 30 sekundový interval označenia údajov na osi X. Graf zobrazuje počiatkové teploty a koncové teploty na teplotných snímačoch T0, T1, T2 a T3 označených rôznymi farbami. Pri každom termočlánku bola analyzovaná celková zmena teploty. Pri prvom zakrytí boli teplotné zmeny na termočlánkoch T0 a T3 minimálne. Termočlánok T3 zaznamenal na strane spolujazdca pokles teploty z 44 °C na 26 °C a termočlánok T0 na strane vodiča z teploty 49 °C na 32 °C. Najväčší pokles teploty bol zaznamenaný termočlánkom T1 v interiéri vozidla. Teplota na začiatku intervalu aplikácie hasiacej deky bola 792 °C a teplota po odkrytí bola 115 °C. Termočlánok T2 zaznamenala pokles teploty z 309 °C na 59 °C.



Obrázok 7 Graf vývoja teplôt počas 10 minútovej aplikácie hasiacej deky (1. pokus)

Na smerodajnom termočlánku T1 v rámci identifikácie účinnosti sa zistilo, že po 30 sekundách klesla teplota o 39 %, po minúte o 59 %, po 5 minútach o 82 % a celkovo o 85 % v porovnaní s teplotou pri zakrytí.

Rovnaká analýza bola vytvorená aj pre druhú aplikáciu hasiacej deky. Vývoj teplôt v čase aplikácie hasiacej deky je v grafe na obrázku 8. Graf zobrazuje výsledky teploty po sekundách, ale z dôvodu prehľadnejšieho označenia sa zvolil 30 sekundový interval označenia údajov na osi X. Graf zobrazuje počiatkové teploty a koncové teploty na teplotných snímačoch T0, T1, T2 a T3 označených rôznymi farbami. Pri každom termočlánku bola analyzovaná celková zmena teploty.



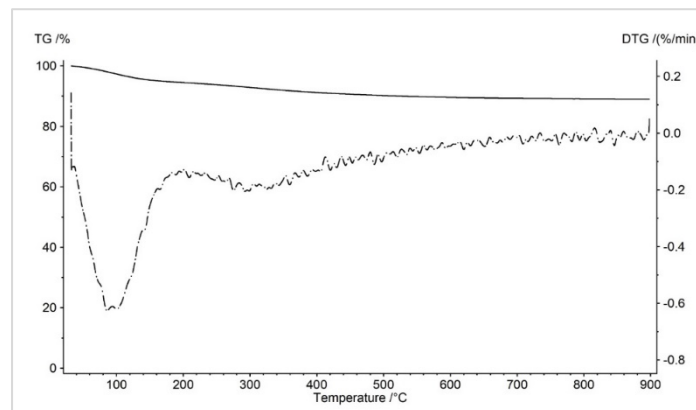
Obrázok 8 Graf vývoja teplôt počas 10 minútovej aplikácie hasiacej deky (2. pokus)

Pri druhom zakrytí boli teplotné zmeny na termočlánkoch T0 a T3 o niečo väčšie, avšak stále minimálne v porovnaní s termočlánkami T1 a T2. Termočlánok T3 zaznamenal na strane spolujazdca pokles teploty z 62 °C na 36 °C a termočlánok T0 na strane vodiča z teploty 107 °C na 42 °C. Opäť bol najväčší pokles teploty zaznamenaný termočlánkom T1 v interiéri vozidla. Teplota na začiatku intervalu aplikácie hasiacej deky bola 909 °C a teplota po odkrytí bola 301 °C. Termočlánok T2 zaznamenala pokles teploty z 641 °C na 156 °C. Teplota na termočlánku T2 bola viac ako dvojnásobne väčšie v porovnaní s teplotou nameranou pri prvej aplikácii hasiacej deky. V porovnaní s prvým zakrytím, nebol pokles teploty na T1 a T2 stále klesajúci. Na T1 došlo k miernemu nárastu teploty približne v čase 3:12 a na T2 v čase 00:30.

Na smerodajnom termočlánku T1 v rámci identifikácie účinnosti sa zistilo, že po 30 sekundách klesla teplota o 46 %, po minúte o 63 %, po 5 minútach o 79 % a celkovo o 83 % v porovnaní s teplotou pri zakrytí.

3.2 Výsledky termogravimetrickej analýzy

Výsledky analýzy sú zobrazené na obrázku 9, ktorý zobrazuje krivky TG (plná čiara) a DTG. Na osi X sú zobrazené jednotlivé teploty v rozmedzí 0 °C (počiatočná teplota) až 900 °C (maximálna teplota). Na osi Y je vyjadrený hmotnostný úbytok (TG %) vzorky a rýchlosť úbytku hmotnosti (DTG %/min).



Obrázok 8 Krivka TG (plná čiara) a krivka DTG (bodkočiarkovaná)

V úvodnej fázy ohrevu došlo k uvoľneniu vlhkosti v podobe prvého schodu. Hmotnostný úbytok bol 5,5 %, čo predstavuje 0,55 mg vzorky. Teplotný peak bol dosiahnutý pri tepote 91 °C a hmotnostný úbytok prebiehal v rozmedzí teplôt 35 °C až 202 °C. Pri druhom schode došlo taktiež k hmotnostnému úbytku 5,5 %, čo predstavuje 0,55 mg vzorky. Endotermický peak bol dosiahnutý pri tepote 295 °C a termický rozklad prebiehal v rozmedzí teplôt 202 °C až do ukončenia merania pri teplote 900 °C. Na konci testovania mala vzorka 89 % pôvodnej hmotnosti, čo predstavuje 8,9 mg. Pribeh vývoja je zobrazený aj v tabuľke 1.

Tabuľka 1 Podrobné výsledky termogravimetrickej analýzy

Hasiaca deka	Interval teplôt (°C)	Teplotný peak (°C)	Úbytok hmotnosti (%)	Úbytok hmotnosti (mg)
1. schod	35-202	91	5.5	0.55
2. schod	202-900	295	5.5	0.55
Zostatok m	-	-	89	8,9

4 Diskusia

V rámci výsledkov sme publikovali ďalší experiment samostatne [19]. Pri experimente v tejto publikácii sme zistili obdobný teplotný pokles v interiéri vozidla počas 10 minútového intervalu aplikácie hasiacej deky. Z výsledkov [19] sme zistili, že došlo k poklesu teploty v interiéri o 81 % zatiaľ, čo pri výsledkoch v tejto publikácii došlo pri prvom teste k poklesu teploty o 85 % a pri opakovanom k 83 % poklesu teploty. Dedukujeme, že hasiace deky majú obdobnú účinnosť, z hľadiska zníženia teploty.

Pre porovnanie s inou odbornou publikáciou využívame poznatky autorov [9]. Zistenia výskumníkov a naše závery porovnávame podľa teplôt z interiéri vozidla. Kwon a kol. vo svojej publikácii aplikovali hasiacu deku pri experimente s 10 minútovým intervalom aplikácie po dosiahnutí teploty 974 °C. Po odstránení hasiacej deky zaznamenali výskumníci teplotu 255 °C. Celkovo došlo k poklesu 719 °C, čo predstavuje pokles teploty o 74 %. V rámci analyzovaného veľko-rozmerového testu tejto publikácie sme pri opakovanom experimente dosiahli teplotu 909 °C, čo je len o 65 °C menej. Po odstránení hasiacej deky bola teplota v interiéri 301 °C. Celkovo došlo k poklesu o 608 °C, čo predstavuje pokles teploty o 83 %. V našom experimente sme dosiahli pravdepodobne väčší pokles teploty z dôvodu odlišných podmienok iniciácie. Kwon a kol. iniciovali požiar na viacerých miestach a z väčším množstvom akcelerátora. Zároveň výskumníci využívali celkovo 19 termočlánkov. Hodnotenia prebiehalo na základe termočlánku v interiéri vozidla v strede. Vo všeobecnosti však hasiace deky na vozidlá preukázali účinnosť v oboch experimentoch. Rovnako sme aj v rámci našej dizertačnej práce identifikovali obdobnú účinnosť aj pri testovaní ostatných variantoch hasiacich diek.

Porovnanie výsledkov termogravimetrickej analýzy nebolo možné, nakoľko v čase vypracovania dizertačnej práce a tejto publikácie neboli dostupné a opublikované žiadne výsledky v tejto problematike.

Porovnanie výsledkov termogravimetrickej analýzy nie je možné, nakoľko pri písaní tejto publikácie ako aj dizertačnej práce neboli publikované ani dostupné žiadne výsledky v rámci tejto problematiky.

5 Závěr

Realizácia veľko-rozmerových testov je náročná ako finančne, personálne tak aj časovo. Získanie relevantných výsledkov je do istej miery limitované podmienkami experimentov. Tie je veľmi ťažké dosiahnuť rovnaké pre viaceré testy. Z tohto dôvodu bolo našim cieľom navrhnúť metodiku testovania, ktorá by bola jednoducho aplikovateľná. Zároveň išlo o pilotné testovanie hasiacich diek v Slovenskej republike. Veríme, že aj napriek tomu predkladáme zaujímavé výsledky v oblasti identifikácie účinnosti hasiacej deky na požiar vozidla. Po aplikácii metódy komparácie v rámci diskusie dedukujeme, že sme získali vierohodné dáta. Zároveň sme si vedomý nedostatkov výskumu a vidíme priestor na zlepšenie. Nakoľko sa veľké množstvo súčasných publikácií zameriava na meranie rýchlostí uvoľňovania tepla a nie teplotu samotnú, v budúcnosti vidíme najväčší priestor najmä na doplnenie meraní o tento aspekt. Zároveň predpokladáme na základe záverov a odporúčaní jednoduchšiu aplikáciu hasiacich diek na vozidlá do výbavy hasičských jednotiek na Slovensku.

Referencie

- [1] Electric Vehicle Database, 2023. Useable battery capacity of full electric vehicles. Citované 3.12.2023. Dostupné na internete <https://ev-database.org/cheatsheet/useable-battery-capacity-electric-car>
- [2] Hynynen, J., Quant, M. a Kol., 2023. Electric Vehicle Fire Safety in Enclosed Spaces Research Institute of Sweden RISE. 2023. Dostupné z internetu: < <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1744882/FULLTEXT01.pdf>>
- [3] Sun, P., Bisschop, R., Niu, H. et al. A Review of Battery Fires in Electric Vehicles. *Fire Technol* 56, 1361–1410 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10694-019-00944-3>
- [4] Bisschop, R., Willstrand, O. & Rosengren, M. Handling Lithium-Ion Batteries in Electric Vehicles: Preventing and Recovering from Hazardous Events. *Fire Technol* 56, 2671–2694 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10694-020-01038-1>
- [5] Ghiji, M., Novozhilov, V., Moinuddin, K., Joseph, P., Burch, I., Suendermann, B. And Gamble, G. 2020. A Review of Lithium-Ion Battery Fire Suppression. In: *Energies*, 2020,
- [6] Požiarnotechnický a expertízny ústav Ministerstva vnútra Slovenskej republiky. Štatistika požiarovosti v SR. Štatistika, 2023. Citované 13.2.2024. Dostupné na internete: <https://www.minv.sk/?statistika-poziarovosti-na-slovensku-2>
- [7] Požiarnotechnický a expertízny ústav Ministerstva vnútra Slovenskej republiky. Štatistika požiarovosti v SR. Štatistika, 2024. Emailová komunikácia Citované 13.2.2024.
- [8] Prezídium Policajného zboru, Ministerstvo vnútra Slovenskej republiky, 2024. Celkový počet elektromobilov a hybridov evidovaných v SR k 13.07.2023. Dostupné na internete: <https://www.minv.sk/?pocet-evidovanych-elektromobilov-a-hybridov>
- [9] Kwon, J., Kim, H., Lee, S., Kim, S., Park, T., Kim T., Kim, S. Application of Car Fire Blankets to Car Fires. *Fire Science and Engineering*, Vol. 35, No. 1, 2021. Str. 143-149. DOI: <https://doi.org/10.7731/KIFSE.2513d05f>.
- [10] Arvidson, M., Gehandler, J., Bleye, J. Fire suppression and manual firefighting of battery electric vehicle fires on ro-ro ships. Seventh International Conference on Fires in Vehicles,

- Stavanger, Norway, 2023. Str. 107-118. ISBN 978-91-89757-88-2. Dostupné na internete: <https://www.ri.se/sites/default/files/2023-04/Proceedings%20FIVE%202023.pdf>
- [11] Wijesekere, T., Funk, E., Wilkens, K., Husted, B. Long-scale tests of firefighting technologies for electric vehicle fires on board ro-ro ferries. Seventh International Conference on Fires in Vehicles, Stavanger, Norway, 2023. Str. 119-131. ISBN 978-91-89757-88-2. Dostupné na internete: <https://www.ri.se/sites/default/files/2023-04/Proceedings%20FIVE%202023.pdf>
- [12] Malkovský, Z., Karl, J., Suchý, O., Thin, O. Aktuální poznatky z elektromobility pro potřeby HZS ČR. Ministerstvo vnitra České republiky GŘ HZS ČR - Technický ústav požární ochrany, Praha, 2020. Citované 25.2.2024. Dostupné na internete: https://www.hasici-vzdelavani.cz/sites/default/files/download/soubory/201007%20Komentovan%C3%BD%20v%C3%BDklad%20k%20MU%20s%20EV-H_0_0.pdf
- [13] Dorzs, A., Lewandowski, M. Analysis of Fire Hazards Associated with the Operation of Electric Vehicles in Enclosed Structures. *Energies*, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/en15010011>
- [14] Lecocq, A., Bertana, M., Truchot, B., Marlair, G. Comparison of fire behaviours of an electric-battery-powered behicle and gasoline-powered vehicle in a real-scale fire test. Proceedings of the Second International Conference on Fires in Vehicles – FIVE, Chicago, IL, USA, 2012. Str. 194–206. Dostupé na internete: <https://hal-ineris.archives-ouvertes.fr/ineris-00973680/document>
- [15] Lecocq, A., Bertana, M., Truchot, B., Marlair, G. Comparison of the fire consequences of an electric vehicle and an internal combustion engine vehicle. Proceedings of the Second International Conference on Fires in Vehicles – FIVE, Chicago, IL, USA, 2012. Str.. 183–194. Dostupné na internete: <https://hal-ineris.archives-ouvertes.fr/ineris-00973680/document>
- [16] Jiang, X., Zhu, G., Zhu, H., Li, D. Full-scale Experimental Study of Fire Spread Behavior of Cars. *Procedia Engineering*, Volume 211, 2018. Str. 297-305. ISSN 1877-7058. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.12.016>
- [17] Okamoto, K., Watanabe, N., Hagimoto, Y., Chigira, T., Masano, R., Miura, H., Ochiai, S., Satoh, H., Tamura, Y., Hayano, K., Maeda, Y., Suzuki, J. Burning behavior of sedan passenger cars. *Fire Safety Journal*, Volume 44, Issue 3, 2009. Str. 301-310. ISSN 0379-7112. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2008.07.001>
- [18] Kang, S., Kwon, M., Choi, J. Y., Choi, S. Full-scale fire testing of battery electric vehicles. *Applied Energy*, Volume 33, 2023. 120497. ISSN 0306-2619. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.120497>
- [19] Slašťan, K., Svetlík, J., Konárik, M., Rečlo, R. Monitorovanie zmien teploty počas aplikácie hasiacej deky na vozidlá pri požari vozidla so spaľovacím motorom. *Advances in fire & safety engineering 2023 zborník príspevkov medzinárodnej vedeckej konferencie*. Slovenská technická univerzita v Bratislave, Slovenská republika. Str. 298-209. ISBN 978-80-8096-300-2.

Forenzní vědy: Van Goghovo tajemství a Monetova virtuální realita

Irena Drofová¹, Milan Adámek²

¹ Fakulta aplikované informatiky, Nad Stráněmi 4511, 760 05, Zlín, drofova@utb.cz

² Fakulta aplikované informatiky, Nad Stráněmi 4511, 760 05, Zlín, adamek@utb.cz

Abstrakt: Předkládaný příspěvek čtenáři představuje forenzní vědy jako multidisciplinární vědní obor. Pozornost je zaměřena primárně na forenzní umění a jeho historický vývoj. Tento obor je zmíněn v celkovém kontextu a provázanosti nejen s ostatními forezními disciplínami, ale také ve vztahu k historii umění a moderním technologiím. Na příkladu uměleckých děl Vincenta van Gogha a Cloude Moneta přibližuje čtenáři propojení umění, historie, vědy a moderních technologií. Cílem příspěvku je podnítit zájem a zvědavost čtenáře v hledání odpovědí na výzkumné otázky v oblastech, kde by je zdánlivě neočekávali.

Klíčová slova: Forenzní vědy, digitalizace umění, umělecká galerie, X-Ray, virtuální realita.

1 Historie a současnost forezního umění

Forenzní vědy jsou multidisciplinárním oborem, který zastřešuje, a také propojuje jednotlivé obory a disciplíny, jejichž primární úlohou je podpora při objasňování trestného činu, důkazní podstata při vymáhání práva, stanovení kritériálních hodnot v důsledků vyšetřování, dokumentace a další. [1] V těchto souvislostech můžeme zmínit zejména obory *balistiky*, *daktyloskopie*, *grafologie*, *soudního a forezního lékařství*, *forezní psychologie* a dalších oborů, jež jsou využívány v oblasti *kriminalistiky*. Tento příspěvek se zaměřuje na disciplínu *forezního umění*, která je v celkovém kontextu problematiky spíše opomíjena, avšak je nedílnou součástí forezních věd o jejíž výsledky se často opírají závěry ostatních forezních a kriminalistických disciplín. [2] Oborem zabývající se co nejpřesnější reprodukcí místa činu nebo objektů je *forezní fotografie*, která spolu s *kriminalistickou fotografickou dokumentací*, poskytuje formu fixace materiálních znaků zkoumaných situací, průběhu, fází či výsledků procesů. [1] *Kriminalistická forezní fotografie*, resp. *forezní umění* obsahuje postupy a metody obrazové dokumentace, včetně volby osvětlení, optické soustavy, úhlu snímání a dalších kritérií. [2] O tyto postupy se opírají také metody *trojdimenzionálních obrazových výstupů* (3D). S progresivním vývojem digitálních technologií jsou počítačová grafika a moderní forenzní umění součástí mnoha vědeckých oborů.

S trochou nadsázky lze konstatovat, že forenzní umění je historicky nejstarší forenzní vědou, sahající až do pravěku, kdy lze považovat primitivní pravěké jeskynní malby za dokumentace lovu, mapování území a výskytu zvěře i způsob života pravěkých obyvatel planety. Ve starověkých civilizacích lze pozorovat forenzní umění na nástěnných vyobrazeních chrámů a hrobek, z nichž jsou v povědomí veřejnosti nejznámější staroegyptské hieroglyfy, stejně jako papyrusi, které jsou dodnes předmětem vědeckého zkoumání. Od vynálezu papíru v Číně ve 2. století až po vynález knihtisku Johannem

Gutenbergem v první polovině 15. století, je možné nalézt mnohé dokumenty, které mohou reprezentovat forenzní umění, jako dokazovací, dokumentační a archivační nástroj. V období Renesance, kdy italská umělecká mistra začali pracovat také s perspektivou, se započala nová éra v umění, od které se odvíjí také počátek práce s barvou a světlem v rámci lidského vidění. Objev fotografie v první polovině 19. století pak umožnil lidstvu staticky zachytit okamžik či podobu osob v reálném čase.

Dnes, v období prudkého rozvoje digitálních technologií, lze konstatovat, že digitalizace, uplatňovaná napříč obory, výrazně zasahuje také do oblasti umění, resp. forezního umění. Metody a principy, o které se tento obor historicky opírá, jsou platné také ve 21. století. V této souvislosti zmiňme především práci s barvou a světlem, lidské a barevné vidění a s tím související opticko-fyzikální zákony. [3] Dnes jsou tyto problematiky plnohodnotnými vědními obory, významně související s moderními technologiemi a počítačovým viděním. V následujících sekcích jsou uvedeny dva příklady, na kterých je možno pozorovat provázanost historie, současnosti a také možný vývoj v budoucnosti v oblasti forezního umění, jako plnohodnotného vědního oboru.

2 Zátíší Vincenta Van Gogha

Grafologie, jakož to jeden z oborů forezních věd se zabývá analýzou písma. Předmětem *grafologie* je projektování osobnosti v jejím ručně psaném projevu a principy práce s rukopisem. [1] A to nejen v souvislosti s dokazováním trestného činu a padělatelstvím. Z písma lze vyčíst mnohé aspekty lidské psychiky i identifikovat autora. V současnosti se objevují také principy pracující s *digitální grafologií*, která avizuje nový směr a postupy v tomto oboru. V oblasti počítačové grafiky a designérství lze zkušený pozorovatel identifikovat atributy související s autory počítačových grafických návrhů atp.

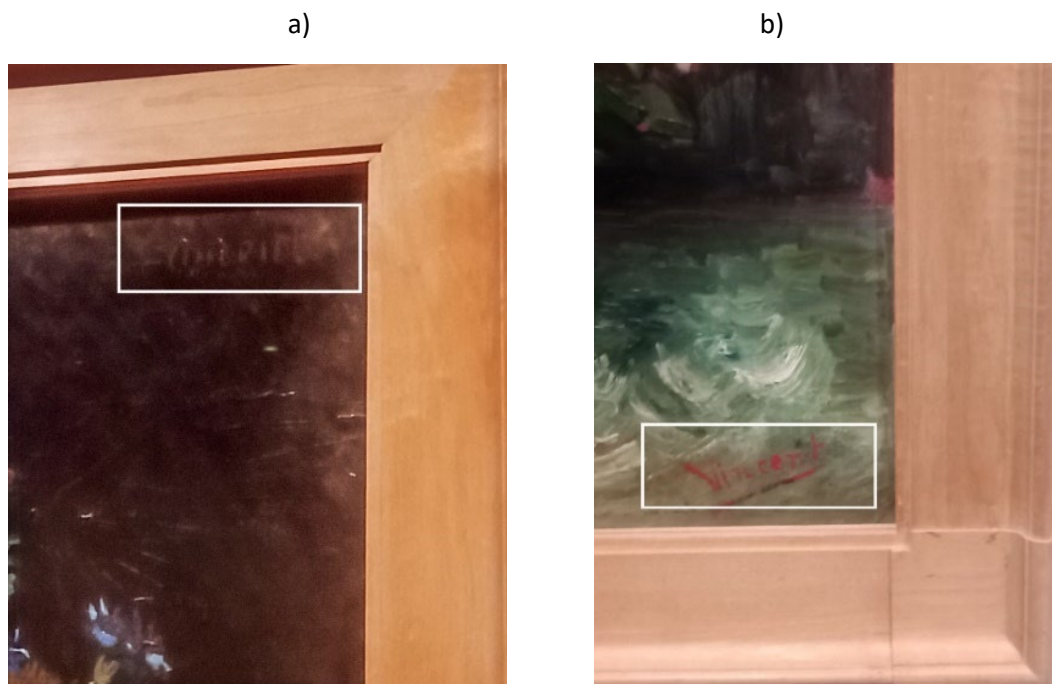
2.1 Grafologie a umělecký rukopis

Avšak i s využitím moderních technologií a aplikací moderních forezních věd jsou některé historické otázky stále ještě diskutovány. Jedním z nich je umělecké dílo holandského malíře Vincenta van Gogha „Zátíší s lučnými květinami a růžemi“ namalované v letech 1886–87, které uvádí obrázek 1. Toto plátno se vymyká autorovu uměleckému rukopisu a je zdrojem mnohaleté diskuse u odborné, umělecké i vědecké veřejnosti.



Obrázek 1. Vincent van Gogh: Zátíší s lučnými květinami a růžemi (1886–87) [4]

Umělecké dílo, které uvádí obrázek 1, bylo po dlouhou dobu umístěno v depozitáři nizozemského muzea Kröller-Müller, které muzeum získalo ze soukromé sbírky. [5] Od počátku vzbuzovalo pochybnosti o autorství výše uvedeného umělce, zejména v souvislosti s umělcovým rukopisem. Rozpory vzbuzovaly barvy, styl malby, velikost plátna a zejména signatura. [3] Primárně signatury, uvedené na obrázcích 2, byly zdrojem vášnivé diskuse o autorství uvedeného díla. Signatura neobvykle uvedená v horním pravém rohu, byla jedním ze zásadních prvků rozporu.



Obrázek 2. Vincent van Gogh: Zátíší s lučními květinami a růžemi (1886–87), detail signatury:
a) signatura v pravém horním rohu plátna, b) signatura v dolním pravém rohu plátna [4]

2.2 Moderní technologie v umění

Pomocí rentgenových snímků byla v roce 1998 odborníky odhalena malba pod aktuální vrstvou barev uměleckého díla s květinovým zátiším. Tato vrstva vzbudila další zájem odborníků. O dekádu později přišly na řadu nové moderní technologie, pomocí nichž autorství obrazu opět směřovalo k Vincentu van Goghovi. Obě vrstvy malby byly zdrojem další analýzy, tentokrát pomocí technologie MA-XRF, resp. X-Ray (skenovací macro fluorescenční technologie). [4] Tato technologie se zaměřila na spodní vrstvu plátna, která obsahovala figurální malbu, jež obsahovala typické autorovi tahy štětcem a ztotožňovala se s autorovou figurální kresbou z dob studií, která měla malbě předcházet. V současnosti je autorství obrazu připisováno Vincentu van Goghovi.

V následující sekci je popsáno 360° velkoformátové umělecké dílo Cloude Moneta „Vodní lilie“, které ve své nadčasovosti avizovalo moderní technologie 21. století, ve kterém se progresivní vývoj digitálních technologií promítá také do oblasti umění a současné digitální tvorby. Nejinak je tomu také v obrech forenzních věd. Především však v oblasti forezního umění.

3 Monetovo 360° umělecké dílo

Jeden z nejvýznamnějších impresionistických umělců předběhl svou dobu. Za vrcholné životní dílo Claude Moneta (1840–1926) lze považovat sérii nadrozměrných pláten pod názvem „Vodní lilie“. Toto dílo bylo vytvořeno v závěru umělcova života a avizovalo nástup mnohých moderních technologií v budoucnosti, které jsou dnes již běžně využívány. Jedná se zejména o *snímání 360° obrazu* a technologii *virtuální reality* (VR), dnes již běžně využívány napříč obory i širokou veřejností. [6] V současnosti je toto dílo přezdíváno jako „*Monetova virtuální realita*“ a je uvedeno na obrázku 3.



Obrázek 3. Cloude Monet: Vodní lilie, Muzeum de l'Orangerie [7]

Tvorba tohoto díla vyžadovala nejen specifické podmínky, ale také prostředí pro jeho vystavení. Pro toto dílo byla zbudována galerie na míru „*Galerie de l'Orangerie*“, která splňovala světelné podmínky pro plné vyniknutí barev a unikátnosti díla. Také dnes je jeho dílo prezentováno na stejném místě, avšak Cloude Monet se představení svého díla veřejnosti nedožil. Veřejnost ani kritici však představené dílo nepřijali. Jakkoli byl ve své době uznávaným umělcem, dílo i vybudovaná galerie se staly předmětem nezájmu. Teprve po 2. Světové válce, kdy bylo dílo vystaveno v New Yorku, bylo přijato s nadšením americké veřejnosti a stalo se předmětem inspirace mnoha umělců. Ovšem až v roce 1996 byla původní galerie zrekonstruována do moderní podoby a přirozené světlo plně podpořilo barvy a panoramatické schéma celého díla, u kterého pozorovatel netuší, kde začíná a končí. [7] V současnosti tak dílo představuje doslova nekončící vizuální zážitek.

Z pohledu *moderních forezních věd* toto dílo avizovalo budoucí vývoj v oblasti technologií. V současnosti je předmětem výzkumu a vývoje také *digitalizace umění* a jeho transformace do AR/VR prostředí. [6] V tomto směru je aktuální otázkou prezentace (nejen) umění ve virtuálním prostředí, do kterého se promítá také vliv černého trhu s padělaným zbožím. Zde hraje roli také digitální reprodukce barev objektu a další atributy, které mohou pomoci padělek identifikovat. [6-8]

4 Závěr

Příspěvek ve svém textu představil obor *forezního umění* v jeho nejširším kontextu. V úvodní kapitole poukazuje na historickou časovou osu, v níž lze pozorovat nenápadný vývoj tohoto vědního oboru až do současnosti. Je zřejmé, že jakkoli jsou dnes v této oblasti využívány moderní technologie, metodiky

a postupy, základní stavební kameny v tomto směru je stále nutné hledat v minulosti, kde mnozí z velkánů svého času předběhli svou dobu. A z nichž je možné čerpat inspiraci také v současnosti.

V textu jsou představeny dvě umělecká díla, která propojují prvky minulosti a současnosti, avšak mohou být také inspirací pro budoucí výzkum a vývoj. Umělecká díla napříč historií pracují primárně s barvou, světlem a strukturou, jež se vzájemně ovlivňují. Tyto prvky nalézáme nejen v malbě, ale také například v architektuře, užitném umění, medicíně i v průmyslu.

V oblasti forenzních věd, je *forenzní umění* nezastupitelnou disciplínou promítající se do téměř všech forenzních oborů, včetně *antropologie* či *archeologie*. V závislosti na dané problematice se využívají rozdílné možnosti zobrazování, nalézají se a současně se vyvíjí také nová řešení a technologie. Přesto je základem forenzního umění zejména *Optika*, a to v souvislosti s *lidským viděním*. To je nedílnou součástí *barevného vidění* s využitím poznatků (nejen) o barevném světelném spektru, které je jen dílčí částí elektromagnetického spektra. Je zřejmé, že zejména umělci historicky využívali fyzikálních zákonů optiky, barevného vidění a perspektivy. Položili tak základy pro vědění a vývoj až do současnosti. Mnozí z umělců, vynálezců a osvícenců historie pojali svá díla s humorem a vtiskly do nich mnohá tajemství, z nichž některá teprve čekají na svá odhalení. Jakkoli se věda opírá o dosud známé poznatky a fakta, lidská kreativita a fantazie, stejně jako vnímání světa, jsou neomezené.

„Kreativita je hrající si inteligence.“ [Albert Einstein]

Acknowledgment

Tento výzkum byl založen na podpoře Mezinárodní velké agentury Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, IGA/CebiaTech/2024/004 a Katedry bezpečnostního inženýrství Fakulty aplikované informatiky.

Reference

- [1] PORADA, Viktor. *Kriminalistika: technické, forenzní a kybernetické aspekty*. 2. aktualizované a rozšířené vydání. Plzeň: Aleš Čeněk. 2019. ISBN 978-80-7380-741-2.
- [2] ROBINSON, M. Edward. *Crime Scene Photography*. 3. Edition. Elsevier: Academic Press, 2019. ISBN 978-0-12-802764-6.
- [3] GAMZE, Ebru *at all*, Ebru, Color as an Expression Indicator in Vincent van Gogh's Paintings, 2022, doi:10.26579/jocress-9.2.7.
- [4] Vincent van Gogh and Still Life, From Tradition to Innovation, *Sompo Museum of Art*, Tokio, Japan, 2023, [online].
- [5] The Kröller-Müller Museum, The Netherlands, 2023, [online].
- [6] DROFOVA, I. *at all*, Comparison of the Lighting Condition of the Interior to Create a 3D Background in Virtual Reality, *Annals of DAAAM and Proceedings of the International DAAAM Symposium*. Vienna: DAAAM International Vienna, s. 377-383. ISSN 1726-9679. ISBN 978-3-902734-33-4, 2021, doi:10.2507/32nd.daaam.proceedings.055.
- [7] Cloude Monet, The Watter Lilies, Muséem de l'Orangerie, Paris, France, 2024, [online].
- [8] DROFOVA Irena, ADAMEK Milan, *Analysis of Counterfeits Using Color Models for the Presentation of Painting in Virtual Reality*, Decisions and Trends in Social Systems, CoMeSySo 2021, pp. 609–620, Springer, 2021, doi: 10.1007/978-3-030-90318-3_49.

Prevention of secondary contamination in the intervention by analysing water from firefighting vehicle tanks

Patrik Sirotiak¹

¹ Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Lumírova 630/13, 700 30 Ostrava-Výškovice, patrik.sirotiak@vsb.cz

Abstract:

The paper summarises the results of a project focused on the analysis of water in vehicle tanks of fire protection units. Water in the firefighting vehicle tanks is not only used for fire suppression but is also used in many other interventions. These interventions mostly include road cleanups, cooling technology equipment, decontamination of people and materials, dilution of solutions, or the creation of foam for fire protection or fire attack. Firefighters often use water from fire truck tanks to clean themselves because there is no other source of water in the fire trucks. However, the quality of the water in the tanks of firefighting vehicles is unknown. When the water in the tanks of firefighting vehicles is analysed, its quality can be determined by comparison with current legislation, and effective methods can be devised to disinfect the water. Water was sampled from the vehicles of professional and volunteer units in the Moravian-Silesian region during the period from July to November. During the sampling process, water temperature, visual control of tank condition, duration of water storage in the tank, source of water, and other relevant information were also collected. The result of the project is a summary of the collected data and an evaluation of the results achieved in this project.

Keywords: Firefighting Vehicle Tanks; Fire truck tanks, Water analysis; Water contamination; Secondary contamination; Fire intervention

1 Introduction

Water has had an irreplaceable position in fire protection units since the beginning of the first volunteer firefighting units, not only in the Czech Republic but also in other countries, especially in Europe, America, and Asia. The basic use of fresh water by fire protection units is for firefighting, which occupies the highest share in terms of water consumption in the entire spectrum of activities. Water is also an integral part of firefighting operations that use foam as an extinguishing medium. Outside of firefighting, water is also used to capture toxic substances, decontamination, cooling of technology or buildings, creating water curtains, clean-up activities, or cleaning people and equipment [1].

For firefighting purposes, fire water should be preferably provided from natural or multipurpose sources. In the case of regional fire protection units, water is preferably supplied from the hydrant system or through filling stations located at each fire station. This procedure ensures that the quality of firewater is sufficient and free of impurities and undesirable contaminants that could damage water pumps and fire valves. Volunteer fire protection units, especially those of higher categories, have a higher probability of drawing water from other sources (watercourses, ponds, dams). This also

increases the risk of contamination of water with microorganisms and other undesirable contaminants.

