

ročník 24, číslo 2/2024

SPEKTRUM

vychází 2x ročně

ISSN 1804-1639 (Online)



VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA

FAKULTA
BEZPEČNOSTNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

Recenzovaný časopis

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

a

**Fakulty bezpečnostního inženýrství,
VŠB - Technická univerzita Ostrava**

SPEKTRUM

Recenzovaný časopis

Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, z.s. a Fakulty bezpečnostního inženýrství

Reviewed journal

of Association of Fire and Safety Engineering and Faculty of Safety Engineering

Vydavatel - *Publisher:*

Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, z.s.
17. listopadu 15, 708 00 Ostrava - Poruba

Editor - *Editor:*

doc. Dr. Ing. Michail Šenovský

Redakční rada - *Editorial Board:*

doc. Dr. Ing. Michail Šenovský

(šéfredaktor - *Editor-in-Chief*)

doc. Dr. Ing. Miloš Kvarčák

(zástupce šéfredaktora - *Deputy Editor-in-Chief*)

prof. Ing. Karol Balog, PhD.

doc. Ing. Ivana Bartlová, CSc.

Dr. Ing. Zdeněk Hanuška

doc. Ing. et Ing. Karel Klouda, CSc., Ph.D., MBA

RNDr. Stanislav Malý, Ph.D., DBA

prof. MUDr. Leoš Navrátil, CSc., MBA, dr. h. c.

doc. Ing. Ivana Tureková, PhD.

Výkonný redaktor - *Responsible Editor*

Ing. Lenka Černá

Všechny uveřejněné příspěvky byly

recenzovány

All published contributions were reviewed

Adresa redakce - *Editorial Office Address:*

SPBI, z.s.

Lumírova 13

700 30 Ostrava - Výškovice

e-mail: spektrum.fbi@vsb.cz

Uzávěrka tohoto čísla - *Current Issue Copy*

Deadline: 30. 10. 2024

Vyšlo: prosinec 2024 - *Issued on December 2024*

Nevyžádané příspěvky nevracíme.

Neoznačené články jsou redakční materiály.

Uveřejněné články nemusí vždy vyjadřovat názor redakce.

Nebyla provedena jazyková korektura.

Rejected contributions will not be returned.

Authorless articles are prepared by

the editorial staff.

Published articles need not always express

the opinion of Editorial Board.

No language corrections were made.

© SPEKTRUM

ISSN 1804-1639 (Online)

VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA | FAKULTA
BEZPEČNOSTNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

Fakulta bezpečnostního inženýrství
VŠB - Technická univerzita Ostrava
Faculty of Safety Engineering
VŠB - Technical University of Ostrava



Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, z.s.
Association of Fire and Safety Engineering

Obsah - Contents

Využití umělé inteligence v systému příjmu tísňových volání v podmínkách České republiky 3
doc. Ing. Vilém Adamec, Ph.D., Ing. Petr Berglowiec, Ing. Václav Svatoň, Ph.D.,
doc. Ing. Petr Schwarz, Ph.D., prof. Ing. Luděk Müller, Ph.D.

Základná odborná príprava na úseku ochrany pred požiarmi študentov študijného programu záchranné služby 9
doc. Bc. Ing. Stanislava Gašpercová, PhD.

Simulácia požiaru uzatvoreného priestoru 13
Ing. Dorota Hodúlová, doc. Ing. Bc. Stanislava Gašpercová, PhD., Ing. Ján Zoleík

Monitoring biomedicínských dat a virtuální realita ve výcviku příslušníků policie 17
doc. Ing. Patrik Kutílek, MSc., Ph.D., doc. Mgr. Zdeněk Hon, Ph.D., dr. h. c.,
Ing. Lýdie Leová, Ing. Petr Volf, Ph.D., Ing. Marek Sokol, Ing. Jan Hejda, Ph.D.,
Ing. Veronika Kotolová, Ing. Martin Staněk, Ph.D.

Testování balistických vest s ohledem na biomedicínské aspekty a pohyb těla 24
Lýdie Leová, Patrik Kutílek, Roman Vítek, Václav Křivánek, Jan Hejda, Petr Volf

Využití umělé inteligence v systému příjmu tísňových volání v podmínkách České republiky

doc. Ing. Vilém Adamec, Ph.D.¹

Ing. Petr Berglowiec¹

Ing. Václav Svatoň, Ph.D.²

doc. Ing. Petr Schwarz, Ph.D.³

prof. Ing. Luděk Müller, Ph.D.⁴

¹VŠB-TUO, Fakulta bezpečnostního inženýrství
Lumírova 13, 700 30 Ostrava Výškovice

²VŠB-TUO, IT4Innovations

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

³Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií
Božetěchova 1, 612 00 Brno

⁴SpeechTech s.r.o.

Hodonínská 61, 323 00 Plzeň

vilem.adamec@vsb.cz, petr.berglowiec@vsb.cz,

vaclav.svaton@vsb.cz, schwarzp@vut.cz,

ludek.muller@spechtech.cz

Abstrakt

Zkušenosti z působení velkých přírodních katastrof na území České republiky (např. povodně, orkány - Kyrill, Emma, Herwart, tornáda) ukazují, že tísňová komunikace a následně činnost složek integrovaného záchranného systému (IZS) představují pro personál center tísňové komunikace (CTK), a operačních středisek složek IZS extrémní zátěž. Je proto nezbytné zkoumat, zda umělá inteligence (AI) může být v těchto případech efektivním nástrojem, který sníží zátěž personálu CTK a zda je možné využít AI při příjmu tísňové komunikace nejen v autonomním nasazení, ale i ve formě kolaborativního robota.