However, the firewater located in fire truck tanks (hereafter referred to as FTT) can be stored for several years without any use. Fire protection legislation does not impose additional requirements on the quality of this water. The stagnant water may therefore give rise to undesirable substances, microorganisms, and algae, which may subsequently affect the quality of the intervention carried out.

By microbial analysis of the stored water in the FTT of professional and volunteer fire protection units, effective measures can be designed to minimise the potential consequences of using this water in an emergency incident. With the assurance of chemically and biologically safe water in the FTT, the cooperation of professional and volunteer units at the interventions can be taken to a higher level.

2 The Impact of Water Conservation on Fire Brigade Operations

Water is an integral part of all human life and accounts for approximately 71% of the Earth's surface. Despite this fact, more than 2 billion people do not have access to a safe source of water, and of the total amount of water on Earth, only 0.007% is usable for human consumption. In recent years, there have been more and more studies of water shortages in the Czech Republic and, especially in summer, of the gradual drying up of the soil in our territory. In some locations, groundwater and surface water are already being depleted. With the scarcity of water, the pressure to conserve water and reduce waste is increasing [2].

With increasing pressure for water management, there may be situations in which the use of firewater at the incident will be reduced or more emphasis will be placed on pumping water from natural sources. Since fire water is to be supplied preferably from natural sources or from multi-purpose sources, the quality of water, which is not only for firefighting but has a very wide range of uses, cannot be guaranteed in such cases. To avoid water wastage, water will be stored for long periods of time in car tanks, and this can become a breeding ground for undesirable substances and microorganisms.

However, the contamination of firefighters by this water can arise not only in the context of rescue and disposal work. Even today, the possibility of cleaning with water other than that stored in vehicle tanks is not available in all first-response vehicles of the regional fire brigades. For volunteer fire protection units, the situation with separate clean water is practically the same. Firefighters often wash their faces and hands with water directly from the FTT after an intervention. Therefore, the possibility of contamination with contaminated water from the FTT is much higher than during the intervention activity. This risk can be effectively eliminated or minimised by appropriate treatment of the water or by introducing regime measures.

3 Fire truck tankers in the conditions of the Czech Republic

A supply of water used for interventions is located on all first response FTTs, which are dispatched to all types of incidents. Firewater also includes FTT in various configurations that are not designated as first response vehicles.

The main legislative regulation governing FTT vehicles in the Czech Republic is Decree No. 35/2007 on technical conditions of firefighting equipment. The regulation defines the types of firefighting

vehicles, their equipment, markings, colour, and other specifications. According to the regulation, these vehicles can be of reduced, technical, forest fire, and high-volume firefighting design. The construction of the VTT must allow [3], [4], [5]:

- the transport of a fire protection unit,
- long-distance transport of water,
- firefighting with water from its own tank, from an external free source and from an external pressurised water source,
- medium and heavy foam for firefighting,
- carrying out rescue work.

The FTT pump must have a minimum power output of 750 l/min and the fixed water tank must have a capacity of at least 1700 l. The fixed tank for the foaming agent shall have a volume of not less than 6 % of the volume of the fixed water tank. Vehicle water tanks for fire units usually have capacities in the lower units of cubic metres. Special firefighting equipment designed for specific types of intervention usually has a larger tank capacity. The dominant in this aspect is the FTT stationed at the Rescue Unit in Hlučín, which has a tank capacity of 21.5 m³. The integrated tanks in vehicles are made mainly of durable plastics or stainless steel [3], [4], [5], [6].



Figure 1. The most used Fire Truck Tanker in the Czech Republic [7]

4 Methodology

In the first step, 1 water sample was taken from a selected FTT tank where water had been stored for a long period of time (at least 3 months). The water sample was then sent for a full detailed analysis. The samples were taken during the months of July, August and then in October and especially in November. A total of 42 water samples were taken, distributed as follows:

- FTT FPU I. 20 samples
- FTT FPU II. 3 samples
- FTT FPU III. 6 samples
- FTT FPU IV. 5 samples
- FTT FPU V. 8 samples

The sampling was taken from 31 Fire Protection Units (FPU). The laboratory provided four sample samplers for each water sample. Each of them was designed for the analysis of different indicators: TOC, metals, and microbial analysis. The samplers are shown in Figure 2.



Figure 2. Samplers provided by the laboratory [8]

Water samples were always taken from the top lid of the tank. The samplers were successively inserted into the tank, mainly surface water was collected. After the samplers were filled, temperature measurements were always taken. The temperature was measured with a water thermometer to the nearest tenth of a degree Celsius. Once the displayed temperature on the thermometer display had stabilized, the value was read and recorded along with other information in the FTT sampling report. Once the displayed temperature on the thermometer display had stabilized, the value was read and recorded along with other information in the FTT sampling report. The samplers were visibly labelled with a serial number and placed in thermoboxes.

Samples were received in the laboratory every Monday morning. For this reason, the samples were often kept in a cool and dark place at temperatures around 5 to 7 ° C. The samplers were also cooled in thermoboxes during transport. An additional protocol containing basic information on the submitted samples was submitted with the samples.

The source used to fill the water is one of the most important pieces of information because it is directly related to the quality of the water in the tank, at least in the time after the tank is filled. With few exceptions, the water was filled from municipal hydrants or integrated filling points located at the stations. The age of the vehicle is mainly related to the age of the tank unless it has been modified.

A closer look revealed possible deposits, algae, corrosion, or odour. Partial pumping of water into the tank can dilute the concentrations of the monitored parameters; therefore, this element was also included in the FTT sampling protocol.

Complications arose in determining the exact date to fill the FTT with water. Tank fill dates are not recorded for FPU unless water is used directly in a fire-related incident. After a fire, the amount of pumped/used water is reported in the incident report.

In some cases, the date of filling of the tank and the source of the water may be difficult to determine for this reason. In exceptional cases, the age of the water has been determined to the nearest day, or at most to the lower units of weeks.

For professional FPU I units, the determination of the tank fill date was the most difficult, although pump information can be used to accurately determine the amount of water pumped. These units often use only small amounts of water (tens to hundreds of litres) in relation to the total volume of the tank. Therefore, these FTTs contain a mixture of water with different fill dates, and it is not possible to accurately proportion the amount of old and newly filled water. In this case, the date of filling the tank was most often undetermined.

4.1 Monitored Indicators

The basic analysis was a short analysis according to Annex 5 of Decree No. 252/2004 laying down the sanitary requirements for drinking and hot water and the frequency and scope of drinking water inspection. Some monitored parameters were excluded from this analysis because they were not relevant. These are ammonium ions, nitrite, nitrate, chlorine, chemical oxygen demand, odour, taste, manganese, temperature, and aluminium.

The monitoring of *Legionella* spp. and *Pseudomonas aeruginosa* was also recommended for analysis. Thus, the analyses included microbial analysis including:

- Coliform bacteria,
- Cultivated organisms,
- *Escherichia coli*,
- *Legionella* Spp.,
- *Pseudomonas aeruginosa*.

Selected microbial indicators can cause adverse health effects. The effects of these indicators on the human body cannot be clearly determined depending on the concentration, as each organism can deal with these pathogens in a different way. In general, young children, seniors, and sick people who have weakened immune systems are most susceptible.

The water temperature was determined each time the FTT was sampled, where the water temperature was measured directly in the tank.

4.2 Legislation for the Comparison

The legislative provisions chosen for consideration in the research were those that are closest in content and specific limits to application. In particular, the limits for outdoor swimming waters, swimming pools, or drinking water. The following regulations were selected from the Czech legislation for this project:

- Government Regulation No. 401/2015
- Decree No. 238/201
- Decree No. 252/2004
- Implementing Decree No. 428/2001
- ČSN 75 7221 (2017)
- ČSN 75 7143

Foreign legislation and regulations include Directive 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020, the US Safe Drinking Water Act (SDWA), the UK Water Supply and Drinking Water Quality Regulations, and Decree 91/2023 establishing drinking water quality indicators and limit values. This decree is the main Slovak legislation that regulates the quality of drinking water.

4.3 Results of the laboratory analysis

The following pages show selected tabular results from laboratory analyses of water samples collected. The tables include a refinement of its classification in the unit: 1st car, 2nd car, backup vehicle, and the high-volume tanker (FTT30). The 1st cars are called to every type of extraordinary incident. The 2nd cars serve as a support unit for selected types of interventions and very often called together with the first car. High-volume tankers were included in the research because of their frequent use by fire protection units in the Czech Republic. Selected vehicles are most used at the intervention, this is why they were chosen for this research. The following Table 1 and Table 2 show selected data from laboratory analyses and protocols from FTT water samples.

Table 1. Demonstration of the results of laboratory analyses and information from the protocol 1

Date of sampling		28.10.2023	28.10.2023	28.10.2023	28.10.2023
Place of sampling		FPU I.	FPU I.	FPU I.	FPU I.
FTT		high-volume	1st car	2nd car	1st car
abioseston	%	<1	<1	<1	<1
Numb. of org.**	individuals/ ml	0	0	0	0
Numb. of liv. Org.***	individuals/ ml	0	0	0	0
Coliform bacteria	CFU/100ml*	0	0	0	0
E. coli	CFU/100ml*	0	0	0	0
Cult. organisms 22 °C	CFU/100ml*	310	51	>3000	>3000
Cult. organisms 36 °C	CFU/100ml*	410	>3000	>300	>3000
Pseudomonas	CFU/100ml*	4	31	>1000	0
Colour	mg/l Pt	5	5	5	6
Turbidity	ZF(n)	0,2	0,17	0,25	0,23
pH		7,9	7,8	7,7	7,7
Conductivity	mS/m	14,2	14,0	14,0	14,4
TOC	mg/l	1,6	1,4	1,2	2,5
Iron	mg/l	0,061	0,052	0,055	0,051
Water temperature	°C	18,1	20,3	20,3	20,1
The Age of Water	days	4	?	30	36
Partial Pumping	Yes / No	No	No	No	No
Tank material		Stainless steel	Stainless steel	Stainless steel	Stainless steel
Tank age	years	8	8	8	8
Corrosion, Algae		X	X	Corrosion, Algae	X
Water Source		Hydrant	Hydrant	Hydrant	Hydrant

* Colonies forming units

** Total number of organisms (abioseston)

*** Number of living organisms (bioseston)

Table 2. Demonstration of the results of laboratory analyses and information from the protocol 2

Date of sampling		24.8.2023	26.8.2023	25.8.2023	17.7.2023
Place of sampling		FPU II.	FPU III.	FPU IV.	FPU V.
FTT		1st car	1st car	1st car	1st car
abioseston	%	<1	<1	1	2
Numb. of org.**	individuals/ml	16	0	0	10
Numb. of liv. Org.***	individuals/ml	16	0	0	10
Coliform bacteria	CFU/100ml*	0	0	9	1
E. coli	CFU/100ml*	0	0	0	0
Cult. organisms 22 °C	CFU/100ml*	>3000	>3000	>30000	101,0
Cult. organisms 36 °C	CFU/100ml*	>300	>300	10300	53,0
Pseudomonas	CFU/100ml*	0,0	0	7000	0
Colour	mg/l Pt	7,0	15,0	36	3
Turbidity	ZF(n)	0,4	0,74	2	0,3
pH		7,2	8,1	8,2	7,1
Conductivity	mS/m	21,6	54,1	67,3	35,8
TOC	mg/l	2,4	<0,80	3	<0,80
Iron	mg/l	0,086	0,053	0,431	0,042
Water Temperature	°C	24,9	21,3	28,0	22,5
The Age of Water	days	6	2	25	90
Partial Pumping	Yes/No	No	No	No	Yes
Tank material		Stainless steel	Iron + anticor****	Stainless steel	Iron + anticor****
Tank age	years	13	16	13	6
Corrosion, Algae		X	X	Light corrosion	X
Water Source		Hydrant	Hydrant	Hydrant	Hydrant

* Colonies forming units

** Total number of organisms (abioseston)

*** Number of living organisms (bioseston)

**** Iron + anticorrosive treatment

5 Results

When comparing the first vehicles of professional units and vehicles of other fire protection units, there are significant differences between the observed FTTs in several categories.

Bioeston-containing samples always contained *Flagellata apochromatica*. Decree No 252/2004 states a limit for abioeston of 5% or 50 individuals/100 ml - 35 out of 42 FTT samples fulfilled this value. According to this decree, the bioeston must be equal to 0 individuals/100 ml - only 22 out of 42 samples from all FTTs (52,4 %) fulfil this value.

E. coli was detected in only 2 samples from the FTT and from the same factory. This factory uses a local fire hydrant that does not contain potable water, but only filtered industrial water for use in the factory. Positive laboratory reports include the determination of *Legionella Spp.* which was not detected in any of the monitored samples.

For cultivated organisms at temperatures of 22 °C and 36 °C, more regulations establish legislative limits, because these organisms represent bacterial contamination of the water. Their numbers in the samples were relatively high, regardless of the age of the tank or the age of the infused water. In most cases, the laboratory did not set values above 3 000, but in one case the value reached 820 000 CTU/100 ml. Only 5 of 42 FTT samples fulfilled the maximum limit for cultivated organisms at temperatures of 22 °C (200 CFU/100 ml), which is specified in Slovak Decree No. 91/2023 and in Czech Decree No. 252/2004. Cultivated organisms at 36 °C are restricted by five selected regulations. Of these, none of the samples fulfil the water quality requirements of Decree 252/2004 and Decree 91/2023. Decree No. 238/2011 prescribes a limit of 100 CFU/100ml in natural swimming areas and only one FTT sample meets this standard.

With three exceptions, coliform bacteria were detected at very low concentrations. 31 of 42 FTT samples did not contain any coliform bacteria. Two of the three samples where higher concentrations were detected came from a factory that uses industrial water to fill the FTT. Regulations dealing with limits for drinking and bathing water set limits for coliform bacteria at 0 CFU/100 ml.

A negative finding in laboratory analyses was the detection of high concentrations of *Pseudomonas aeruginosa* in professional fire protection units (categories I and IV). The occurrence in other categories of units was an exception. The limits for the bacteria *Pseudomonas* are regulated by Decree 238/2011 and Decree 252/2004. The first specifies the limit for natural swimming areas and surface waters intended for swimming at 0, maximum 50 CFU/100 ml. The second decree does not allow *Pseudomonas* in water. Only 8 out of 25 samples from professional units fulfil the value of 50 (only one sample from JPO I fulfilled the value of 0). In total, 16 samples were free of *Pseudomonas*. *Pseudomonas* is most commonly found in wastewater and stagnant water, and its occurrence, according to the results, does not depend on the length of time the water has been stored in the tank, the material, or the age of the tank itself.

An increased value of colour as an indicator of pollution does not indicate that the water is unsafe; increased values usually indicate the presence of higher levels of metals or other substances.

The regulations governing the pH of water indicate a range between 6,5 and 9,5. All water samples fulfil these values.

Conductivity refers to the concentration of electrolytes in water. A higher value means that the water conducts electricity better. Higher concentrations can cause gradual damage to pipes or electrical appliances. All FTT water samples pass the most stringent limits listed for conductivity.

TOC (Total Organic Carbon) is an indicator mainly used for the assessment of organic pollution in water, as it shows the total amount of organic substances in the monitored water. TOC is addressed by Slovak Decree No. 91/2023 (limit 3 mg/l), Government Regulation No. 401/2015 for surface waters (limit 10 mg/l) and Decree No. 252/2004 for drinking and hot water requirements (limit 5 mg/l). Only 4 water samples would not fulfil the most stringent regulation. The limit for surface water would be met by all FTT samples.

Limits for metals, especially iron or aluminium, are generally not established based on their potential negative effects on the human body. Therefore, exceeding these values does not have an effect on the human body.

5.1 Evaluation of the results of the analysis between the FPU categories

The average temperature in the FTT tanks during the sampling period was 21.87 °C and the average duration of the water in the tanks, according to the available information, was approximately 33.5 days. In general, none of the samples fulfilled the Czech and foreign limits for drinking and swimming water, although the samples taken from the FTT were in some cases no more than a few days old. The European Parliament Directive (EU) 2020/2184 and its indicator limits were fulfilled by 21 of 42 FTT samples. Only 1 water sample from the FTT does not fulfil the allowed pollution level for surface water according to Government Regulation 401/2015 - Percentile P95. The Implementing Decree No. 428/2001 would then be fulfilled by 27 water samples from FTT in category A1. Except for the three FTT water samples, all samples fulfil the criteria for the water intended for irrigation category II according to ČSN 75 7143. Only 1 sample from FTT does not meet the classification I according to ČSN 75 7221. In the case of abioseston and bioseston, there are no statistically significant differences between the FPU categories. Coliform bacteria were more frequent in FTT IV. and in lower numbers also in FTT V. Escherichia coli was detected only in one unit using a specific water quality in its tanks; therefore, it cannot generally be confirmed that this bacterium is more frequent in FTT IV. Pseudomonas bacteria were found in high concentrations in professional units I. and IV., while the occurrence of this bacterium was rather rare in other categories of units. The correlation between the number of cultivated organisms and the unit category was not confirmed. The values of these indicators do not depend on the unit category.

Based on the microbial analysis of all FTT samples with a focus on the values of these indicators, the highest quality water samples were selected. These are category II. (1x), III. (3x) and V. (1x).

5.2 Regime measures and appropriate water treatment

Measures to prevent changes in the stored water in the FTT tanks according to the basic methods can be:

- a) movement of standing water in the tank (use of a pump to circulate the water),
- b) cleaning of the FTT tanks at certain intervals,
- c) disinfection of the water in the tank,
- d) replacement of part of the water (dilution of the concentration of undesirable substances),
- e) periodic replacement of the water at defined intervals.

Based on the laboratory analysis results, we can eliminate options (a), (b) and quite certainly (d) and (e) from the relevant water treatment methods. The quality of the water and the presence of microorganisms in the water are not related to the movement of water in the tanks. The age and material of the tank are also not related to the quality of the water, according to the available information. Water replacement, partial or total, does not necessarily imply a reduction in the values of the water pollution indicators in the tank. This argument is supported by data from reports and laboratory analyses, where only a few days old water contains above-limit values of selected pollution indicators. Tank water replacement becomes a realistic application when a clean and dry hose is used to fill the tank after the used unclogged and flushed hydrant/standpipe, including the fill port on the FTT pump. The most effective and cheapest option is to disinfect the water in the tank. The use of a liquid disinfectant based on chlorine and chlorine compounds effectively eliminates microbial indicators of contamination and thus ensures the biological safety of the water.

6 Conclusion

In this project, water samples were collected from FTTs in professional and volunteer fire protection units. Samplers with the sampled water were analysed in a certified laboratory to assess the quality of the water in the tanks of the firefighting vehicles. The results indicate that there is no correlation between the quality of the water and the category of the fire protection unit. Only for *Pseudomonas aeruginosa* was there an apparent correlation based on the analyses. This bacterium was detected in high concentrations in the professional units. FTT water samples often contained high concentrations of cultivated organisms at temperatures of 22 °C and 36 °C. There was no correlation between tank material, its age, and water quality. There also appears to be no association between water age and water quality in FTT tanks. However, samples taken after more than 50 days show lower values for some pollution indicators.

According to the relevant standards and regulations used to assess water quality, none of the samples meet the drinking water limits. The water samples fulfil the limits of the water intended for irrigation. According to Government Regulation No. 401/2015 on indicators and levels of allowed surface water pollution, 41 of the FTT samples fulfilled the P95 percentile limits. 23 samples of FTT comply with the Directive of the European Parliament and Council (EU). The A1 limits of Decree 428/2001 are fulfilled by 27 of the 42 FTT samples. Except for three FTT water samples, all samples fulfil the criteria for Category II - water for irrigation according to ČSN 75 7143. Only 1 sample from FTT does not fulfil the classification I according to ČSN 75 7221.

Based on laboratory analyses, the use of chemical disinfection, especially chlorine and chlorine compounds, can be recommended as the most effective method. Chlorine and its compounds can effectively eliminate all detected microorganisms and improve the quality of the water when the unit needs it (decontamination of persons and animals, personal cleaning, filling of storage tanks). The disinfection time depends on the used agent and the concentration of the active substance.

If the contamination of the water in the tank does not depend on the material of the tank or its cleanliness, the water could be contaminated during filling or, in the case of frequent partial filling of the tank, only a dilution of microbial indicators may occur. This has no significant positive effect on long-term water quality. In the case of further research, attention should be focused on the cleanliness of the filling hoses, pumps, insufficient desludging, or the effect of partial pumping of the tank on the water quality over time.

Reference

- [1] Czech Republic. Decree No. 247/2001 Sb.: O organizaci a činnosti jednotek požární ochrany. In: Sběrka zákonů. Prague, 2001, amount 95.
- [2] Freshwater Crisis. *National Geographic* [online]. National Geographic Partners, c2015-2022 [cit. 2022-12-16]. Available from: <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/freshwater-crisis>
- [3] Czech Republic. Decree No. 35/2007: O technických podmínkách požární techniky. In: Sběrka zákonů. 2007.
- [4] Czech Republic. Decree No. 53/2010 amending Decree No. 35/2007: O technických podmínkách požární techniky. In: Sběrka zákonů. Prague, 2010, amount 19.
- [5] Instruction of the Director General of the Fire and Rescue Service of the Czech Republic of 10 December 2018 issuing the Řád strojní služby Hasičského záchranného sboru České republiky. In: Sběrka interních aktů řízení generálního ředitele Hasičského záchranného sborů České republiky. Prague: MV-generální ředitelství HZS ČR, 2018, amount 56.
- [6] Velkoobjemová cisterna CV 40: Detailní představení velkoobjemové cisterny. Záchranný útvar: Hasičský záchranný sbor České republiky [online]. Prague: Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, c2022, únor 2020 [cit. 2024-04-01]. Available from: <https://www.hzscr.cz/clanek/velkoobjemova-cisterna-cv-40.aspx>
- [7] THT Polička začala s dodávkou cisteren Tatra Terra pro profesionální hasiče, rámcová smlouva může přesáhnout jednu miliardu korun. Online. POŽÁRY.CZ. Požáry.cz. 2023. Available from: <https://www.pozary.cz/clanek/264131-tht-policka-zacala-s-dodavkou-cisteren-tatra-terra-pro-profesionalni-hasice-ramcova-smlouva-muze-presahnout-jednu-miliardu-korun/>. [cit. 2024-04-01].
- [8] OSTRAVSKÉ VODÁRNY A KANALIZACE A.S. *Víte, jak zkontrolovat kvalitu vody ze studny?* Online. Ostravské vodárny a kanalizace a.s. 2023. Available from: <https://www.ovak.cz/aktuality/vite-jak-zkontrolovat-kvalitu-vody-ze-studny-580/>. [cit. 2024-04-01]

Posudzovanie a riadenie pracovných rizík. Aplikácia modelu ALrisk posudzovania a riadenia rizík BOZP.

Alena Kuricová¹

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

Abstrakt: Článok prezentuje navrhnutý model posudzovania a riadenia pracovných rizík v oblasti Bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci (BOZP) a jeho aplikáciu v podnikovom prostredí. Súčasný trendy v oblasti BOZP a zvýšené požiadavky na bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci vyžadujú efektívne nástroje na identifikáciu, hodnotenie a riadenie pracovných rizík. Navrhnutý model kombinuje teoretické poznatky z oblasti BOZP s praktickými aplikáciami a predstavuje komplexný prístup k posudzovaniu a riadeniu rizík. Jeho implementácia v podnikovom prostredí prináša viaceré výhody, vrátane zlepšenej bezpečnosti zamestnancov, zvýšenej efektivity pracovných procesov a minimalizácie rizík.

Kľúčové slova: posudzovanie a riadenie pracovných rizík, pracovné riziká, posudzovanie a riadenie BOZP, BOZP, model posudzovania a riadenia rizík BOZP.

1 Úvod

Bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci (BOZP) je pre podniky kľúčová a zohráva široké spektrum opatrení a postupov, ktoré majú za cieľ minimalizovať riziká a nebezpečenstvá, ktoré môžu ohrozovať zamestnancov a aj samotný podnik. Tieto opatrenia zahŕňajú nielen dodržiavanie predpisov a noriem, ale aj vykonávanie toho najdôležitejšieho pre samotné identifikovanie, analyzovanie a odstránenie rizík a to posudzovanie a riadenie pracovných rizík pre jednotlivé pracovné pozície.

V súčasnej dobe je posudzovanie a riadenie pracovných rizík neodmysliteľnou súčasťou úsilia o zabezpečenie bezpečného a zdravého pracovného prostredia. Tento proces nie je len základným prvkom zákonnej povinnosti, ale aj kľúčovým nástrojom na ochranu pracovníkov pred možnými nebezpečenstvami a rizikami spojenými s ich prácou. Daný článok rozoberá dôležitosť posudzovania a riadenia pracovných rizík v kontexte súčasného pracovného prostredia.

Cieľom článku je poukázať na potrebu efektívneho posudzovania pracovných rizík s využitím vhodných nástrojov na elimináciu rizík.

V hlavnej kapitole článku sa zameriam na objasnenie základnej terminológie pre správne pochopenie oblasti BOZP, popíšem a graficky zobrazím vytvorený model ALrisk posudzovania a riadenia rizík BOZP. Predstavím jednotlivé časti, fázy a kroky modelu ALrisk. V závere objasním hlavné prínosy využívania modelu ALrisk pre prax a taktiež aj pre teóriu.

2 Návrh modelu ALrisk posudzovania a riadenia rizík BOZP

Vzhľadom k problematike bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci a posudzovania a riadenia rizík je potrebné si dané termíny zadať pre lepšie chápanie skúmanej oblasti. V článku je potrebné aj odôvodniť z akých dostupných modelov som vychádzala. Dôvodom návrhu modelu je hlavne nejednotný postup posudzovania a riadenia rizík BOZP na základe analýzy súčasného stavu.

2.1 Základná terminológia v oblasti BOZP a posudzovania rizík

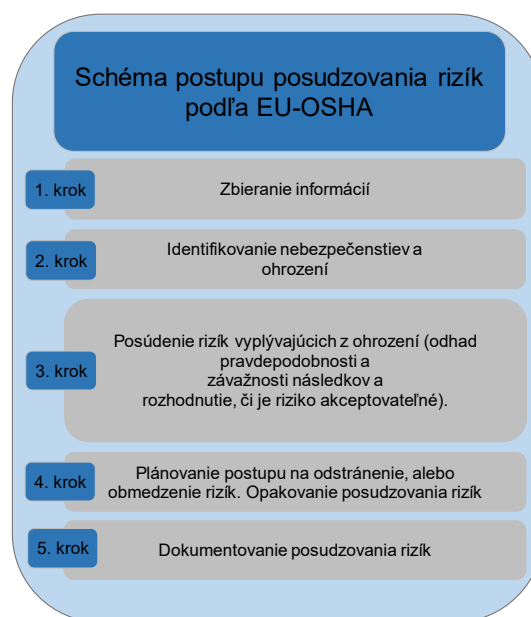
Národný inšpektorát práce Slovenskej republiky definuje bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci ako: „súbor opatrení, zásad, princípov, postojov, správania a aktivít, ktoré pomáhajú eliminovať nepriaznivé dôsledky práce“ (Bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci, 2024).

Posudzovanie rizík a jeho hlavný cieľ je zabezpečiť ochranu, bezpečnosť a zdravie zamestnancov. Vykonávaním posudzovania rizík sa minimalizuje možné poškodenie zamestnancov alebo životného prostredia vplyvom pracovnej činnosti (Základy posudzovania rizík, 2019).

Podľa Integrovaného odborového zväzu je posudzovanie rizík: je v podstate systematické preverenie toho, čo môže ľuďom ublížiť, alebo spôsobiť nežiadúcu udalosť a zväženie, či sú súčasné bezpečnostné opatrenia dostatočné (Posudzovanie rizík pri práci, 2024).

Krempaskej definuje termín ako: „komplexný proces, ktorý by mal byť na vrchole priorít každého manažmentu v súvislosti s ochranou zamestnancov a zabezpečením zdravého a bezpečného pracovného prostredia. Predstavuje kľúč k zníženiu nehôd a úrazovosti na pracoviskách a predpokladá elimináciu vzniku chorôb z povolania.“ (Krempaská, 2020).

Z analýz súčasného stavu v Slovenskej republike a Európskej únii sú dostupné schémy a postupy ako posudzovať a ako sa pripraviť na posudzovanie rizík v BOZP. Prvým modelom ako posudzovať riziká je schéma postupu posudzovania rizík podľa Európskej agentúry pre bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci (EU-OSHA). Postup krokov je zobrazený na obrázku č. 1.

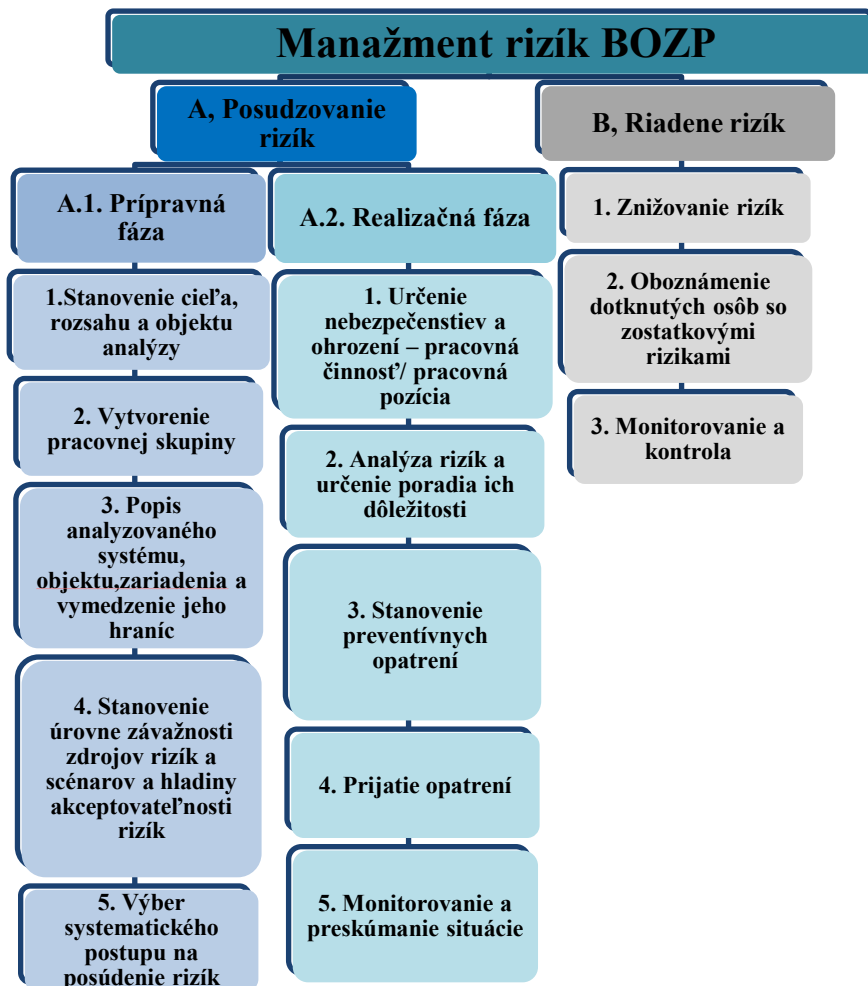


Obrázok 1. Schéma postupu posudzovania rizík podľa EU-OSHA (Zdroj: Základy posudzovania rizík, 2022).

Rovnaký postup ako zdefinovala EU-OSHA využíva a definuje aj Národný inšpektorát práce SR. Európska komisia v Praktickom usmernení pre zamestnancov – „Bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci sa týka všetkých“ spomína taktiež rovnaký postup pre posudzovanie rizík ako EU-OSHA (Bezpečnosť a ochrana zdravia sa týka nás všetkých, praktické usmernenie pre zamestnávateľov, 2016).

Druhý model, ktorý považujem za veľmi významný z pohľadu mojej analýzy a správneho nastavenia modelu ALrisk je model manažmentu rizík BOZP od doc. Ing. Kataríny Hollej. PhD. zo Žilinskej univerzity v Žiline, fakulty bezpečnostného inžinierstva, katedry krízového manažmentu. Model od doc. Hollej je zobrazený aj s jednotlivými fázami a krokmi na obrázku č. 2.

Model od doc. Ing. Kataríny Hollej, PhD. sa skladá z dvoch základných častí a to z posudzovania rizík a riadenia rizík. Posudzovanie rizík sa následne člení na dve fázy prípravná fáza a realizačná fáza. V prípravnej fázy sa nachádza 5 krokov. Realizačná fáza posudzovania rizík pozostáva z 5 krokov. Následne druhá časť riadenia rizík sa skladá z 3 krokov. Všetky časti a fázy je možné vidieť na obrázku.



Obrázok 2. Model manažmentu rizík v BOZP (Zdroj: Hollá, 2020)

Schéma postupu posudzovania rizík od EU-OSHA a postup manažmentu rizík BOZP od doc. Hollej pre mňa predstavujú východiskové modely pre vytvorenie a správne nastavenie môjho modelu pre posudzovanie a riadenie rizík BOZP.

2.2 Návrh Modelu ALrisk posudzovania a riadenia rizík BOZP

Model ALrisk posudzovania a riadenia rizík BOZP je vytvorený a navrhnutý na základe:

- Analýz súčasného stavu skúmanej problematiky,
- súčasných postupov posudzovania rizík v Európskej únii a na Slovensku,
- informácií a praktických zručností z podnikov,
- informácií od odborníkov a teoretikov z oblasti BOZP,
- informácií z Európskych prieskumov ESENER 1,2,3,
- informácií z vyhodnotených štatistických údajov,
- informácií a výsledkov aplikovaných do nástrojov OiRA pre Slovenskú republiku,
- vytvárania metodického postupu vytvárania OiRA nástrojov a získaných informácií.

Navrhovaný model ALrisk posudzovania a riadenia rizík BOZP predstavuje komplexný proces posudzovania a riadenia rizík pre pracovné pozície. Jeho cieľom je umožniť zodpovednej osobe posudzovať a riadiť riziká vo všetkých pracovných prostrediach a pre akékoľvek pozície. Tento model je navrhnutý tak, aby užívateľovi poskytol všetky potrebné nástroje na splnenie legislatívnych požiadaviek a dôležitých aspektov pri hodnotení rizík.

Model ALrisk posudzovania a riadenia rizík BOZP obsahuje:

Hlavné časti a dve časti, ktoré zahŕňajú fázy a kroky:

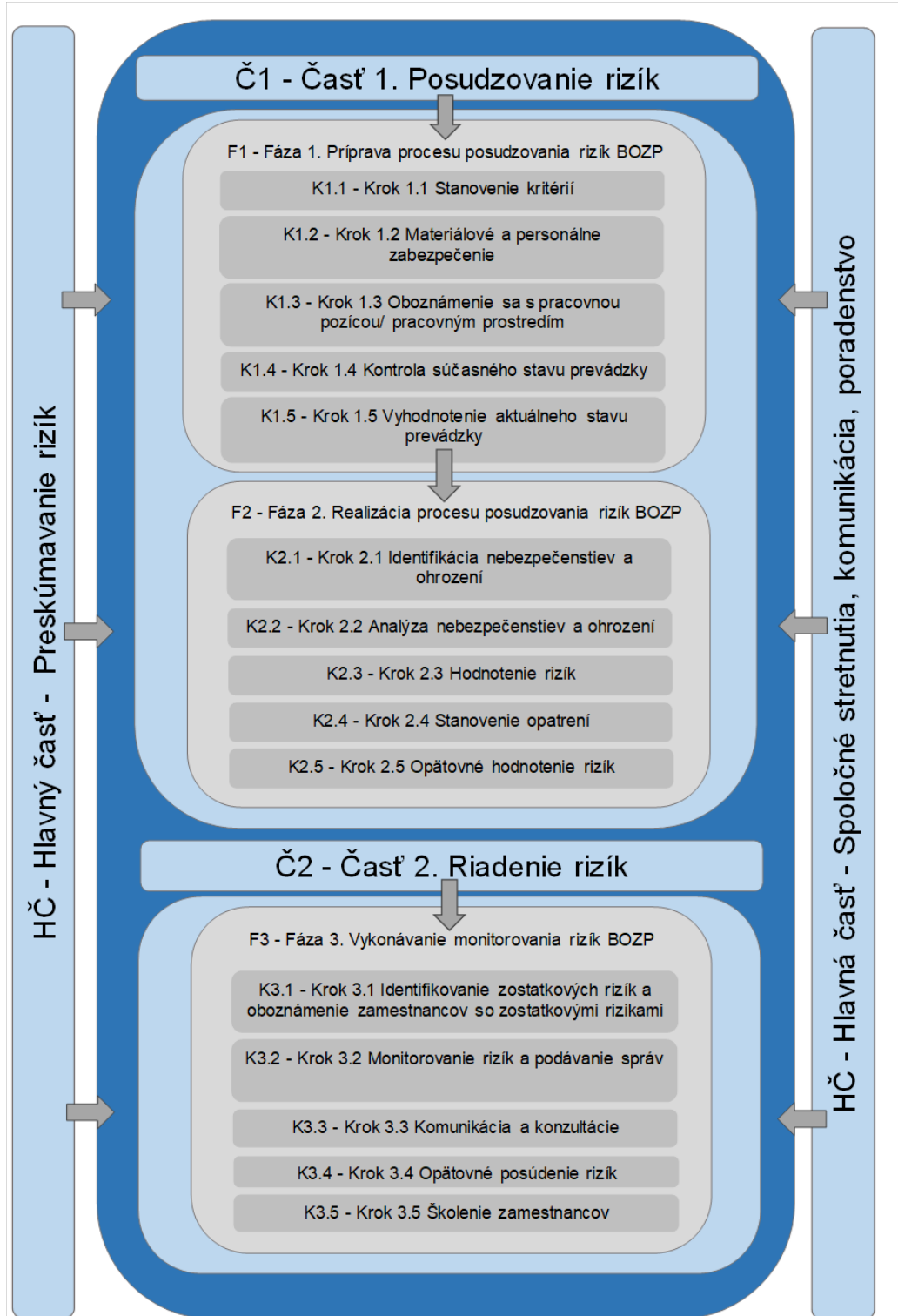
Hlavné časti – HČ:

- Preskúvanie rizík
- Spoločné stretnutia, komunikácia, poradenstvo

Časti – Č1, Č2:

- Č1 - Posudzovanie rizík
 - F1 - Príprava procesu posudzovania rizík BOZP
 - Stanovenie kritérií
 - Materiálové a personálne zabezpečenie
 - Oboznámenie sa s pracovnou pozíciou/ pracovným prostredím
 - Kontrola súčasného stavu prevádzky,
 - Vyhodnotenie aktuálneho stavu prevádzky
 - F2 - Realizácia procesu posudzovania rizík BOZP
 - Identifikácia nebezpečenstiev a ohrození
 - Analýza nebezpečenstiev a ohrození
 - Hodnotenie rizík
 - Stanovenie opatrení
 - Opätovné hodnotenie rizík
- Č2 - Riadenie rizík
 - F3 - Proces monitorovania rizík BOZP
 - Identifikácia zostatkových rizík a oboznámenie zamestnancov so zostatkovými rizikami

- Monitorovanie rizík a podávanie správ
- Komunikácia a konzultácie
- Opätovné posúdenie rizík
- Školenie zamestnancov



Obrázok 3. Navrhovaný model ALrisk posudzovania a riadenia rizík BOZP (Zdroj: vlastné spracovanie, 2023).

F1 – Fáza 1. představuje fázu, do které vstupuje viacero údajov a informácií o pracovnej pozícii a aktuálnom stave prevádzky, v ktorej sa riziká posudzujú. Práve z tohto dôvodu je fáza 1. dôležitá a je potrebné jej venovať dostatočnú pozornosť pri spracovávaní dokumentácie.

Navrhovaná fáza F1 sa skladá z 5 krokov:

- **Stanovenie Kritérií** – krok pozostáva z výberu pracovnej pozície, objektu, ktoré sa idú posudzovať. Je veľmi dôležité poznať posudzovaný objekt a pracovnú pozíciu, pre ktorú sa bude vykonávať proces posudzovania a riadenia rizík BOZP. Pri danom kroku je nutné si stanoviť ciele a rozsah posudzovania. Pod pojmom stanovenie rozsahu posudzovania sa berú výstupy, ktoré budú na konci procesu odovzdané podniku.
- **Materiálové a personálne zabezpečenie** – daný krok predstavuje druhý krok fázy F1. V kroku je nutné si stanoviť, kto bude posudzovanie rizík vykonávať a aké finančné prostriedky budú na to určené.
- **Oboznámenie sa s pracovnou pozíciou/ pracovným prostredím** – krok K1.3 je jeden z najdôležitejších krokov k správne nastaveniu celého procesu a dosiahnutiu stanovených cieľov. Je nevyhnutné poznať špecifiká pracovnej pozície, náplň práce, prostredie práce, využívané stroje a materiály, pohyb po pracovisku a v areáli podniku.
- **Kontrola súčasného stavu prevádzky** - postup kroku 1.4 kontrola súčasného stavu prevádzky je podľa navrhovaného modelu ALrisk nasledovný – v prvom rade je potrebné pracovné prostredie obhliadnuť, prejsť priestory, v ktorých zamestnanec pracovnej pozície pracuje, kde sa pohybuje, s akými materiálmi, strojmi prichádza v rámci práci do kontaktu. Súčasťou procesu je potrebné skontrolovať stav osobných ochranných pracovných prostriedkov (ďalej len OOPP), ich využiteľnosti a vhodnosti použitia v práci.
- **Vyhodnotenie aktuálneho stavu prevádzky** – posledný krok fázy F1 príprava procesu manažmentu rizík BOZP, je zhrnutie aktuálneho stavu prevádzky. V procese kroku je dôležité na základe zistených informácií a poznatkov z pracovného prostredia stanoviť úroveň závažnosti zdrojov rizík, to znamená, že na zistené riziká je potrebné stanoviť parametre podľa, ktorých sa bude vykonávať realizácia manažmentu rizík BOZP. Dôležitým bodom procesu, kroku 1.5 je výber metód, ktoré sa budú využívať na identifikáciu, analýzu a hodnotenie rizík.

Z fázy F1 sa systematicky prechádza do fázy 2. Medzi najdôležitejšie kroky fázy F2 patrí identifikácia nebezpečenstiev a ohrození, analýza nebezpečenstiev a ohrození, hodnotenie rizík a stanovenie opatrení. Ak sa spomenuté kroky v procese správne nastavia, je viac ako pravdepodobné, že posudzovanie rizík bude pre podnik efektívne a prispeje k lepšiemu chodu spoločnosti a zvýši povedomie o kultúre bezpečnosti.

F2 - Fáza 2. je fáza zameraná na realizáciu posudzovania rizík, čo znamená, že zostavený tím po oboznámení sa s pracovnou pozíciou, po obhliadke priestorov, nastavení si vhodných metód na aplikáciu následne postupuje do jednotlivých krokov fázy F2. Medzi najdôležitejšie kroky fázy F2 patrí identifikácia nebezpečenstiev a ohrození, analýza nebezpečenstiev a ohrození, hodnotenie rizík a stanovenie opatrení. Ak sa spomenuté kroky v procese správne nastavia, je viac ako pravdepodobné, že posudzovanie rizík bude pre podnik efektívne a prispeje k lepšiemu chodu spoločnosti.

Navrhovaná fáza F2 sa skladá z 5 krokov:

- **Identifikácia nebezpečenstiev a ohrození** - predstavuje východiskový krok v realizácii posudzovania rizík manažmentu rizík BOZP. V praxi sa najčastejšie na identifikáciu nebezpečenstiev a ohrození používa kontrolný zoznam – check list, ktorý je všeobecne zostavený, prípadne popravený na konkrétnu pracovnú pozíciu, záleží od tímu, ktorý posudzovanie rizík vykonáva.
- **Analýza nebezpečenstiev a ohrození** - identifikované nebezpečenstvá a ohrozenia z kroku 2.1 prechádzajú do kroku 2.2, kde sa analyzujú, vytvárajú sa správne názvy podľa správnej teoretickej terminológii. V kroku je dôležité vytvoriť katalóg rizík, kde sa nebezpečenstvá a ohrozenia z kontrolného zoznamu alebo inej metódy na identifikovanie nebezpečenstiev a ohrození prepíšu a následne sa analyzujú. Analyzuje sa ich vplyv na zamestnanca, analyzuje sa správnosť pomenovania nebezpečenstva a ohrozenia, ktoré boli identifikované.
- **Hodnotenie rizík** - ak už sú nebezpečenstvá a ohrozenia na pracovisku identifikované a analyzované, je potrebné na základe stanovenej metódy vyhodnotiť riziká. Najčastejšie sa používa bodová metóda kde sa v rámci hodnotenia násobia dva parametre a to pravdepodobnosť a dôsledok. Podľa stupnice, ktorú je potrebné si určiť sa riziká hodnotia vynásobením dvoch parametrov. Najčastejšie sa používa maximálna stupnica 1-5 pre pravdepodobnosť a taktiež aj pre dôsledok. V tomto prípade nám najvyššia hodnota môže dosiahnuť číslo 25. Podľa výslednice rizík sa následne riziko zaradi do určitej kategórie podľa výpočtu parametrov. Riziko podľa výslednice môže byť buď zanedbateľné, mierne, povážlivé, nežiadúce, neprijateľné, záleží od toho ako sa stanoví stupnica.
- **Stanovenie opatrení** - v rámci kroku 2.4 fázy F2 je potrebné po hodnotení rizík stanoviť opatrenia na ich zníženie, prípadné odstránenie. Odstránenie rizík je možné ak sa odstráni, konkrétne nebezpečenstvo. Postupom daného kroku je vytvoriť zoznam opatrení k jednotlivým rizikám a to tak, aby sa zabezpečilo zníženie rizík. Na prijatie navrhnutých opatrení je nevyhnutné určiť osobu, ktorá bude zodpovedná za prijatie stanovených opatrení. Nutnosťou je taktiež stanoviť termín, dokedy budú opatrenia prijaté do pracovného prostredia. Vo finále je možné stanovené opatrenia prijať, ak je splnený celkový postup kroku 2.4.
- **Opätovné hodnotenie rizík** – po prijatí opatrení do podniku podľa nastavených a stanovených opatrení je potrebné opätovne riziká prehodnotiť podľa metódy, ktorá sa stanovila. Ak sa využíva bodová metóda, tak sa v katalógu rizík opäť riziká prehodnotia a priradí sa im stupeň pravdepodobnosti a dôsledku. Výsledok by mal byť podľa výslednice rizík po prijatí opatrení nižší ako pri prvotnom hodnotení rizík.

F3 - Fáza 3., označená ako F3, tvorí časť 2, ktorá sa zaoberá riadením rizík. Táto fáza je významná, pretože pojednáva o monitorovaní rizík v prevádzke, informovaní zamestnancov o zostávajúcich rizikách, poskytovaní školení, komunikácií a konzultáciách, ako aj opakovanom posudzovaní rizík.

Navrhovaná fáza F3 sa skladá z 5 krokov:

- **Identifikácia zostatkových rizík a oboznamovanie zamestnancov so zostatkovými rizikami** - po opätovnom hodnotení rizík je potrebné identifikovať zostatkové riziká, ktoré už nie je možné znižovať opatreniami. Zostatkové riziko bolo riziko, na ktoré bolo navrhnuté opatrenie

a aj po prijatí daného opatrenia, nebolo možné riziko ohrozenia úplne odstrániť. Medzi príklady zostatkových rizík môžu patriť – nežiadúce účinky liekov, označenie na papierovom pohári – caution hot, označenie na podlahe po vytieraní – pozor klzká podlaha, používanie zobrazovacích jednotiek – poškodenie zraku, práca pri kotloch, kde sa využíva uhoľný prach – silikóza pľúc, používanie horľavých a výbušných materiálov – možnosť požiaru alebo výbuchu, práca v stiesnených priestoroch – možnosť zaseknutia sa vo výťahu a ďalšie.

- **Monitorovanie rizík a podávanie správ** - proces kroku 3.2 je primárny a najdôležitejší z pohľadu zisťovania nových rizík, analýzy už zistených rizík a rozpoznávania rizík, ktoré môžu spôsobovať škody na majetku alebo zdraví zamestnancov. Postup kroku v sebe zahŕňa - monitorovanie pracoviska, monitorovanie využívaných materiálov, strojov, zariadení a využívaných postupov dôležité následne podávanie správ o zistených rizikách zamestnávateľovi alebo nadriadenému a ako posledné implementácia zistených rizík do procesu k následnému opätovnému posúdeniu rizík.
- **Komunikácia a konzultácie** - komunikácia a konzultácie na pracovisku sú kľúčové k správne pochopeniu informácií, údajov, procesov a k správne nastaveniu ďalších nových a taktiež zaužívaných krokov v prevádzke. Práve komunikácia veľa krát môže pomôcť k zisteniu a taktiež predchádzaniu negatívne vplyvu rizík na pracovisku a priamo na zamestnanca. Komunikácia by mala prebiehať na pracovisku medzi zamestnancami a taktiež primárne, ak sa jedná o riziká, tak by mala prebiehať vhodná komunikácia aj medzi zamestnancom prevádzky a jeho nadriadeným.
- **Opätovné posudzovanie rizík** - opätovne sa v podniku riziká posudzujú buď podľa termínu, ktorý je potrebné si stanoviť, môže to byť raz za pol rok alebo raz za rok alebo opätovné posudzovanie rizík sa vykonáva vtedy, ak vieme, že vzniklo úplne nové riziko na prevádzke, ktoré môže byť spojené s používaním nového stroja, novej NL, nového pracovného postupu a iné.
- **Školenie zamestnancov** – školenia a preškolenia zamestnancov sú primárne k tomu, aby sa zabezpečila dostatočná informovanosť o prevencii a ochrane, pracovnom prostredí, výkone práce, používaných strojoch a materiáloch, existujúcich rizikách, dodržiavaní predpisov, kultúre rizika. Taktiež aby sa zamedzilo chybe ľudského faktora, či už v rámci individuálnych chýb alebo chýb kolektívnych, nedostatočného porozumenia rizík, nesprávnym reakciám, nedodržiavaní správnych a bezpečných pracovných postupov.

3 Záver

Bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci sa zameriava na komplexný prístup ochrany zamestnancov pred potenciálnym nebezpečenstvom alebo ohrozením. Ochrana sa zameriava na minimalizáciu dlhodobých dopadov pracovného prostredia na zdravie zamestnancov.

Posudzovanie rizík vychádza z primárneho cieľa, ktorý zahŕňa to, aby bola zabezpečená ochrana zdravia a bezpečnosť zamestnancov. Napomôcť v procese znižovania poškodenia zamestnancov vplyvom pracovnej činnosti alebo poškodenia životného prostredia sa dá za pomoci realizácie posudzovania rizík. Tento efektívny postup k znižovaniu možných rizík, prispieva pozitívnym prístupom aj v rámci udržateľnosti konkurencieschopnosti a v zvyšovaní výkonu podnikania.

Model ALrisk predstavuje významný krok v oblasti BOZP, posudzovania rizík a kultúry o BOZP. Daný model je inovatívny nakoľko je navrhnutý na základe najnovších dostupných informácií o posudzovaní rizík, či už na Slovensku alebo v Európskej únii, štatistických prieskumov zo Slovenskej republiky a významných Európskych prieskumov ESENER 1,2,3, na základe ktorých bolo oslovených nespočetné množstvo výrobných podnikov. Model je významný aj na základe znalostí a skúseností z praxe, skúseností od odborníkov v oblasti BOZP v Slovenskej republike a Európskej únii, získaných informácií pomocou dotazníkového prieskumu od respondentov v oblasti BOZP konkrétnych sekcií podľa SK NACE.

Prínosy modelu o jeho aplikovateľnosti v praxi pre akúkoľvek pracovnú pozíciu potvrdili aj manažéri BOZP, špecialisti BOZP, ktorí pôsobia v oblastiach BOZP už dlhé roky a majú obsiahle skúsenosti s posudzovaním a riadením rizík v oblastiach stavebníctva a priemyselnej výroby.

Referencie

- [1] Bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci, 2024. [online] Elektronický portál www.ip.gov.sk [cit. 2024-03-10]. Dostupné z: https://www.ip.gov.sk/bozp/citace_2
- [2] Základy posudzovania rizík, 2019. [online] Elektronický portál www.ip.gov.sk [cit. 2024-03-15]. Dostupné z: https://www.ip.gov.sk/wpcontent/uploads/2019/10/Zaklady_posudzovania_rizik.pdf, <https://osha.europa.eu/sk/publications/risk-assessment-essentials>
- [3] Posudzovanie rizík pri práci, 2024. [online] Elektronický portál www.ioz.sk/ [cit. 2024-03-20]. Dostupné z: <https://ioz.sk/wp-content/uploads/posudzovanie-rizik-pri-praci.pdf>
- [4] Krempaská, 2020. Posudzovanie rizík v pracovnom procese. 2020 [online] Elektronický portál www.bezpecnostvpraxi.sk [cit.2023-10-16]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostvpraxi.sk/clanok-z-titulky/posudzovanie-rizik-v-pracovnom-procese-ttbvp.htm>
- [5] Základy posudzovania rizík, 2022. [online] Elektronický portál www.osha.europa.eu [cit. 2024-03-25]. Dostupné z: https://osha.europa.eu/sites/default/files/Zaklady_posudzovania_rizik.pdf
- [6] Bezpečnosť a ochrana zdravia sa týka nás všetkých, praktické usmernenie pre zamestnávateľov, 2016. [online] Elektronický portál www.ec.europa.eu [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/social/BlobServlet?langId=sk&docId=16893&>
- [7] HOLLÁ. K., 2020. In: Prednášky z predmetu riziká priemyselných procesov. 2020
- [8] HOLLÁ. K., 2022. Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra krízového manažmentu. Oblasť BOZP. Osobná komunikácia [2024-03-28].

State of the art in capacitive multi-touch sensing used in large OLED displays.

Subramaniam Saravana Sankar ^{1*}, Stanislav Kovar ¹

¹ Tomas Bata University in Zlin, Zlin, Czech Republic, saravana_sankar@utb.cz*

Abstract: The advancement in capacitive multi-touch sensing for large Organic Light-Emitting Diode (OLED) displays has been remarkable, contributing significantly to the interactive technology landscape. This paper delves into the state-of-the-art developments in this field, highlighting key innovations and addressing the unique challenges capacitive sensing technologies face in large-scale OLED displays. Initial research focuses on differential charge-transfer readout circuits for multiple output capacitive sensors. Which primarily focused on enhancements in noise reduction and resolution improvement. Adapting these circuits to OLED displays significantly elevates the precision and reliability of touch sensing. Another notable breakthrough is the introduction of a mutual-capacitive multi-touch sensing technique tailored for ultra-thin AMOLED panels. This approach employs LC oscillation frequency shifts to accurately detect touch positions, efficiently countering the effects of parasitic coupling capacitances. It also incorporates a novel ground-floating-based scanning method that enables multi-touch functionality while optimizing power consumption. This method has proven highly effective in maintaining high signal-to-noise ratios, which is crucial for the accurate functioning of touch interfaces in OLED displays. Overall, integrating all these technologies signifies a leap forward in touch interface capabilities. Addressing key issues such as noise interference, power efficiency, and sensitivity, these advancements pave the way for more responsive, accurate, and user-friendly capacitive touch systems in large OLED displays. The continuous progression of these technologies is expected to enhance user interaction with electronic devices further, making touch interfaces more seamless and intuitive.

Keywords: Capacitive Sensing, Multi-Touch Sensing, OLED displays, Touch Analog Front End.

1 Introduction

In the landscape of touchscreen technologies, capacitive touch systems (CTSs) have emerged as the predominant choice in various applications, ranging from smartwatches to interactive whiteboards. This is primarily attributed to their multi-touch capabilities, durability, and high sensitivity. As touch screen sensors increasingly become the primary interface for HMI and user interfaces, the mutual-capacitive touch sensing method stands out for its ability to support unlimited multi-touch functions. This feature is particularly relevant as the form factor of mobile devices is becoming more compact, leading to thinner touchscreen panels (TSPs) [1].

However, this size reduction has its challenges. Thinner TSPs often increase display noise, primarily due to the larger coupling capacitances formed between the display panel and the TSP. This

necessitates that touch-sensing technologies not only be immune to such noise interferences but also enhance touch sensitivity to maintain a high signal-to-noise ratio (SNR) as discussed in the [2], [3].

Touch sensors in CTSs are varied, including add-on, on-cell, and in-cell types, each with distinct features concerning their integration with display panels. While easy to implement, the add-on type needs to be improved in thickness, weight, and manufacturing costs [4]. In contrast, the on-cell type, embedded between the display cover glass and the display device, offers higher transmittance and reduced weight but at lower touch sensitivity and SNR due to its proximity to the display driver Integrated Circuits (ICs) [5]. The in-cell type further advances this integration by embedding the touch sensor within the display device, leading to a sleeker design but similarly facing challenges in SNR.

Analog Front-End (AFE) ICs have been developed with various driving and sensing methods to address these challenges. These include the Scan Driving Method (SDM), Parallel Driving Method (PDM), and Multiple Frequency Driving Method (MFDM), each designed to balance the demands of rapid finger movements and small capacitance variation detection in noisy environments. Sensing methods have also evolved, with differential sensing providing a more straightforward circuit structure and chopper stabilization offering better suitability for large-sized touch sensors, albeit with limitations in external noise removal.

The choice between passive and active stylus in CTSs influences user experience and device performance. Passive stylus, primarily capacitive types, offer cost benefits but limited functionality, while active styluses provide enhanced expression capabilities at the expense of increased thickness, power consumption, and manufacturing costs.

As CTSs evolve, balancing the interplay of device form factor, touch sensitivity, and noise immunity remains crucial in optimizing the user experience with touch interfaces. This intricate balance of technology, user needs, and device constraints shapes the future directions of touchscreen sensor development. Figure 1 shows the generic classifications of CTS sensing and usage methodologies.[6], [7], [8], [9].

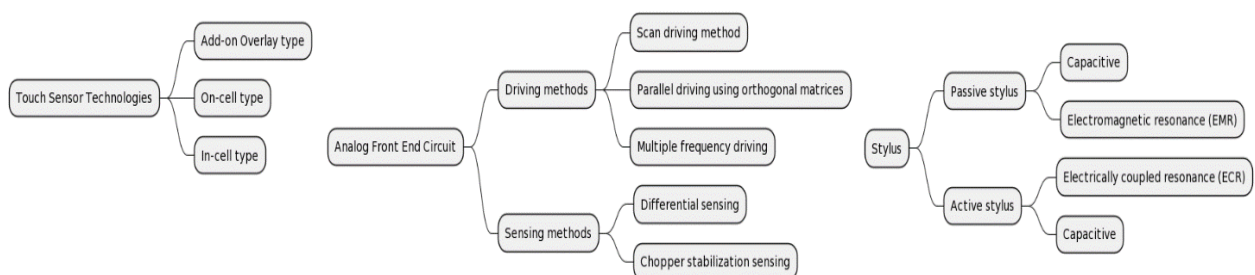


Figure 1 Generic Classifications of Touch-sensing.

2 Touch Sensor Technology

This section delves into the various types of touch sensors integrated into these systems, each offering unique advantages and challenges in application [10]. The focus is on three predominant types: Add-On, On-Cell, and In-Cell.

2.1 Add-On or Overlay Type

The Add-On touch sensor is characterized by its simple implementation, where the touch sensor is placed onto the display panel, separated by an air gap. This type, notable for its ease of integration, comes with trade-offs, including increased thickness, weight, higher manufacturing costs, and lower transmittance [11]. Due to these limitations, it's often employed in medium to large-sized touch applications. An area of innovation within this type is the use of low-impedance materials such as metal mesh or silver nanowires to enhance the sensor's cut-off frequency and Signal-to-Noise Ratio (SNR), addressing visual issues like moirés and haze [12].

2.2 On-cell type

In contrast to the Add-On type, the On-Cell touch sensor situates the touch sensor between the display cover glass and the display device, eliminating the air gap [13]. This configuration results in higher transmittance, lower manufacturing costs, reduced weight, and thinner width compared to Add-On types. However, its proximity to the display driver IC (DDI) makes it more susceptible to display noise, impacting SNR adversely [14]. Initially adopted for small to medium-sized mobile touch applications, its manufacturing process involves an extra layer of fabrication, making it a more complex choice than Add-On types.

2.3 In-Cell Type

The In-Cell type represents a more integrated approach, where the touch sensor is embedded within the display device of the panel. This integration results in less weight, reduced thickness, and lower manufacturing costs. However, like the On-Cell type, its proximity to the DDI and increased distance from the user's finger compromise its SNR. It is mainly used in small to medium-sized mobile touch applications [15]. The manufacturing process for panels involves connecting segmented common electrodes, adding complexity to its design. The OLED variant, although offering certain advantages, faces challenges in electrical characteristics due to cathode patterning processes.

Each of these sensor types plays a crucial role in defining the capabilities and applications of modern capacitive touch systems. While Add-On types excel in more straightforward integration and are suited for larger screens, On-Cell and In-Cell types offer more compact solutions, ideal for smaller, mobile devices despite their SNR limitations and complex manufacturing processes [16]. The continual evolution of these technologies indicates the industry's pursuit of more efficient, cost-effective, and user-friendly touch interfaces.

3 Analog Front End Circuit

The Analog Front End (AFE) IC in capacitive touch systems (CTSs) is pivotal in determining the touch system's performance. It functions as the interface between the physical touch actions and the digital interpretation, necessitating accurate and efficient driving and sensing methodologies [17]. These methodologies are categorized into two main groups: Driving Methods and Sensing Methods, each with distinct mechanisms and implications [18], [19], [20].

3.1 Driving Methods

Driving methods in AFE ICs are techniques used to transmit excitation signals to the touch screen's electrodes, which is crucial for touch detection:

3.1.1 Scan Driving Method (SDM):

In SDM, excitation signals are sent sequentially to TX electrodes. While simple in its IC implementation, it faces challenges such as reduced sensing time per electrode and decreased SNR, significantly as the number of electrodes increases. This method is commonly used but may be less suitable for larger touch sensors.

3.1.2 Parallel Driving using Orthogonal Matrices:

This method simultaneously sends signals to all TX electrodes, using orthogonal matrices to differentiate the signals. It ensures consistent sensing time per electrode, maintaining a higher SNR. However, increasing TX electrodes can lead to a more complex matrix structure, possibly reducing the frame rate.

3.1.3 Multiple Frequency Driving:

Multiple Frequency Driving Method determines frame rate based on the frequency of excitation signals, independent of the number of TX electrodes. This approach results in a higher frame rate and SNR regardless of sensor size. The complexity and potential power consumption are the trade-offs for this increased performance.

3.2 Sensing Methods

Sensing methods in AFE ICs are used to detect the changes in capacitance caused by touch:

3.2.1 Differential Sensing:

This method uses complementary signals on adjacent TX electrodes to measure the difference in charge signals at RX electrodes. It is simple and effective but may not efficiently filter out external noise, significantly when noise amplitudes vary across electrodes [21], [22], [23].

3.2.2 Chopper Stabilization Sensing

It involves sensing signals at specific frequencies to filter out external noise, making it particularly suitable for large-sized sensors. This method excels in noise immunity but can struggle in scenarios where touch signal frequencies align closely with those of external noises [24].

4 Conclusion

In the intricate domain of capacitive touch systems (CTSs), the role of the Analog Front-End (AFE) IC, driving methods, and sensing technologies is paramount, shaping these systems' efficiency, accuracy, and scope. Capacitive touch sensors, categorized as Add-On, On-Cell, and In-Cell types, present distinct advantages and trade-offs regarding integration, weight, manufacturing costs, and sensitivity. The Add-On type offers simplicity and ease of implementation but at the expense of increased thickness and weight. Conversely, the On-Cell and In-Cell types provide sleeker designs with lower costs but face challenges in signal-to-noise ratio (SNR) due to their proximity to display components. Innovations in

AFE ICs have led to the development of sophisticated driving and sensing methods. Driving methods, including the Scan Driving Method (SDM), Parallel Driving using Orthogonal Matrices, and Multiple Frequency Driving, are instrumental in delivering excitation signals to touch screen electrodes. While SDM is notable for its simplicity, it struggles with SNR issues as the number of electrodes increases. Parallel Driving, though complex, maintains consistent sensing times and higher SNR, even as electrode numbers grow. Multiple Frequency Driving stands out for its ability to maintain high frame rates and SNR, regardless of sensor size. On the sensing front, Differential Sensing and Chopper Stabilization Sensing have emerged as critical methods. Differential Sensing, though less complex, may not effectively filter external noise in varied amplitudes. Chopper Stabilization, ideal for large sensors, offers superior noise immunity but can falter when touch signal frequencies are close to those of external noises. The interplay of these technologies underscores the dynamic evolution of CTSs, balancing user experience, device constraints, and technological advancements. The ongoing development in AFE ICs, driving methods, and sensing technologies continue to enhance the performance and versatility of touch interfaces, playing a crucial role in an era increasingly dominated by touch-enabled devices [25]. This complex integration of hardware and software components, constantly refined and adapted, represents the cutting edge in human-computer interaction, paving the way for more responsive, accurate, and intuitive user experiences across a diverse range of applications in the digital world.

5 Acknowledgements

This project has received funding from the European Union's Horizon Europe research and innovation program under the Marie Skłodowska-Curie grant agreement No. 101072881 and UKRI.

References

- [1] H. S. Kim and K. Y. Han, "High-SNR Capacitive Multi-Touch Sensing Technique for AMOLED Display Panels," *IEEE Sens J*, vol. 16, no. 4, pp. 859–860, Feb. 2016, doi: 10.1109/JSEN.2015.2496198.
- [2] O. K. Kwon, J. S. An, and S. K. Hong, "Capacitive Touch Systems with Styli for Touch Sensors: A Review," *IEEE Sens J*, vol. 18, no. 12, pp. 4832–4846, Jun. 2018, doi: 10.1109/JSEN.2018.2830660.
- [3] H. S. Kim and K. Y. Han, "High-SNR Capacitive Multi-Touch Sensing Technique for AMOLED Display Panels," *IEEE Sens J*, vol. 16, no. 4, pp. 859–860, Feb. 2016, doi: 10.1109/JSEN.2015.2496198.
- [4] H. Rödjegard and A. Löf, "A differential charge-transfer readout circuit for multiple output capacitive sensors," *Sens Actuators A Phys*, vol. 119, no. 2, pp. 309–315, Apr. 2005, doi: 10.1016/j.sna.2004.10.003.
- [5] Y. Li, S. Wang, H. Sheng, C. P. Chng, and S. Lakshminathan, "Investigating CM Voltage and Its Measurement for AC/DC Power Adapters to Meet Touchscreen Immunity Requirement," *IEEE Trans Electromagn Compat*, vol. 60, no. 4, pp. 1102–1110, Aug. 2018, doi: 10.1109/TEM.2018.2794318.

- [6] O. K. Kwon, J. S. An, and S. K. Hong, "Capacitive Touch Systems with Styli for Touch Sensors: A Review," *IEEE Sens J*, vol. 18, no. 12, pp. 4832–4846, Jun. 2018, doi: 10.1109/JSEN.2018.2830660.
- [7] Y. Huh *et al.*, "A 10.1" 56-channel, 183 uW/electrode, 0.73 mm²/sensor high SNR 3D hover sensor based on enhanced signal refining and fine error calibrating techniques," in *2017 Symposium on VLSI Circuits*, IEEE, Jun. 2017, pp. C308–C309. doi: 10.23919/VLSIC.2017.8008519.
- [8] B. Li, T. Wei, X. Wei, J. Wang, W. Liu, and R. Zheng, "A Touch Prediction and Window Sensing Strategy for Low-Power and Low-Cost Capacitive Multitouch Screen Systems," *Journal of Display Technology*, vol. 12, no. 6, pp. 646–657, Jun. 2016, doi: 10.1109/JDT.2016.2517094.
- [9] H. Rödjegard and A. Löf, "A differential charge-transfer readout circuit for multiple output capacitive sensors," *Sens Actuators A Phys*, vol. 119, no. 2, pp. 309–315, Apr. 2005, doi: 10.1016/j.sna.2004.10.003.
- [10] C. Luo, M. A. Borkar, A. J. Redfern, and J. H. McClellan, "Compressive Sensing for Sparse Touch Detection on Capacitive Touch Screens," *IEEE J Emerg Sel Top Circuits Syst*, vol. 2, no. 3, pp. 639–648, Sep. 2012, doi: 10.1109/JETCAS.2012.2217033.
- [11] K. Qian, R. Kakarala, and H. Akhtar, "A review of sensing technologies for small and large-scale touch panels," in *Fifth International Conference on Optical and Photonics Engineering*, A. K. Asundi, Ed., SPIE, Jun. 2017, p. 47. doi: 10.1117/12.2270631.
- [12] B. Liu, Z. Hoseini, K.-S. Lee, and Y.-M. Lee, "On-Chip Touch Sensor Readout Circuit Using Passive Sigma-Delta Modulator Capacitance-to-Digital Converter," *IEEE Sens J*, vol. 15, no. 7, pp. 3893–3902, Jul. 2015, doi: 10.1109/JSEN.2015.2403132.
- [13] H. Lim, Y. Jun, S. Han, S. Ha, Y. Jung, and S. Lee, "Implementation of a Touch Screen Panel With Triangle Twist Sensor Pattern and Controller IC," *Journal of Display Technology*, vol. 12, no. 10, pp. 1218–1223, Oct. 2016, doi: 10.1109/JDT.2016.2570861.
- [14] H.-S. Kim and K.-Y. Han, "High-SNR Capacitive Multi-Touch Sensing Technique for AMOLED Display Panels," *IEEE Sens J*, vol. 16, no. 4, pp. 859–860, Feb. 2016, doi: 10.1109/JSEN.2015.2496198.
- [15] B. Li, T. Wei, X. Wei, J. Wang, W. Liu, and R. Zheng, "A Touch Prediction and Window Sensing Strategy for Low-Power and Low-Cost Capacitive Multitouch Screen Systems," *Journal of Display Technology*, vol. 12, no. 6, pp. 646–657, Jun. 2016, doi: 10.1109/JDT.2016.2517094.
- [16] J.-H. Jun, B.-J. Kim, S.-K. Shin, K. Jang, J.-S. Baek, and C. Kim, "In-Cell Self-Capacitive-Type Mobile Touch System and Embedded Readout Circuit in Display Driver IC," *Journal of Display Technology*, vol. 12, no. 12, pp. 1613–1622, Dec. 2016, doi: 10.1109/JDT.2016.2624300.
- [17] J.-S. An, S.-K. Hong, and O.-K. Kwon, "A highly linear and accurate touch data extraction algorithm based on polar coordinates for large-sized capacitive touch screen panels," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 62, no. 4, pp. 341–348, Nov. 2016, doi: 10.1109/TCE.2016.7838085.

- [18] K. Lim, K.-S. Jung, C.-S. Jang, J.-S. Baek, and I.-B. Kang, "A Fast and Energy Efficient Single-Chip Touch Controller for Tablet Touch Applications," *Journal of Display Technology*, vol. 9, no. 7, pp. 520–526, Jul. 2013, doi: 10.1109/JDT.2013.2243900.
- [19] J.-S. An *et al.*, "9.6 A 3.9kHz-frame-rate capacitive touch system with pressure/tilt angle expressions of active stylus using multiple-frequency driving method for 65" 104×64 touch screen panel," in *2017 IEEE International Solid-State Circuits Conference (ISSCC)*, IEEE, Feb. 2017, pp. 168–169. doi: 10.1109/ISSCC.2017.7870314.
- [20] J.-S. An *et al.*, "A 3.9-kHz Frame Rate and 61.0-dB SNR Analog Front-End IC With 6-bit Pressure and Tilt Angle Expressions of Active Stylus Using Multiple-Frequency Driving Method for Capacitive Touch Screen Panels," *IEEE J Solid-State Circuits*, vol. 53, no. 1, pp. 187–203, Jan. 2018, doi: 10.1109/JSSC.2017.2759191.
- [21] I. Yang and O. Kwon, "A touch controller using differential sensing method for on-cell capacitive touch screen panel systems," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 57, no. 3, pp. 1027–1032, Aug. 2011, doi: 10.1109/TCE.2011.6018851.
- [22] T. G. Song, D. K. Kim, J. H. Cho, J. H. Lee, and H. S. Kim, "A 50.7-dB-DR Finger-Resistance Extracting Multi-Touch Sensor IC for Soft Classification of Fingers Contacted on 6.7-in Capacitive Touch Screen Panel," *IEEE J Solid-State Circuits*, vol. 56, no. 11, pp. 3470–3485, Nov. 2021, doi: 10.1109/JSSC.2021.3098732.
- [23] S. Seong, S. Lee, S. Bae, and M. Lee, "Self Capacitance Mismatch Calibration Technique for Fully-Differential Touch Screen Panel Self Capacitance Sensing System," *Sensors 2023, Vol. 23, Page 3779*, vol. 23, no. 7, p. 3779, Apr. 2023, doi: 10.3390/S23073779.
- [24] T. Denison, K. Consoer, W. Santa, A.-T. Avestruz, J. Cooley, and A. Kelly, "A 2 μW 100 nV/rHz Chopper-Stabilized Instrumentation Amplifier for Chronic Measurement of Neural Field Potentials," *IEEE J Solid-State Circuits*, vol. 42, no. 12, pp. 2934–2945, Dec. 2007, doi: 10.1109/JSSC.2007.908664.
- [25] J.-S. An, J.-H. Ra, E. Kang, M. A. P. Pertijs, and S.-H. Han, "A Readout IC for Capacitive Touch Screen Panels With 33.9 dB Charge-Overflow Reduction Using Amplitude-Modulated Multi-Frequency Excitation," *IEEE J Solid-State Circuits*, vol. 56, no. 11, pp. 3486–3498, Nov. 2021, doi: 10.1109/JSSC.2021.3100470.

Prístup Českej republiky a vybraných zahraničných štátov k riešeniu problematiky negatívnej interakcie zariadenia na odvod dymu a tepla a sprinklerového stabilného hasiaceho zariadenia

Alexandra Kardošová¹, Jiří Pokorný²

¹ VŠB – Technická univerzita Ostrava, Lumírova 13, 700 30 Ostrava, Česká republika, alexandra.kardosova@vsb.cz

² VŠB – Technická univerzita Ostrava, Lumírova 13, 700 30 Ostrava, Česká republika, jiri.pokorny@vsb.cz

Abstrakt:

Požiare budov spôsobujú škody nielen na majetku, ale ohrozujú najmä zdravie a životy ľudí. Jednou z možností ako požiarom v budovách predchádzať je inštalácia požiarne bezpečnostných zariadení, resp. zariadenia na odvod dymu a tepla a sprinklerového stabilného hasiaceho zariadenia. Pri ich súčasnej aktivácii v prípade požiaru môže dôjsť k efektívnemu zamedzeniu šírenia požiaru alebo jeho úplnej eliminácii. To je však podmienené správnym návrhom v rámci ich projektovania, ktoré vychádza z návrhových požiarnych scenárov a návrhových požiarov. Tvorbou návrhových požiarov sa zaoberajú krajiny celého sveta. Ich prístup k riešeniu danej problematiky je podobný, ale je tam určitá odlišnosť a nejednotnosť. Táto nejednotnosť poukazuje na potrebu zmien v národných a medzinárodných normách, ktoré by objasnili postup pri navrhovaní súčinnosti zariadenia na odvod dymu a tepla a sprinklerového stabilného hasiaceho zariadenia.

Kľúčové slová: zariadenie na odvod dymu a tepla, sprinklerové stabilné hasiace zariadenie, návrhový požiar, súčinnosť zariadení

1 Úvod

Na zaistenie požiarnej bezpečnosti stavieb, najmä tých, kde je vyššia koncentrácia osôb, tzn. nákupné centrá, veľkokapacitné garáže a i., dochádza k inštalácii viacerých požiarne bezpečnostných zariadení súčasne. Zvyčajne je to zariadenie pre odvod dymu a tepla (ďalej len ZOKT) a sprinklerové stabilné hasiace zariadenie (ďalej len SHZ). Ich úlohou je včas a efektívne uhasiť vzniknutý požiar, alebo minimálne ho obmedziť a vytvoriť vhodné podmienky pre účinný hasiaci zásah jednotiek požiarnej ochrany. [1] Aj keď je ich súčinnosť väčšinou bezkonfliktná, môže dôjsť k vzájomnému negatívnemu ovplyvňovaniu, a to napr. činnosť ZOKT môže spôsobiť aktiváciu vyššieho počtu sprinklerových hlavíc ako je potrebné, čím sa zvyšuje nárok na celkový prítok vody a znižuje sa hasiaca účinnosť. Ďalším problémom pri ZOKT môže byť vysoká rýchlosť prúdenia, čo môže spôsobiť vychýlenie prúdu vody z hlavíc sprinklerového zariadenia mimo ohniska požiaru a i. [2], [3]

Napriek zmienenej negatívnej interakcii, dokáže zariadenie na odvod dymu a tepla v súčinnosti so SHZ, veľmi rýchlo a efektívne zamedziť šíreniu požiaru alebo ho úplne eliminovať. Na dosiahnutie tohto cieľa je nutné, aby boli zariadenia správne navrhnuté, a to na základe návrhových požiarnych scenárov a návrhových požiaroch. Problematika návrhových požiarov pre ZOKT je aktuálne riešená právnymi

predpismi, technickými normami a odbornou literatúrou nielen v Českej republike, ale aj v zahraničných štátoch. Ale v prípade súčinnosti so stabilným sprinklerovým hasiacim zariadením je riešená už v menšej miere. Aj keď aktuálne existujú postupy ako vytvoriť návrhový požiar pre ZOKT v súčinnosti so SHZ, postupy nie sú celosvetovo jednotné a vyplývajú z nich viaceré nejasnosti. [2]

Cieľom článku bolo zistiť ako problematiku návrhových požiarov pre ZOKT v súčinnosti so SHZ rieši Česká republika a vybrané zahraničné krajiny a následne získané poznatky porovnať. Výber zahraničných krajín záležal najmä na ich vplyve na dianie v oblasti tvorby opatrení požiarnej bezpečnosti.

2 Postoj vybraných štátov k problematike tvorby návrhových požiarov

Postoj vybraných štátov k problematike tvorby návrhových požiarov pre ZOKT v súčinnosti s SHZ uvádza Tabuľka 1. Z tabuľky vyplýva, že štáty sa zaoberajú primárne tvorbou návrhových požiarov pre samotné ZOKT, ale už v menšej miere návrhovými požiarimi pre ZOKT v súčinnosti s SHZ. Postupy tvorby návrhových požiarov sú väčšinou riešené národnými technickými normami jednotlivých krajín.

Tabuľka 1. Postoj vybraných štátov k problematike tvorby návrhových požiarov pre ZOKT

Štát/oblasť	Metodika	Riešená tvorba návrhových požiarov pre ZOKT	Riešená tvorba návrhových požiarov pre ZOKT so SSHZ
Európa	ČSN P CEN/TR 12101-5	áno	áno
SR	ATN® 001	áno	áno
Nemecko	DIN 18 232-2	áno	nie
Nemecko	DIN 18232-5	nie	nie
ČR	ČSN 73 0802	áno	nie
USA	NFPA 204	áno	nie
USA	NFPA 92	áno	nie
VB	BS 7346-4	áno	áno
VB	BS 7346-5	nie	nie

Nemecko, Česká republika a USA pri tvorbe návrhových požiaroch pre ZOKT nezohľadňujú súčinnosť s SHZ. Uvedené krajiny riešia súčinnosť týchto zariadení v rámci samostatných kapitol technických noriem, prípadne právnych predpisov, ale nie vo vzťahu k tvorbe návrhových požiarov. Vo všetkých prípadoch ide o odporúčania pre projektovanie ZOKT a SHZ, napr. spôsob aktivácie zariadení. Potrebu riešiť spôsob aktivácie ZOKT (samočinné, manuálne) zdôrazňujú najmä nemecká smernica Vds 2815 a česká technická norma ČSN 730810, ktoré sú si vo vzťahu k súčinnosti zariadení obsahom veľmi podobné. Obidve ďalej riešia kombinačné možnosti ZOKT s SHZ, či spôsob ich inštalácie do objektu tak, aby boli zachované tzv. ochranné ciele. [5], [6], [7]

Ani americká norma NFPA 204 nerozoberá súčinnosť ZOKT s SHZ vo vzťahu k návrhovým požiarom. Rovnako ako česká a nemecká metodika zameriava pozornosť na odporúčania k správne projektovaniu týchto zariadení, aby nedochádzalo k ich vzájomnej negatívnej interakcii. [8] Vychádza pritom z výsledkov reálnych experimentov, zameraných na interakciu ZOKT a SHZ [9].

Z vyššie uvedeného vyplýva, že návrhové požiare pre ZOKT v súčinnosti s SHZ rieši európska, britská a slovenská metodika, ktorých prístup porovnáva nasledujúca časť.

3 Porovnanie jednotlivých postupov pre tvorbu návrhových požiarov

Európska metodika sa stala východiskom pri tvorbe návrhových požiarov pre viaceré krajiny sveta. Hodnoty parametrov návrhového požiaru, tzn. hodnota rýchlosti uvoľňovaného tepla a hodnota obvodu a plochy požiaru pre vybrané typy objektov, sú dané tabuľkou (viď Tabuľka 2). Obsahuje však viaceré nezrovnalosti, v dôsledku ktorých môžu mať návrhové požiare nesprávne stanovené hodnoty. Jedným z problémov je obmedzené množstvo typov objektu. Okrem maloobchodných plôch, kancelárií, hotelových miestností a parkovísk neuvádza norma žiadne ďalšie priestory. Pre iné typy objektov sa odporúča vychádzať z predpokladu o najpravdepodobnejšej veľkosti požiaru, ktorý by vznikol do zahájenia zásahu jednotiek požiarnej ochrany, alebo z predpokladu o najpravdepodobnejšej veľkosti požiaru, kde je uvažovaný účinok sprinklerových zariadení. Nesprávne predpoklady môžu ale viesť k nesprávne stanoveným hodnotám návrhových parametrov. Ďalej sa pre tabuľkou neuvedené priestory odporúča počítať s reálnou plochou priestoru a úmerne k tomu zmenšiť hodnotu rýchlosti uvoľňovaného tepla q_f . Z toho vyplýva potreba vychádzať z približných, nie presných hodnôt uvoľňovaného tepla. A v neposlednom rade je problémom, že norma nerieši ani dobu trvania návrhových požiarov. [4]

Tabuľka 2. Štandardné hodnoty návrhových požiarov podľa európskej metodiky

Typ objektu	Plocha požiaru (A_f) m ²	Obvod požiaru (P) m	Rýchlosť uvoľňovaného tepla na m ² (q_f) kW/m ²
Maloobchodné plochy			
Sprinklery so štandardnou odozvou	10	12	625
Sprinklery s rýchlou odozvou	5	9	625
Bez sprinklerov	Celá miestnosť	Šírka otvoru	1200
Kanceláre			
Sprinklery so štandardnou odozvou	16	14	225
Bez sprinklerov: kontrolovaná palivová základňa	47	24	255
Bez sprinklerov: požiar nad kontrolovanou palivovou základňou	Celá miestnosť	Šírka otvoru	255

Hotelové miestnosti Sprinklery se štandardnou odzvou	2	6	250
Bez sprinklerov	Celá miestnosť	Šírka otvoru	100
Parkovisko (horiace auto)	10	12	400

POZNÁMKA: Na účely návrhu, plocha zasiahnutá požiarom pre návrh ZOKT systému by sa nemala zamieňať so zásahovou plochou pre návrh sprinklerov, ktorá je špecifikovaná v BS 5306-2.

Tam, kde je miestnosť plne zasiahnutá požiarom, niektoré produkované teplo môže vzniknúť v plameňoch na vonkajšej strane otvorov. Zriedka sa stáva, aby teplota plynov ktoré prechádza cez otvor presiahla 1000°C.

Z európskej metodiky vychádza pri tvorbe návrhových požiarov pre ZOKT v súčinnosti s SHZ slovenský dokument ATN® 001. V podstate preberá celú tabuľku európskej metodiky udávajúcu hodnoty návrhových parametrov. To znamená, že z návrhovej tabuľky Slovenskej republiky budú vyplývať rovnaké nejasnosti ako v prípade tej európskej. Rozdiel oproti európskej metodike je ten, že slovenský dokument udáva pre získanie presnejších výsledkov návrhových parametrov výpočtové vzorce. Ide o výpočet výkonu požiaru q_f pre tzv. sprinklerovaný požiar podľa vzorca (1). [10] Uvedený výpočet je ale identický s výpočtom pre tepelný tok s využitím t-kvadratického požiaru (2), ktorý nezohľadňuje súčinnosť s iným požiarne-bezpečnostným zariadením [11]. A hoci sú súčinitele vo vzorcoch (1) a (2) odlišne značené, predstavujú rovnaké číselné hodnoty.

$$q_f = \gamma \cdot t^2 \quad (1)$$

Kde: γ súčiniteľ rozvoja sprinklerovaného požiaru
 t doba trvania návrhového požiaru [s]

$$Q = \alpha \cdot t^2 \quad (2)$$

Kde: α koeficient rozvoja požiaru

Ďalšou metodikou, ktorá sa pri tvorbe návrhových požiarov pre ZOKT v súčinnosti s SHZ odvoláva na európsku metodiku je britský štandard BS 7346-4, z čoho vyplýva rovnaká možnosť chybné stanovených hodnôt návrhového požiaru.

V rámci porovnávania jednotlivých metodík bola pozornosť venovaná aj návrhovým metódam ako návrhový požiar vytvoriť, ktoré možno rozdeliť na tabuľkové, výpočtové a kombinované. Vo vzťahu k návrhovému požiarom pre ZOKT v súčinnosti s SHZ je najrozšírenejším systémom tabuľkový (viď Tabuľka 3). Dôvod je ten, že krajiny, ktoré danú problematiku riešia, vychádzajú z tabuľky európskej metodiky (viď Tabuľka 2), ktorá uvádza hodnoty parametrov návrhového požiaru, tzn. hodnotu rýchlosti uvoľňovaného tepla a hodnotu obvodu a plochy požiaru pre vybrané typy objektov [4]. V prípade Slovenskej republiky je tabuľkový postup doplnený o výpočty [10], ako bolo už zmienené v predchádzajúcej časti, preto je návrhový postup kombinovaný.

Tabuľka 2. Návrhové metódy

Pôvod	Metódy	Návrhový postup
medzinárodný	ČSN P CEN/TR 12101-5	tabuľkový
SR	ATN® 001	kombinovaný
VB	BS 7346-4	tabuľkový

4 Záver

Tento príspevok sa zaoberá tvorbou návrhových požiarov pre zariadenie na odvod dymu a tepla pri súčinnosti s SHZ v Českej republike a vo vybraných zahraničných krajinách. V prvej časti článku sú stručne predstavené prístupy jednotlivých krajín, kde bolo overené, či sa vôbec riešenou problematikou zaoberajú. Následne, po získaní potrebných informácií zo zdrojov, tj. právne predpisy, technické normy a odborné publikácie, boli jednotlivé prístupy vzájomne porovnávané. Zo získaných poznatkov vyplýva, že obecné je problematika súčinnosti ZOKT a SHZ celosvetovo riešená, ale už menej vo vzťahu k návrhovým požiarom. Získané poznatky zo zahraničia ukazujú, že väčšina krajín má stanovený postup tvorby návrhového požiaru pre samotné ZOKT a odporúčania k súčinnosti s SHZ riešia samostatne. Krajiny, ktoré tvoria návrhové požiare pre ZOKT v súčinnosti s SHZ sa väčšinou odvolávajú na európsku metodiku, preto je ich postup veľmi podobný. Z európskej metodiky však vyplývajú viaceré nejasnosti, ktoré môžu viesť k chybnému stanoveniu parametrov návrhových požiarov. Ako bolo zmienené v predchádzajúcej kapitole, jedným z problémov je napr. obmedzené množstvo typov objektov. Pre typy objektov neuvedených v metodike sa odporúča predpokladať veľkosť požiaru, ktorý by mohol vzniknúť do zahájenia zásahu jednotiek požiarnej ochrany. Alebo sa odporúča vychádzať z predpokladu o najpravdepodobnejšej veľkosti požiaru, kde je uvažovaný účinok sprinklerových zariadení. Keďže pri tvorbe návrhových požiarov vychádzajú z európskej metodiky aj iné zahraničné krajiny, môže sa problém s nesprávne určenými hodnotami návrhových požiarov vyskytnúť aj u nich.

Záverom je možné tvrdiť, že v súčasnosti existujú postupy pre tvorbu návrhových požiarov pre ZOKT v súčinnosti s SHZ, ale obsahujú určité nezrovnalosti a celosvetovo nie sú jednotné. Toto zistenie by mohlo byť inšpiráciou na vytvorenie jednotného postupu pre tvorbu návrhových požiarov pre ZOKT v súčinnosti s SHZ využiteľného nielen v rámci Českej republiky, ale aj v zahraničí.

Pod'akovanie

Táto práca bola podporená Vysokou školou báňskou – Technickou univerzitou Ostrava v rámci projektu SP2024/039.

Referencie

- [1] KODUR, V., KUMAR, P., RAFI M. M. Fire hazard in buildings: review, assessment and strategies for improving fire safety, 2020, 23 s, ISSN 2399-1747. Dostupné z: <https://doi.org/10.1108/PRR-12-2018-0033>.
- [2] POKORNÝ, J. Zásady součinnosti požárního větrání s ostatními požárně bezpečnostními zařízeními, Vytápění, větrání, instalace, Společnost pro techniku prostředí, 2018, 27(4), s. 220-223, ISSN 1210-1389.
- [3] FRANK, K., GRAVESTOCK, N., SPEARPOINT, M., FLEISCHMANN, CH. A review of sprinkler system effectiveness studies. Dostupné z: <https://firesciencereviews.springeropen.com/articles/10.1186/2193-0414-2-6>.
- [4] CEN/TR 12101-5 Zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla – Část 5: Směrnice k funkčním doporučením a výpočetním metodám pro větrací systémy odvodu kouře a tepla. Brusel: Evropský výbor pro standardizaci, 2005.
- [5] ČSN 73 0810 Požární bezpečnost staveb - Společná ustanovení. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016.
- [6] VdS 2815 Súčinnosť vodných hasiacich zariadení a zariadení na odvod dymu a tepla [online], [cit. 2024-02-02]. Dostupné z: http://www.fvlr.de/downloads/VdS-Merkblatt_2815.pdf.
- [7] ZEHFUSS, J. *Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutzes* [online]. Braunschweig: Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e. V. (vfdb), Technisch-Wissenschaftlicher Beirat (TWB), 2020. 494 s. Technischer Bericht TB 04/01., 4. überarbeitete und ergänzte Auflage. Dostupné z: https://www.vfdb.de/fileadmin/download/vfdb-Leitfaden_IngMethoden_4Auflage_2020-03-26.pdf.
- [8] NFPA 204. *Standard for Smoke and Heat Venting*, National Fire Protection Association, 2021.
- [9] MCGRATAN, K. B., HAMINS, A. P., STROUP, D. W. *Sprinkler, smoke & heat vent, draft curtain interaction - Large scale experiments and model development. International fire sprinkler, smoke & heat vent, draft curtain, fire test project*. Quincy, Massachusetts, USA : National fire protection research foundation, 1998.
- [10] ATN[®] 001. Protipožiarna bezpečnosť stavieb. Zariadenie na odvod tepla a splodín horenia. Zásady navrhovania. Asociácia pasívnej požiarnej ochrany Slovenskej republiky, 2020.
- [11] POKORNÝ, J., PAVLÍK, T. Hodnocení rozvoje požáru při posuzování požární bezpečnosti staveb v České republice. Ostrava: Edice SPBI Spektrum, 2018. ISBN 978-80-7385-208-5.

Název příspěvku:

Možnosti forenznej analýzy Blockchainovej siete pre verejný sektor

Autor: Ing. Milan Feltovic¹

¹ Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Žilinská univerzita v Žiline, 1. mája 32, 010 26 Žilina, milan@feltovic.com

Abstrakt: Forezná analýza blockchainovej [1] siete vo verejnom sektore sa stretáva s prekážkami ako sú nejasnosti a nedostatočnosť v právnych rámcoch, ktoré by zohľadňovali jeho decentralizovanú povahu. Rôznorodosť blockchainových platforiem vyvoláva potrebu štandardizácie a interoperability pre zjednodušenie forenznej analýzy. Vysoká technická náročnosť a zabezpečenie ochrany súkromia si vyžadujú špecializované znalosti a dostupnosť vhodných forezných nástrojov. Rýchly technologický vývoj blockchainu si vyžaduje neustále vzdelávanie forezných analytikov a investície do nových forezných nástrojov. Prekonanie týchto prekážok sú výzvou všetkých zúčastnených strán ako prevádzkovateľov sietí vo verejnom sektore, vyšetrovacích orgánov a forezných analytikov / znalcov.

Kľúčové slova: Blockchain, decentralizovaná sieť, centralizovaná sieť, forezná analýza.

1 Úvod

Forezná analýza počítačov a mobilných zariadení a forezná analýza blockchainu predstavujú dve odlišné oblasti s rozdielnymi metodikami a cieľmi, ktoré sú však obidve kľúčové pri odhaľovaní a vyšetrovaní digitálnych trestných činov.

Forezná analýza počítačov a mobilných zariadení sa sústreďuje na získavanie, analýzu a vyhodnocovanie údajov uložených na fyzických zariadeniach. Tento proces vyžaduje bezprostredný fyzický prístup k zariadeniam, ako sú interné pamäte, pevné disky a pamäťové karty. Medzi typické forezné činnosti patria obnova zmazaných súborov, preskúmanie histórie prehliadania, aplikácií, komunikácie a ďalších digitálnych stôp, ktoré sú relevantné pre vyšetrovanie.

Na druhej strane, forezná analýza blockchainových sietí sa venuje preverovaniu a analýze transakcií evidovaných v distribuovanej databáze, známej ako blockchain. Zahrňuje identifikáciu účastníkov transakcií, analýzu inteligentných zmlúv a sledovanie toku digitálnych aktív cez rôzne adresy. Na rozdiel od tradičnej digitálnej forenznej analýzy nevyžaduje blockchainová analýza fyzický prístup k zariadeniam. Kľúčová je odborná znalosť fungovania blockchainovej technológie a schopnosť interpretácie komplexných dátových štruktúr a transakčných modelov.

2 Forenzná analýza blockchainovej siete v sektore verejnej správy

Forenzná analýza blockchainových sietí v sektore verejnej správy je zameraná na zabezpečenie integrity a transparentnosti digitálnych transakcií. Tento proces zahŕňa podrobné preskúmanie údajov zaznamenaných v blockchaine s cieľom identifikovať podozrivé aktivity, rekonštruovať udalosti, odhaliť dôkazy o nelegálnych činnostiach a overiť pravosť transakcií. Vďaka nemennosti a transparentnosti blockchainu predstavuje forenzná analýza kľúčový nástroj pre vyšetrovacie orgány a inštitúcie verejnej správy v úsilí udržať verejné záznamy bezchybné.

Forenzná analýza nájde uplatnenie v rôznych oblastiach verejného sektora, ako je napríklad kataster nehnuteľností. Skúmaním histórie transakcií a časových pečiatok môžu forenzní experti overiť zmeny vo vlastníctve nehnuteľností a odhaliť prípadné podvody. Okrem toho analýza pomáha riešiť spory poskytnutím jednoznačných dôkazov, ktoré sú imúnne voči falšovaniu a môžu slúžiť ako presvedčivé argumenty počas súdnych konaní.

S narastajúcim využívaním blockchainu vo verejnom sektore sa zvyšuje aj význam pokročilých forenzných analytických techník. Táto dynamicky sa vyvíjajúca oblasť vyžaduje od forenzných analytikov pružné prispôsobovanie sa novinkám a neustále vzdelávanie, aby zostali vždy o krok vpred pred novými technológiami a zložitými stratégiami, ktoré sa používajú pri páchaní podvodov. Nasledujúci text preto bude formulovať prekážky vo forenznej analýze blockchainových sietí v rámci verejnej správy

2.1 Rôznorodosť blockchainových platforiem

Aplikácie a služby verejného sektora si zvyčajne vyžadujú viac kontrolované prostredie v porovnaní s verejnými blockchainmi bez povolenia, ako je Ethereum [2].

Blockchainové siete pre verejný sektor sú zvyčajne kategorizované na základe ich prístupových povolení a zamýšľaných prípadov použitia. Cieľom týchto sietí je zvýšiť transparentnosť, efektívnosť a bezpečnosť v rámci rôznych funkcií vo verejnom sektore.

Z tohto dôvodu sa primárne využívajú nasledovné typy blockchainových sietí, ktoré sú pre použitie vo verejnom sektore vhodnejšie:

- Konzorčné blockchajny: Tieto siete sú povolené a zahŕňajú predom vybrané organizácie, ako sú určité orgány verejnej správy, ktoré fungujú ako uzly. Tento prístup umožňuje regulovať, kto má prístup k dátam a môže k nim prispievať, čo ich robí ideálnymi pre spolupracujúce projekty v rámci dôveryhodnej skupiny. Medzi významné platformy patrí Hyperledger Fabric [3] a R3 Corda [4], ktoré sú známe svojou schopnosťou podporovať konzorčné blockchajny.
- Súkromné blockchajny: Tieto siete sú plne uzavreté a prevádzkuje ich jednotlivý subjekt, napríklad špecifický úrad verejnej správy, ako je katastrálny úrad. Poskytujú vysokú úroveň kontroly a súkromia, avšak na rozdiel od verejných blockchainov, súkromné blockchajny sú povolené a v istej miere centralizované, keďže sú spravované jednou organizáciou. Sú navrhnuté na použitie v citlivých alebo interných operáciách verejnej správy, kde sú ochrana údajov a kontrola nad prístupom kľúčové. Platforma ako Hyperledger Fabric [3] napríklad uľahčuje vývoj aplikácií pre verejný sektor, vrátane bezpečnej správy dát.

2.2 Vysoká technická náročnosť a rýchly technologický vývoj blockchainu

Prvým aspektom, ktorý je potrebné zdôrazniť, je technická zložitosť. Vysoký stupeň technickej náročnosti blockchainovej technológie predstavuje výzvu pre forenzných analytikov, najmä pri dekódovaní transakcií a určovaní zúčastnených strán.

Ďalej, škálovateľnosť dostupných forenzných analytických nástrojov je významnou výzvou. Obrovské objemy dát, ktoré generujú verejné aj súkromné blockchainy, predstavujú problém pre súčasné forenzné nástroje vzhľadom na ich obmedzenia v efektívnej analýze a identifikácii dát.

Zraniteľnosť inteligentných zmlúv je tiež dobre známa. Aj keď nemennosť inteligentných zmlúv je ich prednosťou, môže sa to obrátiť proti nim, ak obsahujú chyby alebo sú vykonávané s nezamýšľanými dôsledkami.

Priebežný vývoj blockchainovej technológie si vyžaduje neustálu aktualizáciu forenzných nástrojov a metód.

Efektívna forezná analýza si vyžaduje multidisciplinárny prístup, kombinujúci technické znalosti s právnymi a regulačnými poznatkami, čo môže predstavovať výzvu v existujúcich štruktúrach verejnej správy.

2.3 Zabezpečenie ochrany súkromia

Súčasná právne predpisy často nešpecifikujú explicitne, ako by sa mali údaje z blockchainu využívať ako dôkazy v súdnych konaniach. Táto nejasnosť vyvoláva otázky týkajúce sa ich prípustnosti a dôležitosti v právnych sporoch.

Nedostatok štandardizácie medzi rôznymi blockchainovými platformami sťažuje vývoj univerzálnych forenzných metodík, ktoré by boli efektívne uplatniteľné naprieč rozličnými systémami bez nutnosti ich špecifického prispôsobenia.

Súčasná musí forezná analýza zohľadňovať aktuálne zákony o ochrane osobných údajov, ako je GDPR [5], čo môže obmedzovať možnosti zberu a analýzy dát.

3 Centralizované aspekty blockchainovej siete vo verejnom sektore

V rámci blockchainových aplikácií vo verejnom sektore sa niekedy vyskytuje vyššia miera centralizácie, aj keď primárnym cieľom dizajnu je využívanie decentralizovanej technológie. Tento trend je často výsledkom potrieb dohľadu, regulácie, kontroly a integrácie s už existujúcimi systémami verejných inštitúcií. Medzi prvky blockchainových aplikácií v verejnom sektore, ktoré sa najčastejšie centralizujú a zároveň poskytujú kľúčové dáta a metadáta pre forenzné vyšetrovania, patrí:

3.1 Správa identít

Na rozdiel od plne verejných blockchainov, ktoré sú otvorené pre každého, blockchainy využívané verejným sektorom často vyžadujú autorizovaný prístup. To znamená, že centrálna autorita, ako je špecifický úrad alebo oddelenie verejnej správy, má na starosti overenie identity používateľov a udelenie prístupu do siete. Rozhodnutia o tom, kto má prístup k určitým dátam, kto môže uskutočňovať transakcie alebo kto sa môže stať členom siete, sú zvyčajne riadené centralizovane. Správa prístupových práv je nevyhnutná pre zabezpečenie súkromia, ochranu údajov a súlad s

právními normami, najmä v prípade aplikácií spracúvajúcich citlivé informácie. Ako príklad, blockchain používaný v katastri nehnuteľností overuje identitu používateľov a poskytuje im prístupové údaje. Používatelia majú kontrolu nad svojimi údajmi prostredníctvom peňaženiek založených na princípe samosprávnej identity (SSI). Bezpečnosť prístupu pre oprávnených používateľov zabezpečuje technológia verejných kľúčov (PKI) s využitím digitálnych certifikátov odolných proti falšovaniu. Toto je len jeden príklad, pričom špecifické technológie a authority sa môžu líšiť v závislosti od jednotlivých implementácií.

3.2 Riadenie

Rozhodnutia týkajúce sa aktualizácií siete, politiky riadenia prístupu a mechanizmov riešenia sporov sú často pod dohľadom špecifického riadiaceho orgánu. Tento orgán môže predstavovať konzorcium viacerých orgánov verejnej správy alebo špecializovanú autoritu zameranú na blockchain verejného sektora. Tento prístup zabezpečuje koordinované a efektívne riadenie a udržiavanie blockchainových sietí, pričom sa zohľadňujú potreby a požiadavky zainteresovaných strán.

3.3 Validácia

Aj keď hlavná účtovná kniha v blockchaine zostáva distribuovaná, proces overovania nových transakcií a ich pridávanie do blockchaine môže vyžadovať zapojenie centrálnej entity alebo obmedzeného počtu vopred schválených validátorov. Tento prístup slúži na zabezpečenie integrity dát a zabraňuje potenciálnym zlomyseľným útokom na manipuláciu so záznamami.

3.4 Správa inteligentných zmlúv

Implementácia, vykonávanie a údržba inteligentných zmlúv, čo sú programy, ktoré automaticky vykonávajú podmienky zmluvy zapísané v kóde, často spadajú pod centralizovaný dohľad. Tento prístup zabezpečuje, že inteligentné zmluvy fungujú v súlade s právnymi predpismi a operačnými obmedzeniami a umožňuje ich úpravu, ak je to potrebné. Tým sa zabezpečuje, že zmluvy zostávajú flexibilné a môžu byť prispôbené zmenám v legislatíve alebo operačných požiadavkách.

3.5 Ukladanie dát

Hoci blockchain zabezpečuje integritu a transparentnosť transakčných dát, ukladanie rozsiahlych objemov dát sa často realizuje mimo reťazec v centralizovaných databázach. Týmto prístupom sa riešia výzvy spojené so škálovateľnosťou a zároveň sa udržiava vysoká efektívnosť blockchaine. Príkladom môžu byť cloudové úložiská navrhnuté pre špecifické skupiny používateľov s prísnyim riadením prístupu. Katastrálny úrad by mohol využiť takúto cloudovú platformu na ukladanie doplnkových informácií súvisiacich so záznamami v blockchaine, napríklad mapy nehnuteľností vo vysokom rozlíšení alebo naskenované dokumenty vlastníkov. Tieto dáta nemusia vyžadovať rovnaký stupeň nemennosti a verejnej verifikácie ako hlavná účtovná kniha v blockchaine, ale profitujú z bezpečnosti a škálovateľnosti, ktorú poskytuje cloudové úložisko s kontrolovaným prístupom.

4 Forenzé nástroje vhodné pre nasadenie v blockchainovej sieti vo verejnom sektore

Pre uskutočnenie forenznej analýzy blockchainu vo verejnom sektore, napríklad pre kataster nehnuteľností, je kľúčová účinnosť konkrétneho forenzneho nástroja pre decentralizovanú časť siete. Medzi najvýkonnejšie nástroje v tejto oblasti patria Chainalysis [6], Elliptic [7] a CipherTrace [8]. Tieto nástroje sú výkonné v analýze a monitorovaní blockchainových transakcií a identifikácii podozrivých aktivít.

4.1 Chainalysis

Chainalysis [6] je známi svojimi rozsiahlymi analytickými schopnosťami, ktoré poskytujú podrobný prehľad o blockchainových transakciách. Vyniká pri identifikácii potenciálne podvodných aktivít. Podporuje širokú škálu kryptomien a vďaka svojej zdatnosti vo vizualizácii komplexných transakčných vzorcov je vhodným nástrojom pre verejný sektor ako napríklad subjekty spravujúce katastrálne záznamy na blockchaine.

4.2 Elliptic

Elliptic [7] sa špecializuje na detekciu a prevenciu nelegálnych aktivít v blockchainových sieťach. Ponúka monitorovacie služby transakcií, ktoré umožňujú napríklad katastrálnym organizáciám identifikovať transakcie s vysokým rizikom a podniknúť preventívne kroky. S databázou rizikových subjektov a schopnosťou poskytovať transakciám rizikové hodnotenie sa stáva zaujímavým nástrojom pre zabezpečenie súladu s požadovanými reguláciami.

4.3 CipherTrace

CipherTrace [8] ponúka komplexnú sadu nástrojov na analýzu blockchainu, zameranú na zvýšenie bezpečnosti a integrity transakcií na blockchaine. Exceluje v sledovaní pôvodu a cieľa finančných prostriedkov, identifikácii transakcií s vysokým rizikom a poskytovaní detailných analýz finančných tokov na blockchaine. Podporuje širokú škálu kryptomien a je vybavený funkciami špecificky navrhnutými pre regulačné a vyšetrovacie účely, čo ho robí ideálnym pre forenznu analýzu napríklad v realitnom sektore.

Tabuľka 1. Silné stránky každého nástroja v oblasti forenznej analýzy blockchainu [6], [7], [8]

Vlastnosť/Nástroj	Chainalysis	Elliptic	CipherTrace
Podporované kryptomeny	Široká škála, vrátane Bitcoinu, Ethera a ďalších.	Rozsiahle pokrytie vrátane menej známych kryptomien.	Široký rozsah, s pevnou podporou pre hlavné aj nové kryptomeny.
Súlady a regulácia	Komplexné riešenia pre súlad s predpismi AML/CTF.	Silné zameranie na súlad s AML prostredníctvom skórovania rizík transakcií.	Prispôsobené nástroje na súlad pre širokú škálu regulačných požiadaviek.
Analýza transakcií	Pokročilá vizualizácia a analýza vzorov transakcií.	Hlboká analýza so zameraním na identifikáciu vysokorizikových aktivít.	Podrobné sledovanie zdroja a cieľa fondov.
Vhodnosť prípadu použitia	Veľmi vhodné pre detekciu podvodov a zabezpečenie súladu pri transakciách s nehnuteľnosťami.	Ideálne pre monitorovanie a predchádzanie nelegálnym aktivitám pri finančných transakciách s nehnuteľnosťami.	Efektívne pri sledovaní nelegálnych fondov a analýze komplexných sietí transakcií v sektore nehnuteľností.
Výšetrovacie schopnosti	Silné schopnosti pre hlboké vyšetrovania a rozpoznávanie vzorov.	Zamerané na identifikáciu a zmierňovanie rizík spojených s transakciami.	Komplexné nástroje pre vyšetrovacie účely, najmä pri sledovaní nelegálnych transakcií.
Používateľské rozhranie a použiteľnosť	Používateľsky prívetivé rozhranie s rozsiahlymi analytickými nástrojmi.	Intuitívny dizajn s akčnými prehľadmi pre neodborných používateľov.	Komplexné, ale podrobné rozhranie vhodné pre forenznych analytikov.

Táto tabuľka zdôrazňuje silné stránky každého nástroja v oblasti forenznej analýzy blockchainu pre verejný sektor, napríklad pre kataster nehnuteľností. Zatiaľ čo Chainalysis [6] ponúka komplexnú analýzu a funkcie súladu, Elliptic [7] sa zameriava na detekciu rizík a ich predchádzanie, a CipherTrace [8] vyniká v sledovaní fondov a vyšetrovacej práci. Výber medzi týmito nástrojmi by závisel od konkrétnych potrieb forenznej analýzy, regulačných požiadaviek a zložitosti analyzovaných transakcií.

5 Záver

Forezná analýza blockchainových sietí v sektore verejnej správy, napríklad v katastri nehnuteľností, je zameraná na detailné skúmanie a vyšetrovanie transakcií a dát uložených v blockchaine. Cieľom je identifikovať podozrivé aktivity, rekonštruovať udalosti, zabezpečiť transparentnosť, bezpečnosť a dodržiavanie právnych predpisov. Táto analýza umožňuje vyšetrovacím orgánom overiť autentickosť a celistvosť záznamov o majetku, čím sa zaisťuje presná a nemenná evidencia všetkých transakcií.

Vďaka charakteristickým vlastnostiam blockchainovej technológie, ako sú decentralizácia a transparentnosť, môžu forenzni analytici v systémoch ako je kataster nehnuteľností sledovať zmeny vo vlastníctve aj priebežne a bez rizika neoprávnených zásahov. Toto je neoceniteľné v oblastiach verejnej správy, kde je dôveryhodnosť záznamov o majetku fundamentálna pre právne, finančné a administratívne procesy.

Transparentná povaha blockchainu navyše podporuje spoluprácu medzi rôznymi orgánmi verejnej správy, umožňujúc im bezpečný a efektívny prístup k dôležitým informáciám, ako sú napríklad údaje z katastra.

Realizácia forenznej analýzy v blockchainových systémoch verejnej správy, ako sú kataster nehnuteľností, vyžaduje podrobné pochopenie blockchainovej technológie a súvisiacich právnych a regulačných rámcov. S rozvojom blockchainovej technológie sa musia rozvíjať aj metódy a nástroje používané v forenznej analýze, čo si vyžaduje nepretržité vzdelávanie a adaptáciu zo strany forenznych expertov.

Okrem špecifických blockchainových analytických nástrojov sa v praxi využívajú aj štandardné forezné nástroje ako napríklad NUIX [9] a Cellebrite [10], ktoré umožňujú zber dát, ich analýzu a hodnotenie v súlade s foreznými štandardmi. Tieto nástroje pomáhajú pri analýze dátových štruktúr blockchainu, dešifrovaní transakcií a identifikácii účastníkov.

Výsledkom forenznej analýzy v blockchainových systémoch verejnej správy je nielen zvýšenie bezpečnosti a integrity dát, ale aj posilnenie dôvery verejnosti v digitálne služby poskytované štátom, ako je kataster nehnuteľností, čo v konečnom dôsledku vedie k lepšiemu riadeniu a poskytovaniu verejných služieb.

Referencie

- [1] **Blockchain.com.** [online]. Dostupné z: <https://www.blockchain.com/> [cit. 2024-04-02].
- [2] **Ethereum.org.** [online]. Dostupné z: <https://ethereum.org/> [cit. 2024-04-02].
- [3] **Hyperledger.org.** [online]. Dostupné z: <https://www.hyperledger.org/> [cit. 2024-04-02].
- [4] **r3.com.** [online]. Dostupné z: <https://r3.com/> [cit. 2024-04-02].
- [5] **gdpr-info.eu.** [online]. Dostupné z: <https://gdpr-info.eu/> [cit. 2024-04-02].
- [6] **Chainalysis.com.** [online]. Dostupné z: <https://www.chainalysis.com/> [cit. 2024-04-02].
- [7] **Elliptic.co.** [online]. Dostupné z: <https://www.elliptic.co/> [cit. 2024-04-02].
- [8] **Ciphertrace.com.** [online]. Dostupné z: <https://ciphertrace.com/> [cit. 2024-04-02].
- [9] **Nuix.com.** [online]. Dostupné z: <https://www.nuix.com/> [cit. 2024-04-02].
- [10] **Cellebrite.com.** [online]. Dostupné z: <https://www.cellebrite.com/> [cit. 2024-04-02].

Strategické využití dopravních lost spaces pro řízení urbanizace

Ing. Ondřej Ryška¹, prof. Ing. David Řehák, Ph.D.¹

¹ Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Lumírova 630/13, 700 30 Ostrava-Výškovice, ondrej.ryska@vsb.cz

Abstrakt: Článek zkoumá potenciál podmostních prostor jako klíčové územní rezervy pro rozvoj v hustě urbanizovaných oblastech. Na základě analýz dopadů silniční dopravy a její interakce s městským prostředím, s důrazem na identifikaci a využití tzv. lost spaces, využívá indikátory, které umožňují identifikaci vhodných lokalit a posouzení jejich potenciálních dopadů na okolí. Následně jsou výsledky vztaheny k pilířům udržitelného rozvoje s cílem charakterizovat stav území a usnadnění rozhodování v území. Cílem je nalézt cesty k udržitelnému rozvoji měst skrze promyšlenou transformaci lost spaces. Rozpoznáním, jak tyto prostory ovlivňují své okolí, mohou sloužit k přijetí vhodných opatření pro plnění cílů udržitelného rozvoje a zdůraznit význam integrace hodnotících systémů pro efektivní plánování a udržitelný městský rozvoj.

Klíčová slova: Udržitelný rozvoj, lost spaces, podmostní prostory.

1 Úvod

Moderní města se setkávají s celou řadou výzev, z nichž nedostatek volných ploch pro jejich řešení patří mezi nejvýraznější. Při pohledu na hustě zastavěné městské krajiny se zdá, že každý kousek půdy je již využitý nebo určen ke konkrétnímu účelu. Přesto, důkladným zkoumáním sídelních struktur lze identifikovat prostory, které se zdají být opomíjené nebo bez jasného určení. Mezi tyto patří tzv. silniční lost spaces – prostory, které vznikly jako důsledek silniční fragmentace a nekomplexního přístupu k urbanistickému plánování. Tyto prostory zpravidla nelze v územně plánovacích dokumentacích rozpoznat, nicméně při detailním zkoumání městského organismu se ukazuje, že je možné identifikovat jejich negativní dopady. Existence těchto ploch nejenže přispívá k estetickému a sociálnímu znehodnocení městského prostředí, ale také představuje ztracenou příležitost pro rozvoj a zlepšení kvality života ve městech. Identifikace a promyšlená transformace těchto lost spaces může přinést nové možnosti pro udržitelný rozvoj měst a zlepšení životního prostředí v urbanizovaných oblastech. [1][2][3]

2 Analýza dopadů dopravy a lost spaces

2.1 Aspekty silniční dopravy a udržitelný rozvoj

Silniční doprava je stěžejním prvkem veřejné infrastruktury, jenž ovlivňuje různé aspekty každodenního života, ekonomiky a životního prostředí. [1] Význam kvalitní silniční infrastruktury je posílen zejména

svými dopady spojené s její existencí a to, od podpory ekonomického růstu až po možné negativní vlivy na životní prostředí a sociální strukturu měst.[4]

Silniční doprava umožňuje rozvoj sociálních a ekonomických kontaktů mezi vzdálenými územími, což přispívá k obohacování společnosti jak hmotně, tak nehmotně. Zvyšuje dostupnost městských služeb a facilit, čímž podporuje sociální inkluzi a zlepšuje kvalitu života obyvatel [4]. Na druhé straně může silniční doprava vést k sociální segregaci vytvoření územních bariér a negativních vlivů spojené se samotnou dopravou. Vhodnou investicí do silniční infrastruktury lze stimulovat ekonomický růst a tím i podpořit územní rozvoj s pozitivními důsledky v sociálním rozvoji. Rozvoj dopravní sítě zvyšuje atraktivitu oblasti pro investory, podporuje cestovní ruch a umožňuje ekonomickou agregaci. Nicméně vysoká závislost na silniční dopravě může vést k ekonomickým ztrátám spojených s intenzitou dopravy jako jsou dopravní zácpy, znečištění a zvyšující se náklady na údržbu infrastruktury. Možné neinternalizované externí náklady, jako je znečištění a hluk, představují další možnou ekonomickou a sociální zátěž. Rozvojem silniční dopravy může však být i podpořeno udržitelné hospodaření s půdou a minimalizovat urbanistický rozptyl tím, že zvyšuje efektivitu využití existujících zastavěných ploch. Nicméně s možným rizikem negativních dopadů fragmentace krajiny, degradace přírodních habitatů a vizuálního znečištění, což má přímý vliv na budoucí rozvoj daného území.

Efektivní řízení a plánování silniční dopravy je tak klíčové pro dosažení vyváženého rozvoje měst. To však vyžaduje integraci hodnotících systémů v klíčových oblastech sociálního, ekonomického a environmentálního pilíře, s důrazem na udržitelnost rozvoje. Inovativní přístupy využívající sofistikované nástroje a multikriteriálního hodnocení mohou významně přispět k identifikaci a řešení lokálních problémů. [5]

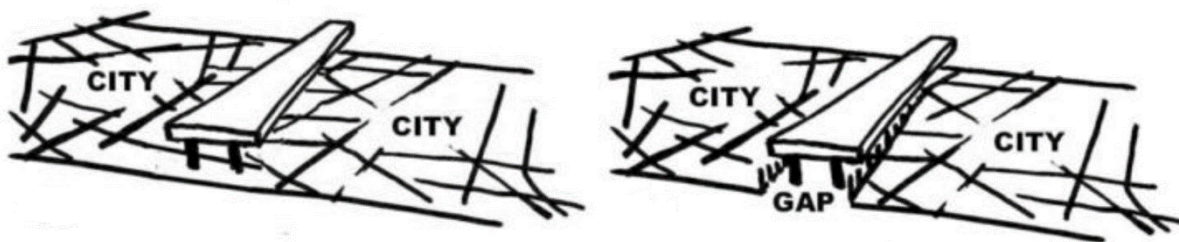
2.2 *Silniční lost spaces a udržitelný rozvoj*

Silniční lost spaces představují nevyužívaná místa vzniklá v důsledku urbanistického plánování a výstavby dopravní infrastruktury, jako jsou nevyužité plochy podél silnic a podmostní prostory. Hlavním důvodem jejich existence jsou plánovací rozhodnutí, která nebrala v potaz celkovou strukturu města ani potřeby komunity a tím vede k neadekvátnímu nebo nedostatečnému využívání území. Tyto prostory představují jak negativní, tak i potenciálně pozitivní aspekty pro urbanistické plánování a udržitelný rozvoj.

Negativní dopady souvisí především s příspěvkem k fragmentaci územních celků, která má význačné dopady na sociální, ekonomickou a environmentální udržitelnost. Fragmentace je nejčastěji zmiňována v kontextu s izolováním městských částí, s tím spojenými důsledky nekonzistentního rozvoje výstavby a tvorbu bariér. Nejvýznamnější dopady fragmentace jsou spojovány se sociálními oblastmi s důsledky omezení přístupnosti a mobility. Vzniklá izolace zasahuje zejména sociálně zranitelnější skupiny obyvatelstva a snižuje sociální soudržnost v důsledku oslabení komunitních vazeb a možností k vzájemné interakci. Snižování sociálního statusu území je doprovázeno zhoršením věkové struktury obyvatelstva, kdy dochází k odlivu mladých a ekonomicky aktivních obyvatel, a roste fluktuace uživatelů území. Dále se zhoršuje údržba budov a veřejných prostor, což přispívá k celkové degradaci a ztrátě atraktivity území. Další komplikace spojené s fragmentací zahrnují obtíže ve správě území. Rozdělením územních celků ztěžuje koordinaci mezi správními jednotkami, což komplikuje

efektivní správu a plánování území. Vzhledem k těmto negativním dopadům je nezbytné, aby územní plánování a politiky podporovaly integrovaný přístup k rozvoji, který minimalizuje negativní důsledky fragmentace a podporuje udržitelný rozvoj území. Na druhou stranu, regenerace těchto prostorů nabízí možnosti pro zlepšení městského prostředí zejména díky své výhodné poloze. [5] Efektivní využití těchto prostor podporuje vznik dynamických městských čtvrtí. Při zvažování regenerace silničních lost spaces je klíčové vzít v potaz možnou synergii s pozitivními aspekty silniční dopravy, jako je zlepšení mobility a přístupnosti. [6] Přeměna těchto prostorů na kvalitní veřejná prostranství jako jsou parky a setkávací místa, proměňuje opuštěné prostory v centra komunitního života, které využívají mobilitu poskytovanou silniční dopravou pro pozitivní sociální interakce. Navíc, proměna lost spaces na multifunkční prostory, které integrují bydlení, obchod a veřejné služby, vytváří dynamické, smíšené čtvrti, jež využívají blízkost dopravní infrastruktury pro zvýšení dostupnosti a atraktivity. [7]

Silniční "lost spaces" představují jak výzvy, tak příležitosti pro urbanistické plánování a udržitelný rozvoj. Promyšlená regenerace a integrace těchto prostorů do městského prostředí může přinést ekologické, sociální a ekonomické výhody. Klíčem k úspěšné transformaci je inovativní přístup a spolupráce mezi městskými plánovači, komunitami a soukromým sektorem tak, aby se ztracené prostory staly životaschopnou a funkční součástí městské struktury. [8]



Obrázek 1. Důsledky fragmentace území [8]

3 Rozšíření identifikace a hodnocení

3.1 Využití indikátorů k územně analytickému plánování

V rámci procesu územního plánování jsou klíčovými nástroji územně analytické podklady, které slouží jako základ analýz a přijímání následných rozhodnutí týkající se rozvoje a jeho řízení. Přestože územně analytické podklady zpravidla udávají základní charakteristiky pro celé územní celky, tak tyto charakteristiky jsou pro komplexní rozhodovací procesy nedostatečné. Jedním z hlavních omezení je absence sofistikovanějších analytických nástrojů, jako je GIS, který umožňuje detailnější prostorovou analýzu a vizualizaci dat. Toto omezení má zejména dopad v nedostatečné schopnosti identifikovat a analyzovat specifické trendy a problémy, které se vyskytují na lokální úrovni. Analýza dat, která je prováděna na úrovni celých územních celků, není schopna odhalit agregovaná lokální specifika a problémy, což vede k neschopnosti efektivně řešit místní výzvy a využít místní potenciály. Vzhledem k nenaplnění hlavního cíle územního plánování, a to efektivně řešit problémy v území je zřejmá potřeba integrace pokročilejších analytických nástrojů a metodologií do procesu územního plánování. Použití sofistikovanějších technologií, jako je GIS, společně s detailnějším zpracováním a analýzou dat

na lokální úrovni, by umožnilo přesnější identifikaci a řešení lokálních výzev, což by vedlo k efektivnějšímu a udržitelnějšímu rozvoji území. Tímto se stává využití indikátorů v územně analytickém plánování klíčovým prvkem pro posouzení stavu území a míry, jakou jsou naplňovány cíle udržitelného rozvoje. [9][10][11]

3.2 Stanovení vhodného indikátorového systému v územním plánování

Indikátory jsou využívány pro hodnocení jednotlivých témat základních pilířů udržitelného rozvoje, což umožní posoudit specifické aspekty a identifikaci problémů na místní úrovni. Pro každé téma jsou vybrány relevantní indikátory z oblasti dílčích normativů k umožnění vytvoření jednoduché bodové stupnice. Vyjádření návazné agregace je definována váha jednotlivých indikátorů v rámci tematických oblastí, protože zavedení vah velmi silně ovlivňuje výsledné vyznění celého hodnocení se schopností lepší charakteristiky a identifikace územního problému v kontextu konkrétního pilíře udržitelnosti. Pro souhrnné hodnocení jsou indikátory stanoveny tak, aby poskytly celkový obraz o udržitelnosti a rozvoji území. Tento proces zahrnuje vyjádření informací z různých tematických oblastí do jednoho srozumitelného výsledku, který odráží komplexní výkon území vůči stanoveným cílům udržitelného rozvoje. Souhrnné hodnocení je založeno na využití metod stanovení váhy a agregace dat, což umožní zohlednit relativní důležitost jednotlivých témat a indikátorů ve vztahu k cílům územního rozvoje. Takový to rozšířený přístup poskytuje základ pro rozhodování a plánování, umožňuje identifikovat klíčové oblasti pro zásahy a podporuje vytváření cílených strategií a opatření pro udržitelný rozvoj území.[10][11]

3.3 Výběr indikátorů

Při výběru indikátorů pro hodnocení území je kladen důraz na dostupnost relevantních dat, která umožňují detailní pohled na charakteristiku a vývojové tendence daného území. Stěžejní opora pro výběr indikátorů jsou metodiky, včetně společných evropských indikátorů (ECI), Cílů udržitelného rozvoje (SDG) a jejich indikátorů, Aalborgských závazků, City Sustainability Index, DPSIR frameworku a metody Ecological Footprint. Tyto poskytují standardizovaný rámec pro měření a porovnávání udržitelného rozvoje napříč členskými státy EU a i globálně, zajišťujíce, že vybrané indikátory budou adekvátně reflektovat klíčové aspekty a dostupnost směrodatných dat. Multikriteriální hodnotící přístup, při kterém jsou indikátory zaměřené na rozličné charakteristiky využívaných dat a metodologických rámců, má význam, že hodnocení bude, co v největší míře reprezentativní. Při aplikaci těchto metodik je důležité zvážit specifika daného sídla či území tak, aby byly vybrány nejrelevantnější indikátory. Integrace více metodik může poskytnout komplexnější pohled na udržitelnost a podpořit holistický přístup k rozvojovým strategiím. Výsledkem tohoto procesu je sestavení profilu výkonu území, který integruje různorodé indikátory do jednotného hodnotícího rámce. Takto vytvořený profil výkonu poskytuje ucelený pohled na stav a vývoj území v kontextu jeho sociálních, ekonomických a environmentálních aspektů slouží jako podklad pro provádění analýz a jejich srovnání.

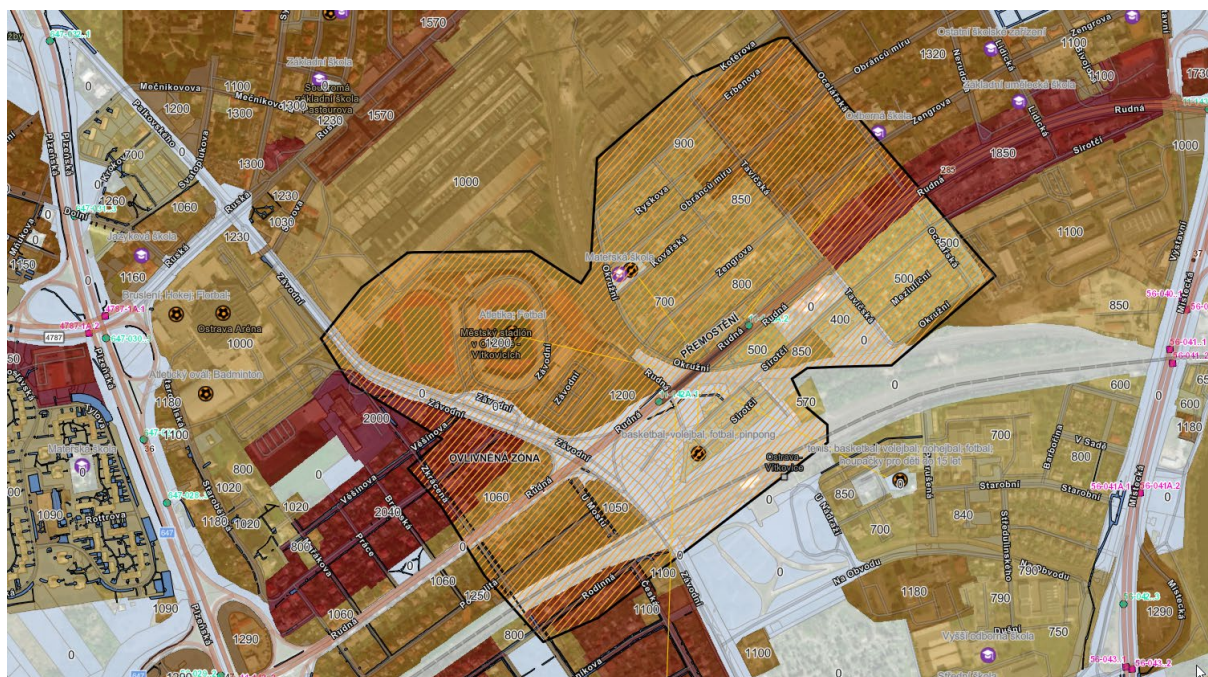
Pro sestavení sady indikátorů byla využita dostupná geoprostorová data a informace o územních cílech z Českého statistického úřadu a z územně analytických podkladů a metodik k určení udržitelného rozvoje. Prvním krokem při sestavování indikátorové sady je určení specifických omezení

pro analýzu. Tato omezení jsou zásadní pro zúžení zaměření na konkrétní územní celky nebo typy prostorů, které mají být analyzovány. Zde bylo stanoveno omezení na tzv. lost spaces silniční infrastruktury, kde je díky specifikaci přesné polohy možné provést detailnější prostorovou analýzu. Dále byla stanovena omezení vzhledem k charakteristice podmostních prostor a jejich prostorových vlastností. Z těchto omezení vyplývají místa s potenciálním využitím, pro které je následně sestaven výkonnostní profil. Tento profil je rozdělen do tří škál, odpovídajících třem pilířům udržitelného rozvoje: ekonomickému, sociálnímu a environmentálnímu. Hodnocení těchto bodů se opírá o základní charakteristiky územního celku a jejich srovnání s hodnotami vztaženými ke konkrétnímu analyzovanému místu. Váhy jsou sestaveny tak, aby odrážely důležitost každého aspektu v kontextu lokálních specifik a cílů udržitelného rozvoje.

Tabulka 1. Indikátory udržitelného rozvoje

Ukazatel	Vztah k pilíři	Význam	Váha	Stanovení hodnoty	Výpočet
Hodnota pozemků	Ekonomický	Využití půdy a zónování	Vyšší	Územně analytická data	GIS prostředí za využití extrakce dat ovlivněného rozsahu
Dostupnost mateřských škol	Sociální	Kvalita života a demografický vývoj	Střední	Prahová hodnota	GIS prostředí s parametry pěší dostupnosti
Dostupnost základních škol	Sociální	Kvalita života a demografický vývoj	Vyšší	Prahová hodnota	GIS prostředí s parametry pěší dostupnosti
Míra naplnění zastavitelných ploch	Ekonomický	Rozvojová politika	Nižší	Územně analytická data	Jednoduchý aritmetický výpočet
Intenzita zastavění	Ekonomický	Dopady na infrastrukturu	Střední	Územně analytická data	Jednoduchý aritmetický výpočet
Úroveň vzdělání	Sociální	Ekonomický rozvoj	Střední	Územně analytická data	Jednoduchý aritmetický výpočet
Fluktuace mladých	Sociální	Sociální a kulturní dynamika	Vyšší	Územně analytická data	Jednoduchý aritmetický výpočet
Kvalita ovzduší	Environmentální	Veřejné zdraví	Nižší	Prahová hodnota	GIS prostředí za využití extrakce dat ovlivněného rozsahu
Dostupnost veřejné dopravy	Sociální	Inkluze	Vyšší	Prahová hodnota	GIS prostředí s parametry pěší dostupnosti

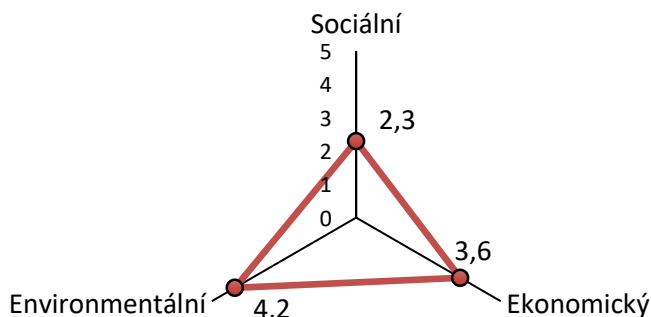
Spokojenost obyvatel	Sociální	Kvalita života a demografický vývoj	Vyšší	Územně analytická data	Pocitové mapy
Efektivita dopravy	Ekonomický	Ekonomický růst a sociální integrace	Nižší	Územně analytická data	GIS prostředí a práce daty
Podíl lokálních podniků na trhu	Ekonomický	Ekonomická diverzifikace	Střední	Územně analytická data	Jednoduchý aritmetický výpočet
Dostupnost a využití veřejných ploch	Ekonomický	Atraktivita veřejného prostoru	Střední	Prahová hodnota	GIS prostředí s parametry pěší dostupnosti
Plochy zeleně	Environmentální	Ekosystémové služby	Střední	Územně analytická data	Jednoduchý aritmetický výpočet
Akustické znečištění	Environmentální	Veřejné zdraví	Střední	Prahová hodnota	GIS prostředí



Obrázek 2. Analyzované území za využití sofistikovaných nástrojů prostorových analýz

Výsledkem aplikace indikátorů a následné analýzy výkonnostního profilu vybraného lost space je zjištění, že oblast čelí zásadním výzvám v sociální sféře. To naznačuje významné nedostatky v sociální soudržnosti, dostupnosti služeb a sociální inkluzi. V ekonomické oblasti byly identifikovány středně závažné problémy, což může naznačovat problémy v místní ekonomice, jako je nedostatečná nabídka pracovních míst, nízká úroveň podnikatelské aktivity nebo neefektivní využívání zdrojů. Naopak, environmentální aspekt území se jeví jako relativně stabilní a zdravý, což svědčí o správném řízení přírodních zdrojů a úsilí minimalizovat negativní vlivy na životní prostředí.

Pilíře udržitelného rozvoje



Obrázek 3. Výkonnostní profil analyzovaného prostoru

3.4 Identifikace možného využití

Při hledání využití lost spaces je hlavním cílem vytvořit co nejefektivnější a revitalizovatelné prostory. Identifikace možného využití lost spaces, se opírá o tři základní pilíře udržitelného rozvoje: sociální, ekonomický a environmentální. Mezi hlavní problémy, které je tímto přístupem možné za pomoci opatření řešit jsou sociální a ekonomická disparita, pozvednutí diversity v rámci komunit a tím zajistit vyvážený a udržitelný rozvoj městského prostředí. Podpoření rozvoje v sociálním pilíři se zaměřuje na vytváření prostor, které podporují společenskou interakci, vzdělávání a kulturu, čímž přispívají k soudržnosti komunity. Posílení ekonomického pilíře je v hledání způsobů, jak lost spaces proměnit v oblasti generující hodnotu, což může zahrnovat nové obchodní příležitosti, zvýšení pracovních míst nebo podporu lokální ekonomiky. Posílení environmentálního pilíře se soustředí na začlenění přírodních prvků do městského plánování, zlepšení kvality ovzduší, snížení teplot v městech a podporu biodiverzity. Pro dosažení těchto cílů je nezbytné analyzovat dostupná data a určit míru potenciálu různých lost spaces. Při chápání těchto prostor jako městských územních rezerv se nabízí cílené zaměření využití pro veřejné projekty, které by mohly podpořit rozvoj a nepřímo zvýšit příjmy města. Je však důležité si uvědomit, že každý městský prostor má svou unikátní velikost, charakter a vlastnictví. To vyžaduje individuální přístup k plánování a realizaci projektů s ohledem na vlastnosti, které mohou podpořit udržitelný rozvoj. [12][5]

4 Závěr

Hlavním cílem bylo prozkoumat možnosti využití indikátorů v oblasti územního plánování, které by umožnily identifikaci lokálních problémů v rámci územních celků. Indikátory byly sestaveny s ohledem na udržitelný rozvoj tak, aby bylo možné lépe porozumět charakteru problému a umožnit efektivní řešení. Schopnost využití indikátorů pro účely územního rozhodování byla ověřena konkrétní aplikací.

Využití indikátorů v územním plánování rozšiřuje jejich chápání aplikace a rozvíjí možnosti provádění lokálních územních analýz.

Tento příspěvek vznikl za podpory VŠB-TUO, Fakulty bezpečnostního inženýrství v rámci projektu SP2024/039.

Reference

- [1] SCHMEIDLER, Karel, 2010. *Mobilita, transport a dostupnost ve městě*. Online. Ostrava: Key Publishing. ISBN 978-80-7418-063-7.
- [2] SÝKORA, Luděk a Ondřej MULÍČEK, 2017. *Territorial Arrangements of Small and Medium-Sized Towns from a Functional-Spatial Perspective*. B.m.: Wiley. Dostupné z: doi:10.1111/tesg.12249.
- [3] ZINCHUK, Tetyana a Nataliia KUTSMUS, 2023. *Eu common agricultural policy for 2023–2027: ambitions and relevance to the sustainable development goals* B.m.: National Academy of Sciences of Ukraine Dostupné z: doi:10.15407/economyukr.2023.11.076.
- [4] JACURA, Martin; ŠEVČÍK, Filip; LOPOUR, Pavel a VNENK, Petr, 2022. *Základy dopravní cesty: vysokoškolská učebnice pro posluchače předmětu Základy dopravní cesty a další zájemce*. Pardubice: Univerzita Pardubice. ISBN 978-80-7560-435-4.
- [5] MAIER, Karel, 2012. *Udržitelný rozvoj území*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-4198-7.
- [6] MOHAMED ANUAR, Mohamed Ikhwan Nasir a Raziah AHMAD, 2017. *Elevated Highways and its Lost Spaces: A Review of Kuala Lumpur's seldom seen* B.m.: e-IPH Ltd. Dostupné z: doi:10.21834/e-bpj.v2i6.966.
- [7] ROKEM, Jonathan a Laura VAUGHAN, 2017. *Segregation, mobility and encounters in Jerusalem: The role of public transport infrastructure in connecting the 'divided city'* B.m.: SAGE Publications. Dostupné z: doi:10.1177/0042098017691465.
- [8] MOHAMED ANUAR, Mohamed Ikhwan Nasir a Saiful Arif ABDULLAH, 2020. *Reappropriation of elevated highway residual space through green infrastructure planning* B.m.: Malaysian Institute of Planners. Dostupné z: doi:10.21837/pm.v18i14.827.
- [9] SUN, Xuan, 2017. *Multi-indicator Evaluation and Analysis of Coordinated Industrial Development of Urban Agglomerations* B.m.: World Scientific Pub Co Pte Lt. Dostupné z: doi:10.1142/s2345748117500063.
- [10] MICHALINA, Denis, Peter MEDERLY, Hans DIEFENBACHER a Benjamin HELD, 2021. *Sustainable Urban Development: A Review of Urban Sustainability Indicator Frameworks*. B.m.: MDPI AG. Dostupné z: doi:10.3390/su13169348.
- [11] RUAN, Fang-Li a Liang YAN, 2021. *Challenges facing indicators to become a universal language for sustainable urban development* B.m.: Wiley. Dostupné z: doi:10.1002/sd.2227.
- [12] SCYPHERS, Steven B. a Susannah B. LERMAN, 2014. *Residential Landscapes, Environmental Sustainability and Climate Change* [online]. B.m.: Emerald Group Publishing Limited. Dostupné z: doi:10.1108/s1047-004220140000014004.

Zvyšovanie bezpečnosti s podporou technológie digitálne dvojča

Ing. Bronislava Halúsková¹, Ing. Karin Nováková¹

¹ Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina,
bronislava.haluskoval@uniza.sk, novakova@naw.sk

Abstrakt: Príspevok sa zameriava na predloženie možnosti využitia inovatívneho konceptu digitálneho dvojčaťa (DT), zdôrazňujúc jeho význam v kontexte zvyšovania úrovne bezpečnosti miest v krízovom manažmente (KM). DT predstavuje virtuálny model fyzického prostredia, ktoré aktívne komunikuje so svojim reálnym náprotivkom v reálnom čase. Cieľom je poskytnúť komplexný pohľad pre možné využitie konceptu DT pre túto oblasť, identifikovať kľúčové aspekty vývoja prostredníctvom úrovni zrelosti DT. Účelom je taktiež podporiť diskusiu o možné využitie a implementovanie do oblasti krízového manažmentu. Obsahom záverečnej časti sú odporúčania pre možné oblasti diskusií, ktoré súvisia s postupom implementácie DT.

Kľúčové slová: digitálne dvojča, technológie, bezpečnosť miest, podpora rozhodovania, virtuálne prostredie, simulácie

1 Úvod

V súčasnom období digitálnej revolúcie a dátovej transformácie, charakterizovanej ako prechod od mechanických a analógových systémov k automatizovanej digitálnej elektronike [1], získava stále viac na význame implementácia konceptu Digital Twin (DT). Rozširovanie tohto konceptu do ďalších oblastí, ktorého prvotné uplatnenie bolo najmä pre účely priemyselnej oblasti [2], je rozšírené do viacerých oblastí. Sú to oblasti ako napríklad oblasť zabezpečovania verejnej bezpečnosti, urbanizácia či inteligentné mestá. Expanzia je podnietená pokrokom a vývojom nových kybernetických systémov, inteligentných senzorov, kognitívnych výpočtov, umelej inteligencie, strojového učenia a pod. V priemysle má koncept DT viaceré praktické využitia a predstavuje či už spôsob zaznamenávania zložitého fungovania tovární, navrhovania nových produktov alebo zaznamenávanie účinku navrhovaných zmien pre skúmaný objekt alebo proces.

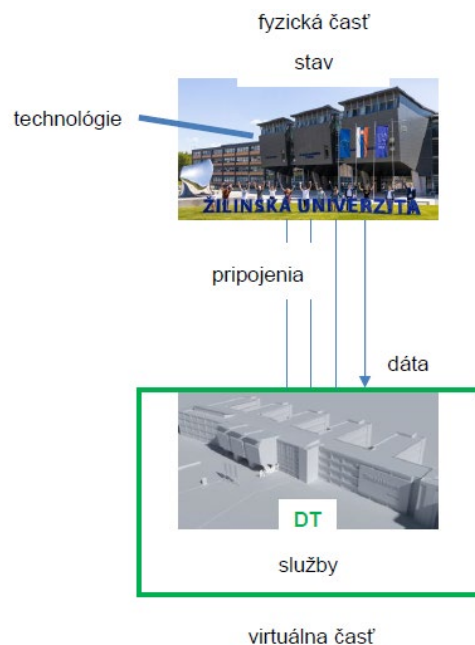
V súčasnosti sú ďalšie riešenia pre DT vyvíjané s cieľom dosiahnuť konzistentné zlepšenie efektívnosti, minimalizovať poruchovosť a extrémny v odchýlkach skúmaného systému, pre účely skrátenia vývojových cyklov a testovania zavedených inovatívnych riešení, otvárajúc nové obchodné príležitosti [3] či poskytnúť podporu rozhodovania prostredníctvom dát a informácií, ktoré sú sprostredkované z vybudovaného prostredia vo virtuálnom priestore.

2 Technológia digitálneho dvojčaťa

Technológia DT predstavuje digitálny model konkrétneho fyzického prvku alebo procesu, ktorý je prepojený dátovými spojeniami, pričom dochádza k dátovej synchronizácii v reálnom čase medzi fyzickým a virtuálnym prostredím.

Literatúra popisuje viaceré definície: „Digitálne dvojča (DT) je súbor počítačom generovaných modelov, ktoré mapujú fyzický objekt do virtuálneho priestoru. Fyzické aj virtuálne prvky si vymieňajú informácie na monitorovanie, simuláciu, predpovedanie, diagnostiku a riadenie stavu a správania sa fyzického objektu vo virtuálnom priestore.“ [4]. Iná definícia predstavuje DT ako: "Dynamická virtuálna reprezentácia fyzického objektu alebo systému, zvyčajne vo viacerých fázach jeho životného cyklu. Využíva reálne údaje, simuláciu alebo modely strojového učenia v kombinácii s analýzou údajov, aby umožnili porozumenie, učenie sa a uvažovanie. Digitálne dvojčatá možno použiť na zodpovedanie otázok typu „čo keby“ a mali by byť schopné prezentovať poznatky intuitívnym spôsobom." [5].

Pre DT, virtuálnu repliku fyzických systémov založenej na umelej inteligencii, boli prvotne definované jeho základné časti, ktoré pozostávajú z časti fyzického objektu, virtuálneho objektu a vzájomných väzieb medzi nimi [6]. Iní autori začali postupne diskutovať o častiach ako fyzický majetok, virtuálne zobrazenie, obojsmerná komunikácia a forma spätnej väzby, ktoré by mali byť zároveň aj spoločnými znakmi rôznych typov DT [1].



Obrázok 1. Základné zložky DT

- **fyzická časť** je základom pre tvorbu DT, predstavuje reprezentované reálne prostredie, v ktorom prebiehajú skutočné deje a procesy,
- **virtuálna časť** alebo virtuálna reprezentácia je analogický popis, logický model aktíva [7] a reprezentuje transformované reálne prostredie v digitálnej podobe,
- **dáta** - a dáta riadia služby na zvýšenie pohodlia, spoľahlivosti a produktivity systému.
- **pripojenia** charakterizujú digitálne väzby a mechanizmus prenosu medzi zdrojmi údajov [7], umožňujú prenos a kontrolu údajov z reálneho prostredia fyzickej časti do virtuálneho prostredia,
- **služby** musia poskytovať niektoré služby, ako je simulácia, rozhodovanie, monitorovanie a kontrola fyzického objektu; prostriedok pre uchovanie dát.
- **technológie** nakoľko predstavujú prostriedok zberu dát.

- **stav** je konkrétny stav, v ktorom sa nachádza jedinečné fyzické aktívum alebo proces v konkrétnom čase [7].

Do technológie DT je možné na účely vzdelávania zadávať aj syntetické parametre, dáta. Pod syntetickými parametrami chápeme parametre, ktoré môžu v prostredí nastať (senzormi boli alebo neboli namerané).

2.1 Vývoj digitálneho dvojčata

Keďže sa jedná o pokrokovú softvérovú technológiu, aplikovanie životného cyklu vývoja softvéru alebo Software Development Life Cycle (SDLC) [8] do tvorby vývoja DT pre účely KM, by malo taktiež vychádzať z princípov základných metodík, vytvorených pre tento účel. Medzi metodiky, ktoré boli zohľadňované pri tvorbe modelu, najmä v časti konštrukcie technológie DT prostredníctvom úrovni zrelosti DT je možné považovať:

Model vodopádu – je považovaný za najstaršiu štruktúrovanú SDLC metodológiu vývoja softvéru. Je založený na lineárnom postupnom prechádzaní z jednej fázy do druhej, po predchádzajúcom dokončení aktuálnej fázy, pričom jedna fáza nadväzuje na ďalšiu [9]. So snahou prepojenia základných metodík SDLC a ich princípov považujem za kľúčové oblasti softvérového vývoja aplikovateľné do vízie tvorby DT KM nasledujúce fázy (Obrázok 2).



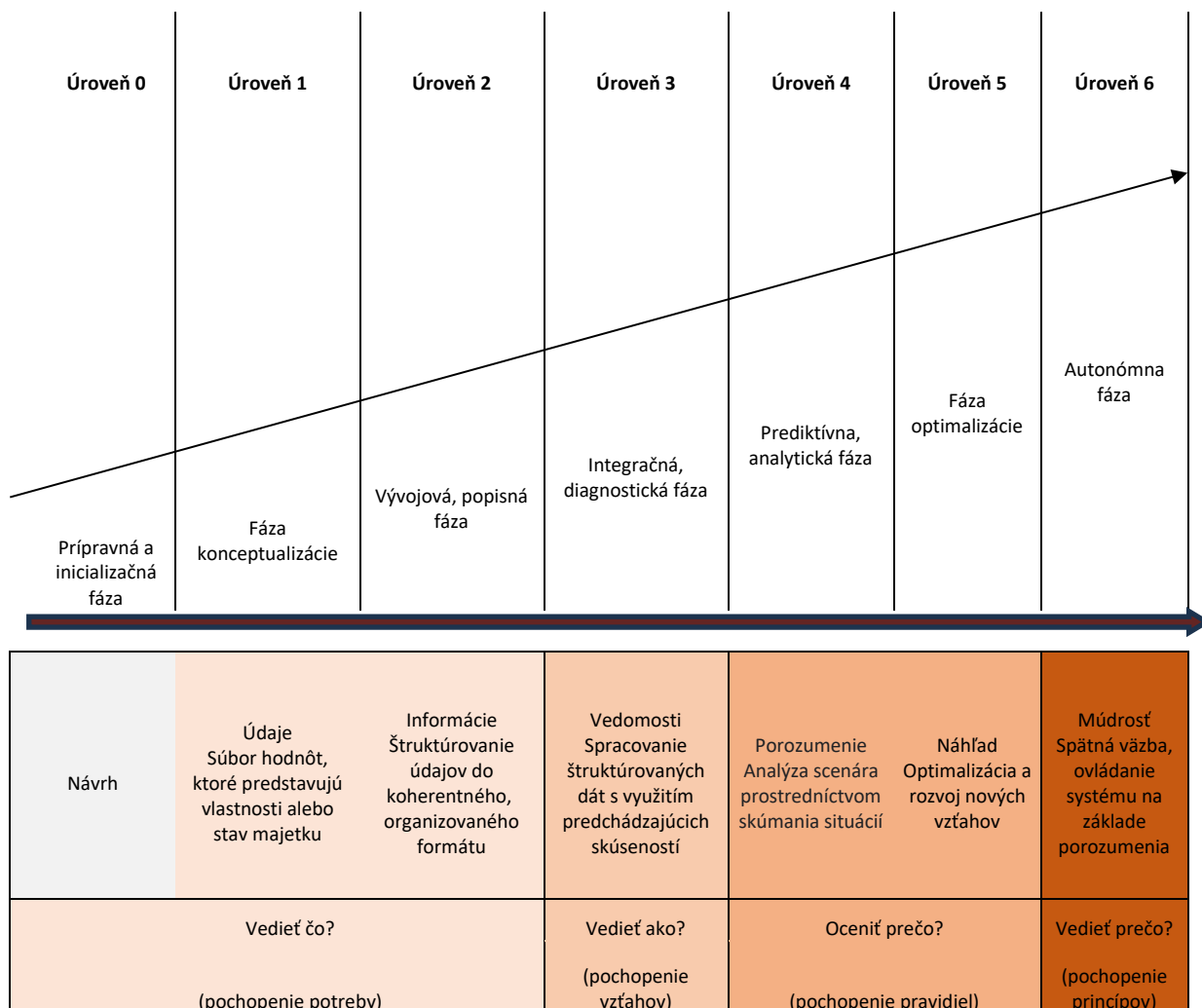
Obrázok 2. Kľúčové oblasti vývoja technológie digitálneho dvojčata

- **Návrh** z pohľadu tvorby technológie DT predstavuje prvotnú fázu tvorby softvérového riešenia. Identifikácia hlavných cieľov digitálneho dvojčata a stanovenie požiadaviek, ktoré má spĺňať od funkcií až po celkové spracovanie. Fáza návrhu zahŕňa pochopenie účelu DT KM, jeho zamýšľaného používania a požiadaviek na funkcie a vlastnosti,
- **Vývoj** predstavuje v tomto kontexte fázu vývoja technológie DT z pohľadu konkrétnych programátorských a softvérových riešení, ktoré povedú k vzniku softvérového riešenia a zároveň zabezpečia flexibilné, funkčné a spoľahlivé DT pre účely KM. Pred zavedením DT do plnohodnotnej prevádzky by malo byť súčasťou fázy vývoja testovanie, pozostávajúce z overenia očakávaných požiadaviek,
- **Prevádzka** pozostáva z plnohodnotného implementovania a používania technológie DT pre účely KM a využívania jej funkcií,
- **Údržba** je pomyselnou poslednou fázou v tomto kontexte, ktorá zabezpečuje všetky úpravy a aktualizovanie softvéru DT počas jeho používania. Údržba je dôležitá aby DT bolo stále prevádzkovo schopné, bez porúch a akýchkoľvek obmedzení.

2.2 Úrovne zrelosti digitálnych dvojčiat

V literatúre sa používa viacero označení pre zhodnotenie a určenie štádia vývoja DT. V zahraničnej literatúre sú to pojmy ako úrovne zrelosti DT (Maturity Levels of the DT, DT Levels), triedy DT (DT

Classes) [10], [11] prípadne ako úrovne integrácie DT, klasifikácia DT a pod. pričom sa všetky snažia charakterizovať funkčnosť rôznych úrovní DT [1]. Následný prehľad (Obrázok 3), do ktorého sú integrované princípy znalostnej pyramídy, definuje hierarchický rámec jednotlivých úrovní zrelosti DT.



Obrázok 3. Úrovne zrelosti digitálneho dvojčaťa

Úrovne zrelosti DT slúžia na zhodnotenie a kategorizáciu úrovne vývoja a implementácie DT v rámci prostredia, do ktorého má byť zavedené. Úrovne poskytujú štruktúrovaný prístup k hodnoteniu zrelosti rozvoja iniciatív DT [12] na základe definovaných kritérií a štádií pokroku. Aktuálna úroveň zrelosti zavádzajúceho DT je definovaná jednou z fáz zrelosti, ktorá predstavuje úroveň na základe definovaného štádia pokroku podľa kritérií. Úrovne zrelosti pozostáva z niekoľkých fáz zrelosti, z ktorých každá predstavuje progresívnu etapu vývoja DT. Úrovne zrelosti pridávajú DT na funkčnosti s cieľom progresie k zložitejším stavom a zefektívneniu rozhodovacích procesov prostredníctvom automatizácie sekvenčných úloh a plnohodnotnému využitiu potencionálnu DT.

Spracovaný návrh úrovne zrelosti DT (Obrázok 3) podľa uvedeného modelu pozostáva celkovo zo siedmych úrovní. Iný autori rozoznávajú a definujú zväčša 5 alebo 6 úrovní. V návrhu (Obrázok 3) je uvádzaná Nultá úroveň Prípravná a inicializačná, ako úroveň pred začiatkom vývoja DT. Ostatné úrovne od Fázy konceptualizácie až po Autonómnu fázu sú úrovne, počas ktorých nastáva vývojový progres a

DT sa postupne technologicky zdokonaľuje. Návrh (Obrázok 3) zakomponováva princíp znalostnej pyramídy na otázky konceptualizácie. Následný popis stručne charakterizuje jednotlivé fázy zrelosti DT (Obrázok 3), špecifické pre každú úroveň. Nasledujú otázky, ktoré by mali byť najmä pred ale i počas realizovania týchto fáz zodpovedané, pred prechodom na ďalšiu úroveň. Charakteristika jednotlivých úrovni poskytuje spôsob lepšieho pochopenia aktuálnej úrovne, na ktorej sa vývoj DT nachádza.

Prípravná a inicializačná fáza

Prípravná a inicializačná fáza môže byť pokladaná v rámci vývoja DT za nultú úroveň zrelosti DT, návrhovej úrovne pred samotným začiatkom vývoja technológie. Fáza vychádza z prvotnej myšlienky identifikovania problému alebo identifikovanej potreby, za účelom zlepšenia určitého stavu, prípadne potreby zmeny, ktorej predpokladaným východiskom bude správne pochopenie výstupu projektu, od vývoja, implementácie DT až po jeho používanie.

Otázky:

- Je odpoveďou na identifikovaný problém alebo potrebu zmeny v KM technológia DT?
- Aká ma byť oblasť používania, do ktorej má byť DT implementované pre účely podpory rozhodovania KM?
- Za akým účelom sa má DT vo vybranej oblasti KM používať?

Fáza konceptualizácie

Prvá úroveň zrelosti DT je charakterizovaná najmä vytvorením virtuálneho digitálnych modelov fyzických aktív, prostredia, ako i popisnou analýzou fyzických aktív, ktoré zodpovedajú reálnemu prostrediu. Model vychádza zo zadaných údajov a parametrov, predstavujúc vlastnosti a stav reality. V tejto fáze prepojenie modelov s reálnym prostredím nie je plne vyvinuté. Na účel prepojenia DT, sa zohľadňuje už existencia implementovaných senzorov v reálnom prostredí, ktoré sa na tento účel doposiaľ nepoužívali, ale sú vhodným riešením, prípadne sa zavádzajú nové senzory so schopnosťou vzájomného prepojenia oboch prostredí.

Otázky:

- Aké primárne zdroje údajov sú potrebné na vytvorenie digitálneho modelu?
- Nakoľko sú dostupné, úplné a spoľahlivé dáta potrebné a potom použité na vytvorenie digitálnej vizualizácie a model DT?
- Je vyvinutý virtuálny digitálny model reálneho prostredia?
- Existujú možnosti pre integráciu virtuálneho a reálneho prostredia v reálnom čase?

Vývojová, popisná fáza

Druhá úroveň zrelosti DT sa zameriava na zachytenie, zhromažďovanie a vizualizáciu dát z reálneho prostredia. Úroveň pozostáva z aktualizácie dát v DT podľa stanovenej frekvencie aktualizácie, využívajúc štatistiky v reálnom čase, čím sa zabezpečí presné znázornenie aktuálneho stavu fyzického dvojčaťa.

Otázky:

- Sú toky údajov zo senzorov integrované v reálnom čase do DT?

- Ako často sa digitálne dvojča aktualizuje údajmi v reálnom čase?
- V akej úrovni je pokrytie pripojenia medzi virtuálnym a reálnym prostredím?
- Do akej miery je digitálne dvojča spojené a synchronizované s fyzickým dvojčaťom?

Integračná diagnostická fáza

V tejto fáze DT vďaka IoT pokrytiu vytvorí spojenie so senzormi prenášajúcimi zdroje údajov v reálnom čase, čo umožní monitorovanie stavu a rozpoznávanie potencionálnych anomálii a problémov. Začlenením historických údajov a normatívnych informácií do databáz sa vytvorí predpoklad na používanie rozšírených analýz a strojového učenia s postupným rozpoznávaním vzorov správania reálneho prostredia.

Otázky:

- Je dokončená vizualizácia historických údajov a informácií v DT?
- Je vytvorené synchronizované prepojenie v reálnom čase na prenos aktuálnych dát?
- Sú v systéme implementované algoritmy pre analytiku, generovanie a strojové učenie?

Prediktívna, analytická fáza

Organizácie využívajú historické údaje a údaje v reálnom čase, prediktívnu analýzu a strojové učenie na predpovedanie budúcich stavov alebo výkonu systému. alebo modelom založeným na fyzickom procese. vďaka strojovému učeniu a stanoveným hraničným hodnotám, ktoré sa nastavujú. V štvrtej úrovni zrelosti dokáže DT mať predpoklady na tvorbu scenárov budúcich potencionálnych vývojev prostredníctvom skúmania situácií reálneho prostredia vo virtuálnom priestore.

Otázky:

- Sú v DT implementované odporúčania a predpisy do DT a ako často sa aktualizujú?
- Do akej miery využíva naše digitálne dvojča techniky prediktívnej analýzy?
- Dokáže DT predpovedať potenciálne scenáre?

Fáza optimalizácie

DT je schopné využívať preskriptívnu analýzu a umožňuje preskúmať rôzne scenáre vytvárané na základe zachytených aktuálnych údajov s prihliadaním na možné budúce smerovania. DT v rámci 5 úrovne zrelosti je schopné poskytovať praktické poznatky a odporúčania, ktoré umožňujú odvodiť výsledok rozhodnutí a optimalizáciu zdrojov.

Otázky:

- Do akej miery naše digitálne dvojča využíva techniky preskriptívnej analýzy?
- Dokáže DT efektívne simulovať rôzne scenáre?
- Je DT schopné nepretržitej optimalizácie, učenia a zdokonaľovaniu sa?

Autonómna fáza

V rámci šiestej úrovne zrelosti je DT plne funkčné a pripravené na testovanie v rámci skúmaného prostredia, prípadne v ďalšom kroku, schopné pre zavedenie a používanie. Pokročilé algoritmy AI a strojové učenie sú integrované a automatizácia systému sa zlepšuje. DT by v rámci fázy malo byť pripravené realizovať nepretržité hodnotenie a zlepšovanie autonómneho výkonu. DT dosahuje

komplexné rozšírenie pokrytia a integruje so zainteresovanými stranami užívateľskej sféry. Vďaka zozbieraným údajom v reálnom čase, ktoré sú spojené s historickými údajmi DT dosahuje schopnosť odvodiť optimálny scenár, ktorý podporí vykonávať informované a rozhodnutia v reálnom čase, ktoré vedú k uskutočneniu potrebných činností v reálnom prostredí.

Otázky:

- Je DT plne autonómne a schopné hodnotenia a učenia sa na základe meniacich sa dát v reálnom čase, podľa ktorých je schopné vyvodiť optimálny scenár na podporu rozhodovania a realizovania potrebných činností?
- Je DT integrované medzi zainteresované strany užívateľskej sféry?

Dosiahnutie autonómnej fázy je v súčasnosti najvyššou formou DT. Prístup vývoja DT na základe charakterizovania a pochopenia úrovni zrelosti DT (Obrázok 3) zabezpečí prechod medzi jednotlivými fázami a umožňuje lepšie pochopenie systému. Začínajúc od základných úrovní, kde sa kladie dôraz na replikáciu informácií, postupne sa posúvajú k implementovaniu vyšších úrovní, kde sa integruje interakcia, autonómia a inovačné prvky. V každej fáze je nevyhnutné venovať pozornosť a zdôrazniť súvisiace výzvy, ktoré daná úroveň prináša.

Implementácia stratégie zavedenia DT KM si vyžaduje postupné zavádzanie, ktoré je dosiahnuteľné formovaním strategického postupu. Kroky postupu zohľadňujú následnosť jednotlivých úrovní zrelosti DT, zdôrazňujú dôležitosť každej fázy. Týmto spôsobom bude zabezpečená systematickosť a komplexnosť implementácie zavedenia technológie, čím sa zabezpečí, že sa DT bude vyvíjať synchronizovane s potrebami a stanovenými cieľmi.

Strategický postup by mal byť navrhnutý tak, aby bol flexibilný a prispôsobiteľný, pre podporu plánovacieho procesu implementácie [13], aby zodpovedal rôznej dynamike každej fázy zrelosti DT. Dĺžka trvania jednotlivých fáz úrovní nemusia byť totožné a môžu závisieť od mnohých faktorov. Rôzne faktory ako technické požiadavky, integrácia s existujúcimi systémami, dostupnosť zdroj, regulácia zo strany štátu a podobne môžu ovplyvniť samotné tempo implementácie.

3 Všeobecné princípy DT uplatniteľné v KM

Nasledujúci prehľad bol vytvorený na základe logického odvodenia aplikácie z praxi z rôznych oblastí v zahraničí, s prepojením na možnosti uplatnenia v KM v našich podmienkach. Prehľad uvádza, kľúčové princípy, ktoré sú pre oblasť KM relevantné a prakticky uplatniteľné pri používaní v podmienkach Slovenskej republiky v praxi. Prehľad uvádza a definuje vybrané všeobecné princípy DT s uvedením konkrétnych možností využitia v praxi KM. Prehľad poskytuje komplexné informácie, ktoré by sa v závislosti od aplikovania v konkrétnej oblasti KM nemali líšiť.

Tabuľka 1. Prehľad aplikácie všeobecných princípov DT v KM

virtuálna reprezentácia	<ul style="list-style-type: none"> • DT je virtuálna kópia reálneho prostredia, procesu, systému; • DT preberá vo svojich počiatočných štádiách vývoja digitálnu a virtuálnu podobu skúmaných procesov reálneho prostredia; • modelové zobrazenie zohľadňuje presné a detailné entity a charakteristiky skúmanej problematiky reálneho prostredia.
databáza historických údajov	<ul style="list-style-type: none"> • DT reálneho prostredia implementuje historické informácie a dáta podľa predmetu použitia DT z reálneho prostredia, ktoré na dosiahnutie autentickej a relevantnej digitálnej reprezentácie sprístupňujú používateľa a zainteresované strany pri jeho vývoji cez vstupy. • DT implementuje historické dáta (povodňové, o nedostatku pitnej vody, klimatické, historické údaje o minulých katastrofách, požiaroch, zemetraseniach, epidémiách, pandémiách, teroristických útokoch) prihládajúc na zameranie DT; • databáza historických údajov je zdrojom informácií na identifikáciu anomálií, odchýlok a stratu stability aktuálnych stavov a rozpoznanie vzorcov správania, na určenie frekvencie predpovedania potencionálnych KJ; • zlepšenie modelovania a simulácií validáciou krízových situácií; • podpora rozhodovania poskytujúc pochopenie minulých situácií a realizovanie informovanejších rozhodnutí.
zber údajov z reálneho prostredia	<ul style="list-style-type: none"> • nástroj na získanie údajov z reálneho prostredia, systému, procesu; • jednorazový alebo periodický proces získavania údajov; pozostáva z viacerých metód (pozorovanie, meranie, experimentovanie, analýza, popis..). • zber údajov z reálneho prostredia odzrkadľujúci stav v konkrétnom čase a v konkrétnych podmienkach; • kombinovanie s monitorovaním na účely pochopenia vzniknutej krízovej situácie v mestskom prostredí.

monitorovanie	<ul style="list-style-type: none"> • nástroj na sledovanie a získanie údajov z reálneho prostredia, systému, procesu; DT prostredníctvom inštalovaných fyzických zariadení senzorického charakteru (senzory, kamery, zariadenia v teréne, teplomery, drony, robotické systémy) získava kontinuálne údaje v reálnom čase; • zameriava sa na sledovanie a zhromažďovanie údajov aktuálneho stavu; • proces na identifikovanie odchýlok, anomálií, straty stability sledovaných parametrov v meste; <ul style="list-style-type: none"> • reprezentácia, sledovanie a získanie údajov mestského prostredia, jeho procesov v reálnom čase, zaznamenávajúca jeho aktuálny stav; • zvyšovanie situačnej informovanosti z rôznych zdrojov; monitorovanie povodňovej, meteorologickej a klimatickej situácie, požiar, prírodné katastrofy, znečisťovania ovzdušia a koncentrácia škodlivín vplyvom úniku NL pri chemických závodoch, jadrových elektrárňach a pod.; • monitorovanie aktuálneho pôsobenia síl a prostriedkov (policajné, hasičské, záchranné vozidlá); • znižovanie času pri detegovaní KJ.
digitalizácia	<ul style="list-style-type: none"> • technológia DT disponuje funkciou prevodu dát a informácií do digitálnej podoby, s cieľom uchovania a distribuovania; • digitalizácia historických údajov. <ul style="list-style-type: none"> • DT je schopné skenovať dokumenty, krízové plány, analýzy územia plány ochrany obyvateľstva do digitálnej podoby; • DT dokáže importovať mapové podklady, vytvárať digitálne 2D/3D modely budov a mestského prostredia; • digitalizácia kritickej infraštruktúry a jej prvkov s dostupnosťou podrobných plánov; je schopné dáta a informácie z analógových formátov prevádzať do digitálnej podoby; • vytváranie databáz s cieľom dostupnosti dokumentov pre účely KM
vizualizácia	<ul style="list-style-type: none"> • V DT je využívané na prezentáciu informácií, využívajúc 2D/ 3D modely, simulácie, grafy, prípadne animácie; • vizualizácia si vyžaduje proces digitalizácie dát a informácií; • využíva sa na ľahšie pochopenie informácií; • zdieľanie vizualizovaných informácií. <ul style="list-style-type: none"> • Vizualizácia DT v KM využívajúc mapové podklady umožňuje zobrazovanie oblasti postihnutej KJ; • tvorba interaktívnych grafov, zobrazujúcich údaje o evakuácii, počasí, výskyte extrémnych teplôt a pod.; • poskytuje krízovým manažérom podporu pochopenia čo môže viesť k efektívnejším reakciám na KJ.

spracovanie dát	<ul style="list-style-type: none"> • spracovanie dát v DT nasleduje po zbere dát a monitorovaní reálneho prostredia prostredníctvom rôznych zdrojov; • dáta sú identifikované podľa pôvodu, formátu a štruktúry, triedené podľa relevantnosti, kategorizované a štandardizované podľa protokolov do požadovaných formátov na účely ďalšieho využitia; • proces v DT zabezpečuje odstraňovanie duplicitných dát.
	<ul style="list-style-type: none"> • DT poskytuje pre KM kvalitné a usporiadané dáta z reálneho prostredia mesta;
analyzovanie	<ul style="list-style-type: none"> • DT využíva viaceré druhy analýz (prediktívna, preskriptívna, opisná alebo diagnostická analýza); • analyzované sú minulé, aktuálne stavy v reálnom čase ako aj analýzy s ohľadom na vývoj budúcich udalostí a trendov
	<ul style="list-style-type: none"> • v DT pre účely KM je analýza využívaná na predpovedanie budúcich potencionálnych KJ, prírodných katastrof, zlyhania prvkov kritickej infraštruktúry a analyzovanie trendov vývoja krízových situácií mesta; • analýza na odporúčanie optimálnych akcií na zníženie rizika KJ, reakcie na krízu, odporúčanie optimálnych stratégií v prípade pripravenosti na KJ alebo obnovu mestského prostredia; • analýza na pochopenie minulých udalostí; • analýza na diagnostiku výskytu odchýlok, anomálií alebo vzniku KJ a identifikáciu príčin.
varovanie a vyzozumenie	<ul style="list-style-type: none"> • po detegovaní odchýlok, anomálií alebo analyzovaní a vyhodnotení aktuálneho stavu reálneho prostredia je možné aktivovať a využiť túto funkciu; • automatické ale aj manuálne ovládanie;
	<ul style="list-style-type: none"> • včasné varovanie a vyzozumenie v prípade vzniku KJ; • varovanie a upriamenie pozornosti, ktoré následne vedú k realizovania rozhodnutia v reálnom prostredí.
modelovanie	<ul style="list-style-type: none"> • nástroj DT, ktorý umožňuje vytvárať virtuálny model reálneho prostredia a jeho modifikované verzie; • virtuálny model poskytuje komplexný prehľad o skúmanom reálnom prostredí, preberajúc jeho virtuálnu podobu; • modelovanie umožňuje tvorbu dátových modelov z dát a informácií; nástroj modelovania funguje spolu so simuláciou; • proces modelovania zdokonaľuje krízové scenáre.
	<ul style="list-style-type: none"> • nástroje DT umožňuje proces tvorby virtuálneho modelu mesta, na ktorom je možné realizovať experimenty a daný model modifikovať; • následne na modely mesta je možné vytvárať simulácie a následnú tvorbu scenárov na podporu rozhodovania v KM.

simulovanie	<ul style="list-style-type: none"> • v DT umožňujú proces zrkadlenia a virtuálnej tvorby dynamických procesov reálneho prostredia realizované na vytvorených modelov; • DT umožňuje pomocou simulovania rôznych strategických možností, preventívnych opatrení a ich dopadov; • tvorba realistických simulácií budúcich scenárov. <ul style="list-style-type: none"> • v DT pre účely KM poskytujú širokú škálu využitia od analyzovania aktuálnej situácie, tvorby scenárov a krízových scenárov, na účely podpory rozhodovania V KM v reálnom čase; • podpora tvorby simulácií krízových situácií povodne, nedostatok pitnej vody, zemetrasenia, havárie v bezpečnom prostredí; • využívanie na tréningové a vzdelávacie účely v oblasti KM.
riadenie	<ul style="list-style-type: none"> • DT umožňuje v reálnom prostredí riadenie a optimalizovanie; • ovládanie inštalovaných fyzických zariadení inštalovaných v reálnom prostredí na diaľku. <ul style="list-style-type: none"> • na základe detegovania KJ a jej dopadov iniciuje k vykonaniu rozhodnutí, preventívnych opatrení a vykonania a riadenia tejto situácie za účelom ochrany životov a zdravia, obnovy a vrátenia prostredia mesta do stabilného stavu.

4 Záver

V závere môžeme konštatovať, že v súčasnom rýchlo sa meniacom technologickom prostredí a zvyšovaní nárokov na bezpečnosť miest je nevyhnutné mať flexibilné a inovatívne riešenia. Proces tvorby návrhov implementácie a spustenia digitálnej transformácie v technológiách v DT, v rámci KM v mestskom kontexte, je v našich domácich podmienkach výzvou. Zrkadlenie mnohých funkcií mesta prostredníctvom dát dostupných v reálnom čase je jednou z mnohých využiteľných schopností DT, vďaka čomu dokážu jeho používatelia reagovať na zmeny reálneho prostredia a výzvy s nimi spojené. DT môže poskytnúť nástroje na optimalizáciu a autonómnosť operácií, riešenie problémov infraštruktúry a dopravnej siete, predpovedanie potenciálnych problémov vzniku MU a zvýšenie celkovej životnej úrovne spoločnosti v mestskom prostredí. Je preto nevyhnutné postaviť sa tejto výzve a prispôbiť sa dynamickým zmenám v digitálnom veku a súčasne zabezpečiť bezpečnosť a inovácie pre lepšie fungovanie miest vďaka dostupnosti dát a informácií vo virtuálnom priestore, ktoré by mohol získať, keby vyšiel von a fyzicky preskúmal aktívum v reálnom svete. Riešenie otázok o funkciách a vlastnostiach DT si vyžaduje úzku komunikáciu medzi vývojármi, zainteresovanými stranami a používateľmi. Je potrebné zohľadňovať viacero aspektov ako otázku právnej a regulačnej povahy, špecifických potrieb, zdrojov a celkových cieľov využívania, ktoré by mali byť pri vývoji a budúcich smerovaniach výskumu DT zohľadňované. Výskum by sa mal zamerať aj na konkretizovanie vstupných dát pre DT a definovanie konkrétnych druhov senzorov na ich zber a monitorovanie v reálnom čase, v závislosti od druhu MU. Údaje v DT môžu simulovať rôzne scenáre súčasných ale i budúcich javov, čo umožní používateľovi získať komplexný popis celého prostredia a taktiež umožní porozumieť jeho fyzickým entitám. Pri praktickom riešení poskytnite použiteľné platformy, ktoré by mohli byť prevedené aj do mobilných aplikácií, ako je tomu aj v zahraničí. Týmto spôsobom môže DT podporovať rozhodovací proces a umožniť užívateľom robiť informované rozhodnutia na základe detailného pohľadu na aktíva v reálnom svete.

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 bezpečnostné vedy“.

Referencie

- [1] Metcalfe, B. et al. 2023. Digital twin maturity levels: a theoretical framework for defining capabilities and goals in the life and environmental sciences. In: F1000Research 2023, 12:961. DOI: 10.12688/f1000research.137262.1
- [2] Milner, G., 2021. South Korean City Uses a Digital Twin to Meet Challenges. In: ArcUser. Summer 2021. Esri. 21-23.
- [3] Baviacqua, M. et al. 2020. Digital Twin Reference Model Development to Prevent Operators' Risk in Process Plants. Sustainability 2020, 12(3), 1088; <https://doi.org/10.3390/su12031088>
- [4] Segovia, M.; Garcia-Alfaro, J., (2022) Design, Modeling and Implementation of Digital Twins. In: Sensors 2022, 22, 5396. <https://doi.org/10.3390/s22145396>
- [5] Stanford-Clark, A., Frank-Schultz, E., Harris, M. (2019) What are digital twins? [online]. In: IBM Developer. Dostupné na: <https://developer.ibm.com/articles/digital-twins-and-the-internet-of-things/>
- [6] Grieves M. (2014) Digital twin: manufacturing excellence through virtual factory replication. White paper 2014;1:1-7. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/275211047_Digital_Twin_Manufacturing_Excellence_through_Virtual_Factory_Replication
- [7] Scott, R. 2020. Untangling the requirements of a Digital Twin [online]. The University of Sheffield. Advanced Manufacturing Research Centre (AMRC). [cit.2024-02-08]. Dostupné na: https://www.amrc.co.uk/files/document/406/1605271035_1604658922_AMRC_Digital_Twin_AW.pdf
- [8] Khan, R.A., Khan, S.U., Akbar, M.A a Alzahrani, M. Security risks of global software development life cycle: Industry practitioner's perspective. In: Journal of Software: Evolution and Process. Volume 36, Issue 3. ISSN 20477481 DOI: 10.1002/smr.2521
- [9] 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.
- [10] Rao AS: Evolution of digital twins open data science conference.May 2022. Reference Source
- [11] Wilking, F., Schleich, B., Wartzack, S. 2021. Digital twins - definitions, classes and business scenarios for different industry sectors. Proceedings of the Design Society. 1: 1293–1302. 2732-527X. DOI: 10.1017/pds.2021.129
- [12] Deleu, R. 2023. The Digital Twin Maturity Model. [cit. 2024-03-01]. Dostupné na: <https://di-physics.com/#what-is-digital-twin>
- [13] ŠIMÁK, L., 2016. Krízový manažment vo verejnej správe. 2. Prepracované vydanie. Žilina: FŠI ŽU. s.263. ISBN 978-80-554-1165-1.

Zlepšení možnosti ochrany dýchacích cest u dětí vytvořením prototypu dětského respirátoru

Ing. Ružena Langová¹, doc. Ing. et Ing. Karel Klouda, CSc., Ph.D.², Ing. Jiří Tílhon, Ph.D., LL.M.³

¹ Fakulta bezpečnostního inženýrství VŠB-TU Ostrava, Lumírova 630/13 700 30 Ostrava – Výškovice, ruzena.langova.st@vsb.cz

² Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i., Jeruzalémská 1283/9, 110 00 Praha 1 – Nové Město, klouda@vubp.cz

³ Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i., Jeruzalémská 1283/9, 110 00 Praha 1 – Nové Město, tilhon@vubp.cz

Abstrakt:

V rámci vědeckého příspěvku jsou rozebrány dílčí podklady pro navrhnutí nového prototypu dětského respirátoru. Inspirací pro návrh byl poznatek, že pro výrobu dětských respirátorů neexistují v rámci české nebo evropské legislativy žádné technické normy pro jejich návrh a zkoušení. V rámci průzkumu byly dle vitální kapacity plic navrženy čtyři velikosti dětských respirátorů. Pro potřeby práce bylo téma konzultováno s odborníky z praxe. Pro ochranu dýchacích cest dětí s opravdu vysokou účinností, je navržení respirátoru, který bude nositelům sedět a nezpůsoboval mu potíže velmi klíčové. Parametry by se měli posoudit s ohledem ne jenom na věk, velikost obličeje a použitý materiál, ale brát ohled na vydechovací odpor a kapacitu plic u dětí.

Cílem výzkumu je tedy stanovit co nejvhodnější parametry pro návrh podkladů pro výrobu dětských respirátorů, s ohledem na věk, materiál, odpor, kapacitu plic a funkčnost produktu, přičemž se navržené prototypy budou dále zkoušet ve Výzkumném ústavu bezpečnosti práce v Praze.

Klíčová slova: dětské respirátory, kapacita plic, materiál, velikosti respirátorů, návrh prototypů

1 Úvod

Potřeba chránit sebe a svoje okolí nabrala mnohem větší rozměr v čase nedávné celosvětové epidemie koronavirem, která od začátku roku 2020 zasáhla životy všech lidí. Nebývalá potřeba psychicky náročného shánění respirátorů s požadovanou účinností, způsobila mnohem častější objevování se nepřesných údajů, polopravd a nepravdivých informací o typech ochranných prostředků.

Při způsobu ochrany člověka proti virům, se s těmito prostředky setkáváme už v dávné minulosti. K omezení šíření virové epidemie je nouze zaměřit se na vniknutí virů do organismu. Jde především o cesty, kterými přijímá nezbytný vzduch a potraviny, také okem, protože oko je neustále zvlhčováno, což tvoří velmi dobré prostředí pro přežití viru, který v suchém prostředí „zahyne“.

Dýchací cesty poskytují virům základné podmínky potřebné pro množení, protože sami o sobě nejsou schopní další existence. Viry je možné pronášet dotykem na místech, kde dopadli kapénky s virem,

v němž se může vyskytovat prostor velice malý, okem neviditelný, s rozměry viru v nanometrech. Vylétující kapičky při kašli nebo při kýchnutí, se namnožením virů v organismu mohou vytvořit i mikrometrové viry.

Při jednom pouhým kýchnutím vylétne až 40 000 drobných kapiček rychlostí 320 km za hodinu, přičemž se může předpokládat, že některé kapičky jsou schopny doletět až do 8 m. Je proto na místě v daném případě zabezpečení vhodné ochrany. [1]

Vhodným variantem by měl tedy být typ překážky, která zamezí vstupu viru do dýchacích cest, ať je to od osoby šířící virus, nebo i pro osoby vdechující okolní vzduch. Takový druh ochrany jsou schopny poskytnout prosté roušky nebo ochranné prostředky nazývané respirátor. Oba prostředky jsou schopny vyčistit vzduch který vdychujeme nebo vydychujeme, tím že zachytí kapičky aerosolu s viry. [1]

2 Základní požadavky na ochranné masky dýchacích cest

Při zkoušce masky podle zkušební normy ČSN 17553:2022 nesmí být žádné viditelné vady, jako trhliny nebo deformace součástí. Znovu použitelné masky musí odolat alespoň pěti čistícím cyklům (nebo čistícím postupům), nebo vyššímu počtu cyklů které uvádí výrobce. U komunitních pokrývek obličeje, které nelze prát v pračce, musí uváděné podmínky zahrnovat proces dezinfekce.

Všeobecně využívané pokrývky obličeje musí mít prostředky pro připevnění kolem hlavy nebo uší, které zajistí, že komunitní pokrývka obličeje zůstane během používání ve správné poloze – při dýchání, mluvení, přikyvování atd.

Navrhování obličejových masek by měly být dostupné ve vhodných velikostech s ohledem na odchýlky morfologie zamýšlených nositelů. Téma se věnuje hlavně dimenzování vhodných masek, respirátorů, které budou navrženy pro děti od tří let do patnáct let. Obličejové pokrývky musí mít přizpůsobené minimální rozměry, aby vždy zakrývaly kritickou zónu nosu, úst a brady. Rozměry uvedené v normě, ČSN CEN/TS 17553:2022, které budou sloužit v dalším navrhování jako vzor, jsou antropometrická data.

Pro hodnocení kvality ochrany respirátorů bylo přijato označení FFP (Filter Face Piece), které je rozděleno do 3 kategorií. Což je evropský standard rozdělený do tří kategorií, FFP 1, FFP 2 a FFP 3. Vedle toho však existuje i americký standard N 95, N 99 a N100. [1]

Kategorizace filtrační účinnosti je především charakterizací kvality použitého porézního materiálu na výrobu respirátorů a nemusí mít vypovídací hodnotu o užitné ochranné účinnosti. Samotný materiál s vysokou filtrační schopností nezaručuje celkovou ochrannou účinnost, pokud není splněna odpovídající těsnost na obličeji. V takovém případě honba po zachycování co nejmenších částic aerosolu (i pod 0,3) nm je jenom obchodním trikem výrobců, protože zásadním kritériem pro každého jednotlivce není proklamovaná kvalita respirátoru, ale především kvalita jeho spolehlivosti při užití.

3 Fyziologie dýchacích cest dětského nositele

Dýchání jako soubor procesů výměny dýchacích a krevních plynů probíhá jako zevní a vnitřní dýchání. U přenosu dýchacích plynů mezi člověkem a prostředím mluvíme o zevní dýchání, které si blíže přiblížíme.

Ventilace jako cyklický proces vdychu a výdechu, při kterém se vzduch z atmosféry dostává do alveol a téměř ten stejný objem vzduchu zchudobněný o kyslík a obohacený o oxid uhličitý přechází z alveol do atmosféry. [2]

3.1 Funkční morfologie dýchacích cest

Vzduch vstupuje do dýchacího systému horními dýchacími cestami, ke kterým patří nosová dutina, nosohltan a hrtan. Dolní dýchací cesty se začínají průdušnicí, která se rozvětňuje na průdušky, které se dále dělí na průdušinky, které zásobují vzduchem základní jednotky plicního tkaniva – plicní lalůčky.

Vdechnutý vzduch se ohřátý nasycen o vodní páru po průchodu nosní dutinou a hltanem, přesouvá do průdušnice a bronchy až do respiračních bronchiolů a dále do alveolů, ve všech těchto alveolách již probíhá výměna plynů s krví. [3]

3.2 Plicní objemy člověka

Množství vzduchu, které při každém vdechu pronikne do plic, nebo při výdechu je vypuzeno z plic, se nazývá dechový objem (VT). Množství vzduchu, které po klidovém vdechu možno s maximálním úsilím vdechnout je inspirační rezervní objem (IRV), objem vypuzený aktivním výdechem je expirační rezervní objem (ERV) a objem, který v plicích zůstane po maximálním výdechovém úsilí, je reziduální objem (RV). V konduktivní oblasti dýchacích cest, kde neprobíhá výměna plynů s krví v plicním řečišti se takový objem vzduchu nazývá dechový mrtvý prostor (VD). Největší objem vzduchu, který může být vydechnut po maximálním vdechu se nazývá vitální kapacita plic (VC). Vitální kapacita plic je jedním z hlavních měřených charakteristik, která se často používá jako klinické měřítko plicní funkce, čím se zjišťují užitečné informace o síle dýchacích svalů a dalších aspektech funkce plic. [3]

Velmi důležitá je i vteřinová vitální kapacita plic; (usilovná vteřinová vitální kapacita plic FEV₁), jde o část vitální kapacity vydechnutá za první vteřinu usilovného výdechu, přináší další informace: může ukazovat svoji sníženou hodnotu například při nemocech jako je bronchiální astma i když hodnota vitální kapacity plic může být normální. Příčinou je zvýšení odporu dýchacích cest v důsledku bronchokonstrikce. [2]

Ventilace plic, dechový minutový objem (VE) je objem vzduchu vdechnutého za minutu u zdravého člověka přibližně 6 litrů (500ml/1 dech – 12 dechů/min). Maximální volní ventilace, nebo i dříve zvaná maximální dechová kapacita, je největší objem vzduchu, který může být vdechnut a vydechnut za 1 minutu volním úsilím, u zdravého člověka je to 125–170 l/min. [3]

4 Stanovení vitální kapacity plic u dětí

Téma vitální kapacity plic u dětí nebyla doposud podrobně vyhodnocena. V literatuře se uvádí že průměrné hodnoty plicní vitální kapacity se pohybují okolo 4 litrů. Trénovaný člověk dosahuje 5 až 7 litrů. [4] Hodnoty plicní vitální kapacity u dětí uváděna není, no některé zahraniční zdroje, v kterých byla kapacita plic u dětí řešena, uvádí velikost od 0,1 l do 2 l, u dětí od jednoho roku do věku 14 let. Rozmezí velikosti vitální kapacity plic u dětí nezávisí jenom na jejich věku, ale hlavně na tělesných proporcích jako jsou váha a výška. Také má vliv na kapacitu plic i tělesná aktivita, přičemž je možné hlavně u vodních sportů (ale i jiných aerobních cvičení) postupně navyšování kapacity plic.

Pro měření vitální kapacity plic se využívá a byla u různých měření použita metoda „Balloon method“, která spočívá v principu nadechování a úplného vydechnutí do balónu. Objem vydechnutého vzduchu jednoho výdechu (nádechu) v balónu je stanovena vitální kapacita člověka. Je v podstatě množství vzduchu, které mohou vaše plíce vytlačit na jeden nádech.

Na změření vitální kapacity plic bez praktického měření je možné tyto data zjistit na základě výšky osoby v centimetrech a věku osoby v letech. Vzhledem k nepraktickému zjišťování těchto dat v praxi byly pro potřeby článku vypočteny hodnoty na základě variability výšky dětí v stejném věku a pomocí průměrných hodnot byly pro dané věkové skupiny určeny hodnoty vitální kapacity plic dětí v litrech vzduchu.

Výpočet vitální kapacity plic se provádí pomocí této rovnice:

$$V = 0,041 * h - 0,018 * a - 2,69$$

V – životně důležitá kapacita plic v litrech vzduchu

h – výška v centimetrech

a – věk v letech

[5]

Použité hodnoty byly dosazeny do vzorce, na základě, čeho jsme zjistili data vitální kapacity plic u dětí dle průměrné výšky dětí a jejich věku.

Tabulka 1. Hodnoty vitální kapacity plic dětí (autor)

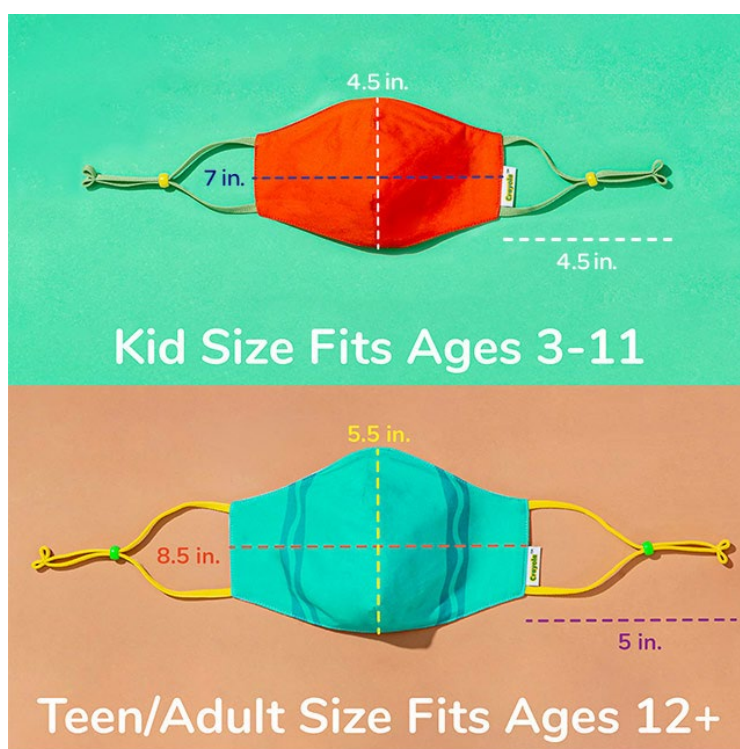
Věk [letech]	Výška [cm]	Vitální kapacita plic [l]
1	75	0,367
2	87,5	0,862
3	97	1,233
4	105	1,543
5	112,5	1,833
6	118,5	2,061
7	124,5	2,289
8	130,5	2,517
9	136	2,724
10	141	2,911
11	147,5	3,160

12	153,5	3,388
13	160	3,636
14	166	3,864

Za pomoci dat stanovených výpočtem vitální kapacity plic u dětí ve věku 1 rok až 15 let je možné hodnotit, že vitální kapacita plic u dětí se pohybuje v rozmezí od 0,36 do 4 l vzduchu. Děti starší jako 15 let, již nejsou malými dětmi, v tomto teenagerskom věku je u nich možné využívat i dospělácké velikosti respirátorů. Informace o vitální kapacitě plic dětí jsou vhodným prostředkem k výběru vhodných materiálů pro výrobu roušek pro děti, s ohledem na vdechovací a vydechovací odpor, přičemž lze navrhnout správný materiál s vyhovující prodyšností.

5 Navrhnutí velikostí vzoru dětského respirátoru dle vitální kapacity plic

Dle zahraničních zdrojů se v současnosti využívají dvě velikosti ochranných masek pro děti a to konkrétně: Dětská velikost Věk 3-11 (š 17,8 cm., d 11,43 cm.) a Tinedžerská velikost Věk 12+ (š 21,6 cm, d 13,97 cm). Pro příklad viz Obr.1. Velikost ochranných masek může být jinak dělena na velikost S/M a M/L, kdy velikost S/M odpovídá velikosti pro ženy a děti a velikost M/L odpovídá dospělácké mužské velikosti. [6]



Obr. 2 Typy dětských masek (17)

Dětská velikost Věk 3-11 (š 7 in = 17,8 cm., d 4,5 in = 11,43 cm.)

Tinedžerská velikost Věk 12+ (š 8,5 in = 21,6 cm, d 5,5 in = 13,97 cm)

Velikost dětských obličejů může být teda v současné době různorodá, a proto je stanovení většího spektra masek pro ochranu dýchání u dětí potřebné ve vysoké míře. Vzhledem k tomu, že v České

republiky není doposud normované vyrábění dětských respirátorů, je pro nás tato téma aktuální a bude se jí potřeba nadále podrobně věnovat.

Při navrhování dětských respirátorů je potřeba zvážit faktory ovlivňující výběr nejen vhodných materiálů, prodyšnost ale i velikost ochranných prostředků. Dalším důležitým faktorem pro navrhování dětských ochranných pomůcek je tedy velikost, která souvisí se správnou přiléhavostí masky na tvář, a tedy zvyšuje i ochrany dětí vůči vystavěným virem.

V průběhu studování podkladů na téma návrhu a výroby dětských respirátorů byl zpracován jednoduchý přehled a navržení velikostí respirátorů podle určité věkové kategorie a jednoduše byl také popsán návrh typů materiálů vhodných na výrobu respirátoru pro děti.

5.1 Velikosti respirátorů pro děti

Návrh vícero velikostí ochranných masek – respirátorů pro děti je založen hlavně z praktického hlediska. S ohledem na různorodost obličejů přes tak velké věkové rozhraní je to pochopitelně hodně důležité. Pro představu důležitosti praktičnosti vícero velikostí, a tedy i docílení vyšší ochrany (hlavně přiléhavost prototypů) bychom mohli uvést příklad tří letého předškoláka a třináctiletého školáka.

Navrženy byly pro účel praktického zavedení do výroby čtyři velikosti masek, rozděleny do skupin podle věku. Přibližné velikosti pro děti ve věku 1-15 let byly navrženy na základě zjištěných hodnot v kapitole 4.

Pro děti od narození po dovršení dvou let bylo předpokládáno využití ochranných vaků, přičemž této téměř se již v minulosti věnoval Ing. Jiří Slabotinský, který poskytl své materiály pro rozšíření obzoru na toto téma. [1]

První skupinu, kterou můžeme nazvat skupina A, tvoří děti od 3 do 5 let, přičemž u této skupiny je rozmezí vitální kapacity plic dle výše stanoveného výpočtu odhadována na 1,233 – 1,833 litru. Vitální kapacita plic pro druhou skupinu, skupinu B, je stanovena v rozmezí 1,833 – 2,724 l a zařazuje skupinu dětí od 6 do 9 let. Skupina C, do které patří skupina dětí od 10 do 12 let, má stanovenou hodnotu vitální kapacity plic v litrech od 2,724 do 3,388. Poslední skupinou je skupina D, zahrnující děti od 13 do 15 let s rozmezím vitální kapacity plic od 3,388 do 4,010 litru.

Tab. 2 Přehled navrženého rozdělení velikostí dětských respirátorů (autor)

Název	Věkové rozmezí [léta]	Rozmezí vitální kapacity plic [l]
Skupina A	3-5	1,233 – 1,833
Skupina B	6-9	1,833 - 2,724
Skupina C	10-12	2,724 – 3,388
Skupina D	13-15	3,388 – 4,010

Pro sestavení návrhu normy pro výrobu dětských respirátorů je potřebná příprava prototypů tzv. „kopyt“, které budou navrženy ve čtyřech velikostech, které jsou popsány podrobně výše.

5.2 Návrh materiálu respirátorů

Na českém trhu se nachází velké množství ověřených i méně známých výrobců, který svou produkci dětských respirátorů začali rozvíjet hlavně v čase pandemie Covid-19. Většina z nich splňuje požadavky jako zdravotnický prostředek dle směrnice 93/42/EHS a současně o osobní ochranný prostředek dle nařízení 2016/425.

Druh materiálu a kvalita výroby je velmi variabilní, a protože Česká republika doposud nedisponuje normou, která by určovala, podle jakých parametrů a z jakých materiálů dětské ochranné respirátory vyrábět, je tato téma na českém trhu stále otevřena a doposud čeká, na svoje řešení usnesením norem, pro jejich právoplatnou výrobu.

Pro další přiblížení se vhodnému návrhu dětských respirátorů jsou níže uvedeny některé výrobci dětských respirátorů, kde je možné vidět i přehled použitých materiálů na trhu.

Tab. 3 Porovnání výrobců a materiálů dětských respirátorů (autor)

	NÁZEV VÝROBKU	VÝROBCE	MATERIÁL
1.	SpurTex® VS	SPUR	SpurTex® VS L2 V1 - trilaminát, netkané textilie na báze viskózy, nanovláknitá filtrační vrstva z polymeru PVDF (polyvinilidenfluorid)
2.	NANOSÍK®	SPUR	SPURTEX® PP
3.	BreaSAFE® COMMUNITY MASK KIDS / TEENS	BreaSAFE	NnF MBRANE - BreaSAFE®
4.	Balerina Respirátor FFP2	Balerina	Nanovláknenné filtrační membrány
5.	Samosterilizační nano FFP2 respirátor VK RespiRaptor	Respilon	Nanovláknenná membrána s medi a samosterilizační technologií
6.	Promedor dětský respirátor FFP2 NR PRIMUS	Promedor24	bavlna + netkaná látka
7.	SPURTEX® V300 FFP3 NR	SPURTEX	SPURTEX® PP L3 V1 - nanovláknenné filtrační vrstvy
8.	Nano Med. Clean	Nano Medical	nanovláknennou membránou

Další vývoj tohoto tématu bude pokračovat konzultací materiálů s odborníky z Technické univerzity v Liberci, kde proběhne podrobní rozebrání jednotlivých řešení, případných nanomateriálů, které se budou moct dále použít při výrobě ochranných respirátorů pro děti. Konzultace a výběr proběhne na pracovišti společnosti NANOMEDICAL s.r.o. Technické univerzity v Liberci, které bude řešit ražbu respirátorů pro skupiny A-D. Pro jednotlivé velikosti budou připraveny prototypy (tzv. kopyta) respirátorů, které se dle vzoru vyrobí, aby mohli být dále zkoušeny ve Výzkumném ústavu bezpečnosti práce v Praze.

Převažující standardní materiály respirátorů pro dospělé byla nanotextilie z polyvinylfluoridu, která byla laminovaná polypropylenem – netkaná textilie. Námi provedená rešerše materiálů tzv. dětských respirátorů je v tabulce 3.

Rozhodující slovo ve výběru materiálů pro výrobu respirátorů pro děti bude mít odborné pracoviště Výzkumného ústavu bezpečnosti práce, v.v.i Praha.

6 Závěr

Děti jsou budoucností národa, a proto bychom měli zabezpečit jejich ochranu v co nejvyšší možné míře. V čase pandemie koronaviru lidé zjistili, že i navzdory tomu, jak je lidstvo vyspělé a modernizované může být napadené tak nenápadným útočníkem, který dokáže nadělat obrovské straty na životech. Ne jenom koronavirus, ale i běžné respirační onemocnění jsou pro děti velkým nepřítelem. Na děti se v tomto ohledu zcela zapomnělo a výroba provizorních respirátorů v čase pandemie se vykonávala dle zkušební technické normy pro výrobu respirátorů pro dospělé.

V rámci Evropské unie nebyla doposud vytvořena norma, která by řešila výrobu dětského respirátoru dle potřeb dětského uživatele. Proto je cílem výzkumu v rámci dizertační práce a projektu SGS dále podrobně prostudovat a navrhnout vhodnou variantu dětského respirátoru.

Podle nastudovaných dat a údajů v rámci výzkumu jsme se zaměřili na stanovení velikosti čtyřech velikostí dětských respirátorů A-D, které byly navrženy dle vitální kapacity plic dětí. Tato hodnota nebyla získána průzkumem jednotlivých uživatelů, ale byla stanovena dle výpočtu, podle věku a průměrné výšky dětí. Také byl proveden průzkum materiálů doposud použitých na výrobu respirátorů, čím jsme vytvořili přehled vhodných materiálů, které budou použity na vytvoření prototypů pro další zkoušení prodýchatelnosti, propustnosti a vhodnosti materiálu.

Navrhnuté velikosti a prototypy respirátorů budou dále konzultovány s pracovištěm společnosti NANOMEDICAL s.r.o. Technické univerzity v Liberci a poté zkoušeny a hodnoceny v spolupráci s Výzkumným ústavem bezpečnosti práce, v.v.i Praha.

Reference

- [1] Ing. Jiří Slabotinský, CSc; Ing. Pavel Častulík, CSc; Dekonta CBRN, s.r.o. Brno, 2022. *Není respirátor jako respirátor*. 2022. Brno: Dekonta CBRN, s.r.o.
- [2] JAVORKA, Kamil, 2001. *Lékařská fyziologie: učebnice pre lékařské fakulty*. 2001. Martin: Osveta. Vysokoškolské učebnice (Osveta). ISBN 80-806-3023-2.
- [3] GANONG, William F., 2005. *Přehled lékařské fyziologie: dvacáté vydání*. 2005. Praha: Galén. ISBN 80-726-2311-7.
- [4] *Měření plicní vitální kapacity* [online]. Praha: NovePC, 2016 [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: <https://pardubice.nempk.cz/uploads/facilitywing/189/doc/mereni-plicni-vitalni-kapacity.pdf>
- [5] *The Grainger College of Engineering, Physics Van* [online]. University of Illinois, Urbana – Champaign, 2007 [cit. 2024-04-05]. Dostupné na: <https://van.physics.illinois.edu/ask/listing/786>

- [6] Crayola; How do I select the proper Crayola Face Mask size?, 2024 Crayola. [cit. 2024-04-05]. Dostupné na: <https://www.crayola.com/faq/online-shopping/how-do-i-select-the-proper-crayola-face-mask-size/>
- [7] LUNG VOLUMES AND FORCED VENTILATORY FLOWS: Report working party standardization of lung function tests european community for steel and coal. Erj.ersjournals [online]. Spojené království (UK): Copyright ©ERS Journals Ltd 1993 European Respiratory Journal, 1993, 6/1993 [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: https://erj.ersjournals.com/content/erj/6/Suppl_16/5.full.pdf

Štatistický prieskum správ o závažných priemyselných haváriách za obdobie 2000 – 2020 v najrizikovejšom priemyselnom odvetví z databázy eMARS

Samuel Kočkář¹

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

Abstrakt: Tento článok poskytuje štatistickú analýzu závažných priemyselných havárií (ZPH) v členských štátoch Európskej únie za roky 2000 až 2020, zameriavajúc sa na odvetvie výroby všeobecných chemikálií, ktoré zaznamenalo najvyšší počet ZPH. Na základe dát z databázy eMARS boli preskúmané reporty o 114 ZPH v najrizikovejšom odvetví, čo predstavuje 9% všetkých zaznamenaných správ o ZPH. Výsledky ukázali prevahu toxických rozptylov ako hlavného fyzikálneho následku, s príčinami súvisiacimi so zlyhaním zariadení a nesprávnymi pracovnými postupmi. Štúdia taktiež poukázala na efektívnosť smernice SEVESO III v znižovaní incidentov, zdôrazňujúc význam bezpečnostných opatrení v priemysle.

Kľúčové slova: databáza, eMARS, Seveso, závažné priemyselné havárie, prevencia.

1 Úvod

Databázy a informačné systémy (závažných) priemyselných havárií predstavujú užitočné nástroje na podporu rozhodovania v rámci procesu prevencie vzniku ZPH ale aj vo fáze ich zdoľovania a samotného riešenia p ich vzniku. Tieto informačné systémy sú vytvorené na základe databáz, ktoré združujú údaje o už uskutočnených haváriách. Cieľom je čerpať informácie zoskupených v týchto databázach a predchádzať rovnakým alebo podobným incidentom alebo haváriám v budúcnosti („lessons learned“). Účelom všetkých databáz tohto typu je uľahčenie výmeny skúseností získaných z chemických havárií s prítomnosťou nebezpečných látok. Konečný cieľ je zvyšovanie úrovne kvality prevencie pred vznikom ZPH s prítomnosťou nebezpečných látok a zmierňovať možné následky v prípade ich vzniku.

V rozsahu Európskej únie má na starosti zlučovanie a sumarizovanie informácií o závažných priemyselných haváriách The Major Accident Hazards Bureau – MAHB.

2 Výber pre štatistický prieskum v databáze eMARS

Ako zdroj údajov pre túto analýzu bola zvolená databáza eMARS a jej dva základné moduly: „databáza reportov“ [1] zo vzniknutých ZPH a ich „štatistický sumarizačný modul“ štatistických údajov [2]. Samotná štatistická analýza bola vykonaná na hlásených správach o ZPH za obdobie rokov 2000 – 2020 len v rozsahu členských štátov Európskej únie. Tabuľka 1 obsahuje prvých desať priemyselných odvetví v počte registrovaných vzniknutých ZPH za obdobie rokov 2000 – 2020 [2]. Pre účely analýz v tejto štúdií bolo zvolené priemyselné odvetvie, ktoré za sledované obdobie zaregistrovalo najväčší počet vzniknutých ZPH – „General chemicals manufacture (not otherwise specified in the list)“ s celkovým

počtom 123 ZPH. Všetky štatistické údaje a reporty za analyzované obdobie sa vzťahujú len na ZPH nie na udalosti iného typu ako „Near Miss“ alebo „Other Event“, ktoré sú taktiež vedené v rámci databázy eMARS.

Tabuľka 1 Počet registrovaných ZPH v EÚ podľa priemyselných odvetví (Autor)

P. č.	Priemyselné odvetvie	Počet ZPH (2000 - 2020)
1.	Výroba všeobecných chemikálií (inak nešpecifikovaných v zozname)	123
2.	Petrochemické / ropné rafinérie	119
3.	Spracovanie kovov	33
4.	Výroba, dodávka a distribúcia energie	27
5.	Výroba, ničenie a skladovanie výbušnín	26
6.	Iná činnosť	25
7.	Veľkoobchodné a maloobchodné skladovanie a distribúcia (okrem LPG)	24
8.	Skladovanie, spracovanie a likvidácia odpadu	22
9.	Spracovanie kovov pomocou elektrolytických alebo chemických procesov	21
10.	Výroba základných organických chemikálií	20

V rámci vykonania podrobnejšej analýzy jednotlivých správ zo ZPH v najviac postihnutom priemyselnom odvetví bol použitý filter (Tabuľka 2) v databáze eMARS - „Search Accident Reports“ [1] na zobrazenie konkrétnych správ o nehodách za obdobie rokov 2000 - 2020. Podľa kritérií filtra obsahuje databáza 114 výsledkov správ, ktorých charakteristiky sú analyzované pomocou štatistických metód.

Tabuľka 2 Výberové kritériá v databáze eMARS "Search Accident Reports" (Autor)

Dátum od	1.1.2000
Dátum do	31.12.2020
Typ udalosti	Závažná priemyselná havária
Industry Type	Výroba všeobecných chemikálií (inak nešpecifikovaných v zozname)
Legislatíva	Smernica EÚ Seveso I
	Smernica EÚ Seveso II
	Smernica EÚ Seveso III
Zoradiť podľa	Dátum začiatku (vzostupne)

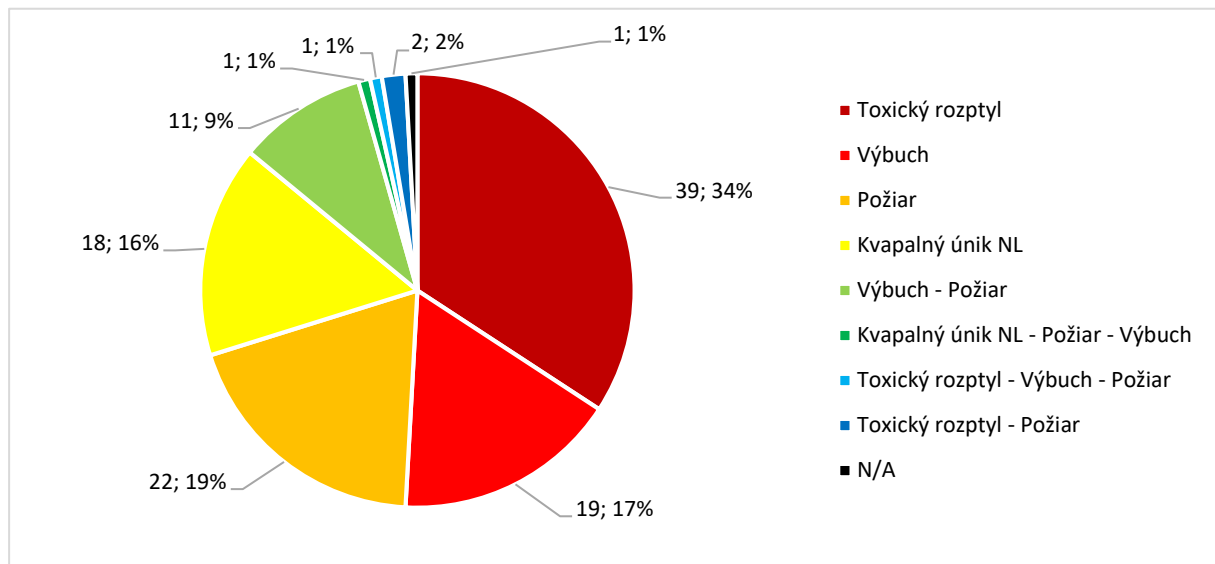
Celkovo v databáze eMARS - „Search Accident Reports“ bolo v čase spracovávanie tejto analýzy (jún 2023), 1188 evidovaných správ o ZPH prierezovo všetkými kritériami, pričom 114 analyzovaných v tejto štúdii tvorí 9% všetkých dát a informácií databázy eMARS.

Každá správa o závažnej priemyselnej havárii zo 114 zverejnených a prístupných bola analyzovaná pričom, v každej z nich bolo cieľené na údaje ku štatistickému spracovaniu:

- Accident Type (Typ nehody);
- Special Circumstances (Špeciálne okolnosti);
- Phase of process (Fáza procesu);
- Cause of Mmajor Industrial Accident (Príčina ZPH);
- Involved Facility (Dotknuté zariadenie);
- Consequences – Injuries / Deaths (Dôsledky – Zranenie / Úmrtie);
- Financial Consequences (Finančné dôsledky).

2.1 Typ nehody (Accident Type)

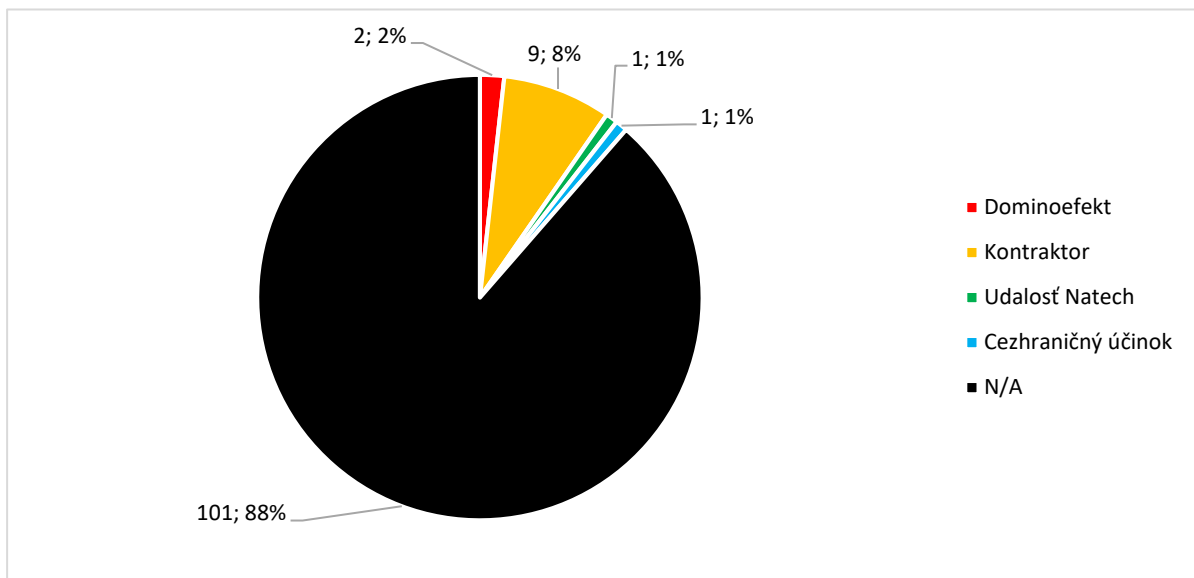
Závažné priemyselné havárie majú tri následky fyzikálnych účinkov: tepelný, pretlakový a toxická koncentrácia v ovzduší. Na (Obrázku 1) je výsečový graf zo 114 analyzovaných správ o ZPH a podiele zaznamenaných fyzikálnych účinkov. Najväčší výskyt fyzikálneho následku bol toxický rozptyl látky plynného skupenstva „Toxický rozptyl“ – 39; s podielom 34%. Druhé miesto najčastejšieho následku bol „Požiar“ – 22 s podielom 19%. „Výbuch“ s výskytom 19-krát pri podiele 17% obsadil tretie miesto. „Kvapalný únik NL“ na štvrtom mieste predstavuje únik nebezpečnej látky v kvapalnom skupenstve s počtom 18 a podielom 16%. Ďalej nasledujú kombinácie chronologickej postupnosti výskytu následku fyzikálneho účinku nakoľko boli niektoré ZPH sprevádzané viacerými z nich, tie obsadili sekundárne miesta s počtami od 1 – 9% podielu. N/A bol jediný prípad, kedy pri analýze správy nebolo spomenuté ani možné identifikovať aký scenár následku nastal.



Obrázok 1 Koláčový graf podielu fyzikálnych následkov (Autor)

2.2 Špeciálne okolnosti (Special Circumstances)

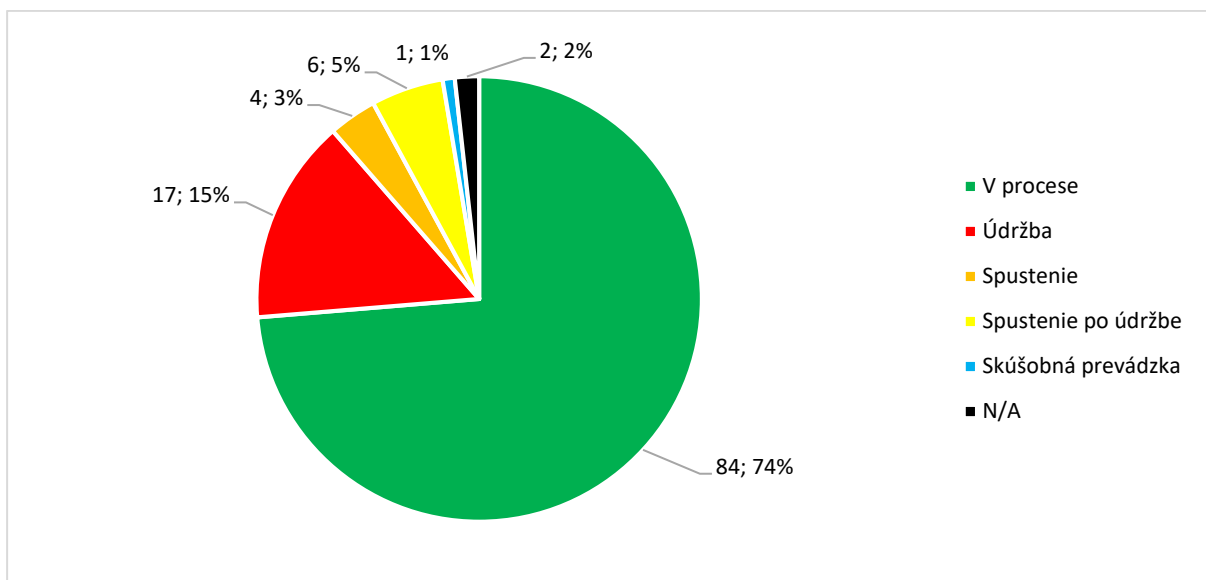
Ich výskyt v analyzovanom súbore správ o ZPH nebol príliš vysoký ako nám ukazuje koláčový graf na (Obrázku 2). Jav „Dominoefekt-u“ bol evidovaný len v 2 správach (2%) o ZPH. Priame zapojenie konania „Kontraktora“ – externého pracovníka do eskalácie ZPH bol evidovaný v 9 správach o ZPH (8%). Vplyv pôsobenia negatívnych živelných prírodných javov na vznik alebo eskaláciu ZPH „Udalosť Natech“ sa v analyzovaných správach vyskytol len v 1 správe (1%). S rovnakým podielom a počtom výskytu 1% v analyzovaných správach bol evidovaný aj „Cezhraničný účinok“, kedy nastal ZPH s dosahom následkov za hranice štátu, v ktorom ZPH vznikla. Zo všetkých 114 analyzovaných správ však prevažná väčšina 101 správ (88%) spadá do kategórie „N/A“, kedy v správach nebol uvedený žiadny výskyt definovaných špeciálnych okolností.



Obrázok 2 Koláčový graf podielu výskytu špeciálnych okolností pri vzniknutých ZPH (Autor)

2.3 Fáza procesu (Phase of process)

V rámci analyzovaných 114 správ o ZPH bol záujem smerovaný aj na „Fázu procesu“, počas ktorej ZPH vznikla. Pre účely tohto prieskumu bolo identifikovaných 5 pracovných situácií, ktoré sú štatisticky spracované na (Obrázku 3) v koláčovom grafe. Prvá a najviac vyskytujúca sa pracovná situácia bola „V procese“ čo predstavuje bežnú prevádzku 84 prípadov (74%) ZPH. Druhý najväčší výskyt ZPH podľa fázy procesu sa týkal „Údržba“, 17 prípadov (18%) kedy počas údržbárskych činností a prác došlo ku vzniku ZPH. „Spustenie“ boli 4 prípady (3%), kedy vznikla ZPH v rámci uvádzania nového zariadenia (podniku) do činnosti. „Spustenie po údržbe“ s výskytom 6 prípadov (5%) vzniku ZPH pri spúšťaní procesu po údržbe. „Skúšobná prevádzka“ predstavuje fázu procesu s najmenším zastúpením v 1 prípade (1%) ZPH nastala vo fáze skúšobnej prevádzky zariadenia. „N/A“ vyjadruje 2 prípady, kedy z analyzovaných správ nebolo možné určiť vkej fáze procesu došlo ku vzniku ZPH.

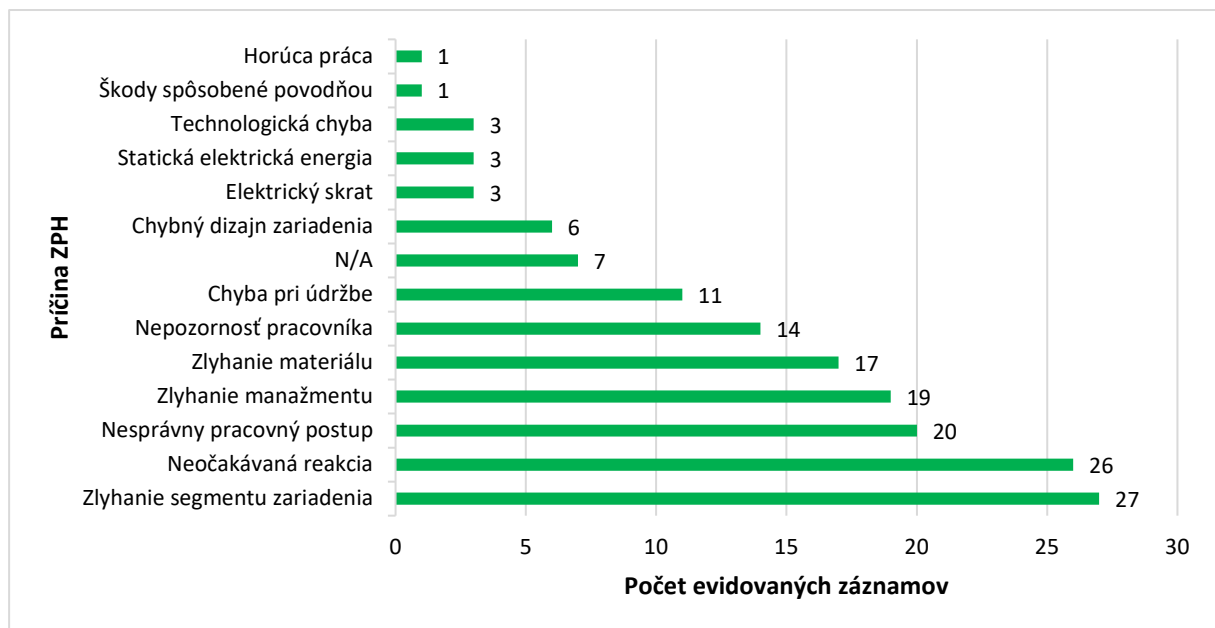


Obrázok 3 Koláčový graf podielu vzniku ZPH vo fáze procesu (Autor)

2.4 Príčina závažnej priemyselnej havárie (Cause of MIA)

Vo všetkých 114 analyzovaných správach o ZPH bol identifikovaný výskyt štrnástich kategórií príčin vzniku, ktoré sú zobrazené na horizontálnom stĺpcovom grafe (Obrázok 4). „Zlyhanie segmentu zariadenia“ je kategória obsahujúca ZPH spôsobené zlyhaním komponentu zariadenia s najväčším počtom 27 evidovaných prípadov (17%) ZPH. „Neočakávaná reakcia“ sa nachádza na druhom mieste s počtom 26 prípadov (16%), kedy sa za určitých podmienok začal proces alebo zariadenie správať nevyspytateľne s dôsledkom vzniku ZPH. „Nesprávny pracovný postup“ sa týka zamestnancov, ktorý vykonali nesprávny pracovný postup v 20 prípadoch (13%) príčin vzniku ZPH. „Zlyhanie manažmentu“ je kategória identifikujúca zanedbanie právnych povinností prípadne zlyhanie v riadení interných

procesov v 19 prípadoch (12%) ZPH. „Zlyhanie materiálu“ poukazuje na ZPH zapríčinené konkrétnym zlyhaním materiálu v 17 prípadoch (11%) ako je napríklad únava materiálu, korózia.. „Nepozornosť pracovníka“ pokrýva ZPH, ktoré vznikli v dôsledku situácie vyplývajúcej z nepozornosti pracovníka v 14 prípadoch (9%). „Chyba pri údržbe“ obsahuje ZPH vzniknuté v dôsledku nesprávne vykonanej údržby v 11 prípadoch (7%). „N/A“ predstavuje 7 správ (4%) o ZPH, v rámci ktorých nebolo možné identifikovať príčinu vzniku ZPH. „Chybný dizajn zariadenia“ bol príčinou vzniku 6 prípadov (4%) ZPH.

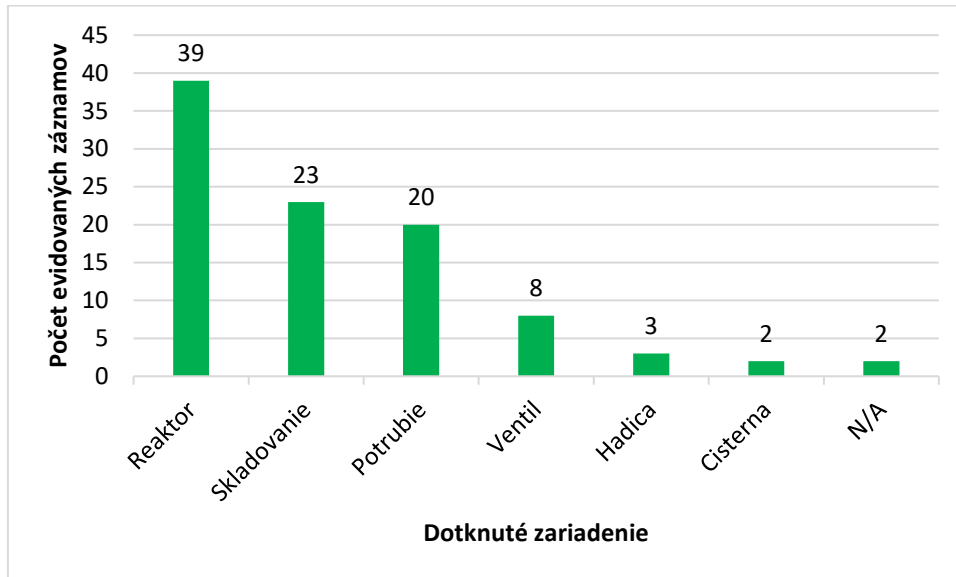


Obrázok 4 Horizontálny stĺpcový graf príčin ZPH (Autor)

2.5 Dotknuté zariadenie (Involved facility)

V stĺpcovom grafe na (Obrázku 5) „Dotknutých zariadení“, ktoré boli zdrojom vzniku ZPH v analyzovaných 114 správach. „Reaktor“ bol evidovaný v 39 prípadoch (34%). „Skladovanie“ ako zásobníky alebo iné skladovacie zariadenia na nebezpečné látky predstavovali zdroj ZPH v 23 prípadoch (20%). „Potrubie“ ich poškodenie bolo v 20 prípadoch (18%) zodpovedné za vznik ZPH. „Ventil“ s najčastejšími netesnosťami alebo poškodením spôsobili v 8 prípadoch (7%) vznik ZPH. „Hadica“, flexibilné hadice prepájajúce reaktor s prívodom nebezpečnej látky mali poškodenie v 3 prípadoch (3%) so zapríčinením ZPH. „Cisterna“ boli 2 prípady (2%), kedy v podniku počas stáčania alebo odstavenia došlo k úniku z cisterny a vzniku ZPH. „N/A“ sú 2 prípady, kedy nebolo identifikované žiadne zariadenie v správe o ZPH. Nasleduje ďalších 17 „Dotknutých zariadení“, z ktorých každé je zastúpené po 1 prípade (1%): Elektroinštalácia budovy, Pec, Baliaci stroj, Odstredivé čerpadlo, Prívodné čerpadlo, Systém odsávania vzduchu, Detoxikačná vaňa, Destilačná jednotka, Separátor plynu, Spaľovací priestor na

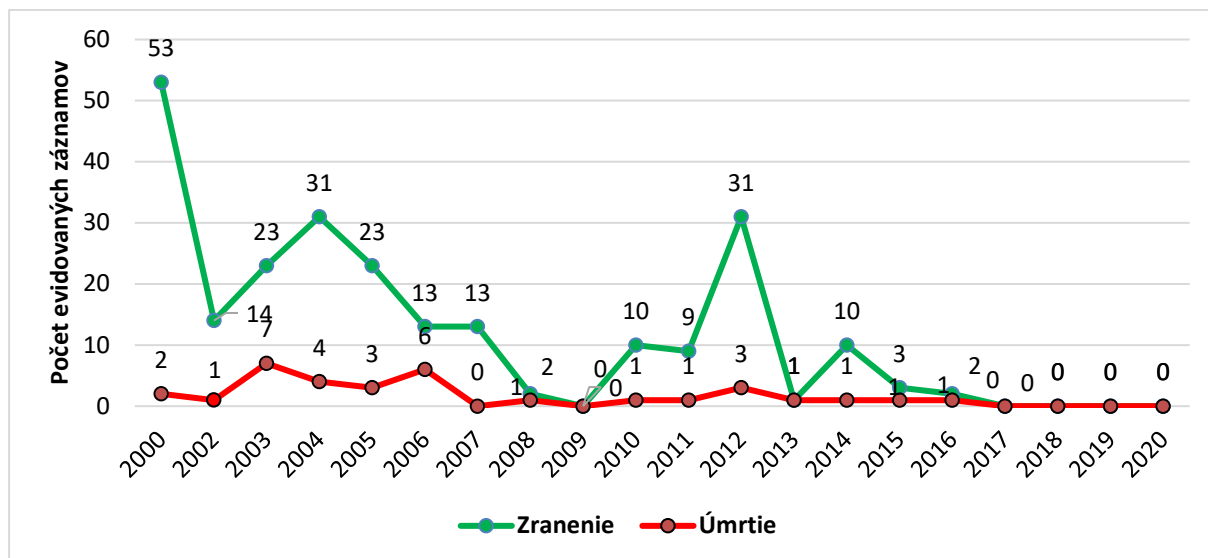
pyrotechnický odpad, Dopravníková rúra, Čerpadlo, Šachta na odpadovú vodu, Plnička fliaš, Susedný závod, Železničná cisterna.



Obrázok 5 Koláčový graf zariadení ako zdroj vzniku ZPH (Autor)

2.6 Dôsledky – Zranenie / Úmrtie (Consequences – Injuries / Deaths)

Dôsledky na osobách sú niekedy nešťastnou súčasťou ZPH či už v podobe zranení alebo dokonca úmrtí. Obrázok 6 zobrazuje na dvojrozmernom spojnicovom grafe počty „Zranenie“ a „Úmrtie“ v rámci ZPH zo 114 analyzovaných reportov za obdobie 2000 - 2020. Avšak rok 2001 sa tam nenachádza z dôvodu, že v tomto roku nastala ZPH - výbuch vo francúzskej chemickej továrni AZF v meste Toulouse (eMARS Accident Search - Toulouse, 2001), kde bolo zranených až 2442 osôb čo by spôsobovalo veľký extrém oproti ostatným hodnotám v grafe, ktorých priemer je výrazne nižší. Medzi obidvomi zložkami grafu môžeme vidieť markantný rozdiel „Zranenie“ sú častejšie ako „Úmrtie“, pričom pre „Zranenie“ máme najvyššie počty v roku 2000 (53x) a 2012 (31x). Následne ku koncu analyzovaného obdobia môžeme vidieť nulové následky na osobách. To môže mať súvis práve s transponovaním spomínanej smernice 2012/18/EÚ SEVESO III členskými štátmi EÚ, pričom na posledné dva analyzované roky z reportov 2019 a 2020 nezaznamenali ani jednu správu o ZPH.



Obrázok 6 Spojnicový graf evidovaných dôsledkov Zranenie / Úmrtie (Autor)

Můžeme vidieť, že sledované obdobie končiace rokmi 2019, 2020 je v týchto dvoch rokoch bez registrovaného záznamu ZPH v rámci sledovaného priemyselného odvetvia „Výroba všeobecných chemikálií (inak nešpecifikovaných v zozname)“. Tento jav môžeme pravdepodobne pripísať implementovaniu novej smernice SEVESO III v roku 2015. Samozrejme na relevantné potvrdenie by sme potrebovali ešte údaje za ďalšie časové obdobie s využitím korelačnej analýzy.

Yue Xiang, Ziyun Wang, et al. vykonali štatistickú analýzu na rovnaké časové obdobie (2000-2020) len v rámci územia Čínskej ľudovej republiky a na väčšej vzorke reportov (478) z dôvodu zahrnutia všetkých odvetví [4]. V rámci tejto štúdie bola vykonaná analýza ZPH za spomínané časové obdobie vrátane času, miesta, úrovne a typu havárie, nebezpečných látok, ktoré sa na ZPH podieľali, pracovné situácie a príčiny nehody. Zo 478 analyzovaných ZPH bolo 40% výbuch, 32% požiar a 28% únik NL. Analýza z časového hľadiska v akú hodinu najčastejšie nastáva vznik ZPH vyjadřila časové intervaly od 09:00 – 12:00 ráno a 15:00 – 16:00 poobede.

In Jae Shin publikoval v roku 2013 článok [5], v ktorom vykonal štatistickú charakteristiku ZPH, ku ktorým došlo v Kórejskej republike v rokoch (1996-2011). Celkovo analyzoval (147) prípadov, z ktorých bolo 50% výbuch, 36% požiar a 15% únik NL. Najčastejšie boli ZPH zapríčinené zariadeniami 17% nádrže, 16% potrubie a reaktory 15%.

V nasledujúcej (Tabuľke 3) sú sumarizované hodnoty pre „Typ nehody“ z uvedených článkov, pričom môžeme vidieť rozdielne hodnoty podielov. Nie je možné ich viac menej dávať do pomeru z niekoľkých dôvodov. Táto analýza vykonaná v tejto práci (Európska únia 2000-2020) sa zamerala na analýzu len jedného odvetvia, pričom (Čínska ľudová republika 2000-2020) pojednávala o všetkých registrovaných ZPH na jej území a rovnako tak aj v prípade (Kórejskej republiky 1996-2011) v jej prípade, však ešte sledované obdobie je naplnené len do polovice, po rok 2011.

Tabuľka 3 Hodnoty podielu následkov fyzikálnych účinkov (Autor)

Typ nehody	Európska únia (2000-2020)	Čínska ľudová republika (2000-2020)	Kórejská republika (1996-2011)
Únik NL	50%	28%	14%
Požiar NL	19%	32%	36%
Výbuch NL	17%	40%	50%

Tieto rozdiely sa podpísali na výsledku, ktorý je v uvedený v (Tabuľke 3) v prípade článkov analyzujúcich v Čínskej ľudovej republike a Kórejskej republike bol na prvom mieste výbuch. Naopak výbuch vyšiel z analýzy v tejto práci na poslednom treťom mieste so 17% a na prvom mieste únik NL s následným toxickým rozptylom s 50% podielom.

Na základe tohto kvantitatívneho výstupu môžeme tvrdiť, že v rámci členských štátov Európskej únie v rámci najrizikovejšieho priemyselného odvetvia „Výroba všeobecných chemikálií (inak nešpecifikovaných v zozname)“ za obdobie rokov (2000 – 2020) v 50% zo 114 správ o ZPH bol fyzikálny následok toxického rozptylu do atmosféry.

3 Závěr

Výsledky tejto analýzy poskytujú dôležitý prehľad o závažných priemyselných haváriách (ZPH) v najrizikovejšom odvetví výroby všeobecných chemikálií v členských štátoch Európskej únie za obdobie 2000 až 2020. Analýza 114 reportovaných prípadov ZPH z databázy eMARS odhalila, že prevládajúcim fyzikálnym následkom boli toxické rozptyly, ktoré predstavovali 34% všetkých prípadov. Príčiny týchto havárií boli najčastejšie spojené so zlyhaním zariadení a nesprávnymi pracovnými postupmi, čo poukazuje na význam správneho technického vybavenia a odbornej prípravy zamestnancov.

Analýza taktiež naznačila účinnosť smernice SEVESO III, keďže od jej implementácie v roku 2015 došlo k poklesu počtu havárií. To naznačuje, že zavedenie a dodržiavanie prísnejších bezpečnostných predpisov a noriem môže významne prispieť k zníženiu rizika priemyselných nehôd a ich dôsledkov na ľudské zdravie a životné prostredie. Porovnanie s podobnými štúdiami v Čínskej ľudovej republike a Kórejskej republike odhalilo rozdiely vo frekvencii a typoch ZPH, čo poukazuje na regionálne špecifiká a potrebu prispôbiť preventívne stratégie lokálnym podmienkam. V záujme zvýšenia bezpečnosti v priemyselných odvetviach a ochrany verejného zdravia by sa mali pokračovať v prieskumoch a analýzach ZPH, s cieľom lepšie pochopiť príčiny a mechanizmy vzniku týchto havárií. Taktiež by sa mal zvýšiť dôraz na prevenciu, vzdelávanie a šírenie osvedčenej praxe o rizikách spojených s chemickým priemyslom.

Referencie

- [1] eMARS Accident Reports, 2023. [online] [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: <https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/search>
- [2] eMARS Statistics, 2023. [online] [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: <https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/statistics/statistics>
- [3] Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2012/18/EÚ zo 4. júla 2012 o kontrole nebezpečenstiev závažných havárií s prítomnosťou nebezpečných látok, ktorou sa mení a dopĺňa a následne zrušuje smernica Rady 96/82/ES Text s významom pre EHP „SEVESO III“, 2012. [online]. [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/?uri=celex%3A32012L0018>
- [4] XIANG, Y., Z. WANG, CH. ZHANG, X. CHEN, E. LONG, 2022. *Statistical analysis of major industrial accidents in China from 2000 to 2020*. [online] Elektronický portál www.ScienceDirect.com [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1350630722006057?casa_token=oMf1v1Pv--sAAAAA:-eSknWUUVbUjyE2I-Pp1zbJL1v59Jx6OhbZZVF-unyDs3c-3DwnuloD67Q02DpUtzRzgdPgv
- [5] J. I. SHIN, 2013. *Major Industrial Accidents in Korea: The Characteristics and Implication of Statistics 1996-2011* [online]. AICHE – The Global Home of Chemical Engineers [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: https://aiche.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/prs.11551?casa_token=p-Tltt92FLwAAAAA%3AzoQa6rGqVQ0IXGZa-InFYhzuelfRARufRHc62ZMcXYKmfCotl7P8AcRi6Gkh8aevgrsM_6k3BFPmdg

MLADÁ VĚDA 2024

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

Název: Mladá věda 2024 - XIX. mezinárodní konference mladých vědeckých pracovníků a doktorandů

Editor: prof. Ing. Martin Hromada, Ph.D.

Vydavatel: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Vydání: Elektronicky

Rok vydání: 2024

Vydání: první

ISBN 978-80-7678-276-1

Nebyla provedena jazyková korektura.

Za věcnou správnost jednotlivých příspěvků odpovídají autoři.