Klíčová slova

Tísňová komunikace, umělá inteligence, řečové technologie, systémová integrace.

Abstract

Experience from the effects of major natural disasters in the Czech Republic (e.g., floods, hurricanes - Kyrill, Emma, Herwart, tornadoes) shows that emergency communication and subsequently the activities of integrated rescue system (IRS) units represent an extreme load for the personnel of emergency communication centers (ECCs) and operational centers of IRS units. It is, therefore, necessary to investigate whether artificial intelligence (AI) can be an effective tool in these cases that will reduce the load on ECC personnel and whether it is possible to use AI when receiving emergency communication not only in autonomous deployment but also in the form of a collaborative robot.

Keywords

Emergency communication, artificial intelligence, speech technology, system integration.

Úvod

Vlivem extrémního nárůstu tísňové komunikace (TK) na tísňových linkách může dojít nejen ke zpomalení celého systému příjmu TK (volající pak čeká neúměrně dlouho na odbavení své komunikace), ale „přival“ informací na operační střediska (OS) jak od volajících občanů, tak od zasahujících složek, již nelze prakticky v reálném čase vyhodnotit a relevantně zpracovat.

Po každé takové extrémní situaci přichází vyhodnocení a jsou přijata jak organizační opatření (např. včasná aktivace většího počtu personálu OS), tak technického charakteru (zkapacitnění telefonních a datových linek, vylepšení software pro příjem TK, operační podporu atd.). Je skutečností, že mnoho procesů na straně příjmu TK i operačního řízení je již zautomatizovaných. Je však otázka, zda s nárůstem četnosti zejména extrémních povětrnostních jevů lze do budoucna efektivně neustále upravovat systémy příjmu TK a operačního řízení tak, aby zvládly jakýkoli extrém. A to už nehovoříme o stále narůstajícím množství informací ze sociálních sítí, z projektů typu smart city, smart region atd. Pokud nedojdeme na hranu možností stávajících technických a komunikačních systémů, používaných v prostředí TK a operačního řízení, tak určitě dojde k dosažení hranice možného při zpracování informací u personálu CTK a operačních středisek.

Z výše uvedeného je zřejmé, že je prakticky nemožné nastavit systém příjmu TK na maximální možnou zátěž. Doposud se nastavoval většinou na základě již proběhlých velkých mimořádných událostí na úroveň poslední (největší) proběhlé mimořádné události. Ukazuje se však, že přicházejí zejména stále častější extrémní změny počasí a s tím související extrémní působení přírodních sil. Nastavení systému příjmu tísňového volání na nějakou odhadovanou extrémní zátěž s sebou nese nejen obrovské finanční náklady, ale není to řešitelné i z hlediska lidských zdrojů.

V oblasti AI v poslední době došlo k výraznému pokroku a AI je již rutinně nasazována v celé řadě oborů (call centra, nemocnice, tlumočení, expertní systémy atd.). V článku bychom rádi představili dva na sebe navazující projekty Bezpečnostního výzkumu České republiky (BV), které zkoumají možnost využití AI v systému příjmu TK v podmínkách České republiky.

Zapojení umělé inteligence do příjmu tísňových volání - první projekt [2]

Cíle prvního projektu

Projekt byl řešen v období od 7/2019 do 5/2022 konsorciem partnerů:

- VŠB - Technická univerzita Ostrava (Fakulta bezpečnostního inženýrství a IT4Innovations národní superpočítačové centrum);
- VUT Brno (Fakulta informačních technologií);
- Phonexia s.r.o.;
- Born Digital s.r.o.;
- SpeechTech, s.r.o.

Projekt byl zaměřen na výzkum a vývoj technologií umělé inteligence (artificial intelligence, AI) pro automatizovaný příjem a zpracování tísňových volání v prostředí integrovaného záchranného systému (IZS) pomocí hlasového chatbota, zkráceně voicebota.

Cílem projektu byl technologický posun ve všech oblastech potřebných pro vytvoření voicebota, tedy v řečové analytice, sémantické analýze, managementu dialogu a v hlasové syntéze. V projektu byl vytvořen demonstrátor analyzující historická data dodána uživatelem a demonstrující funkčnost systému na reálných telefonních hovorech v simulovaných cílových podmínkách. Tedy bez integrace do systému IZS, avšak s využitím informací, které má IZS obvykle k dispozici.

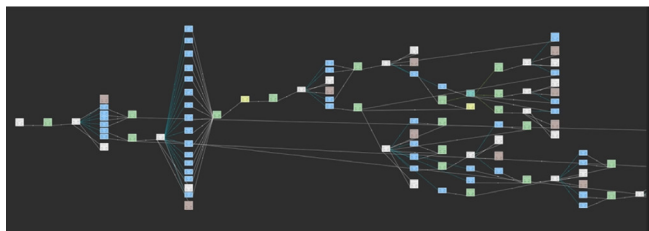
Popis řešení prvního projektu

V úvodní fázi projektu proběhla prvotní analýza požadavků a analýza reálných nahrávek sloužící jednak k pochopení obsahu a rozsahu hlášených událostí (forma a rozsah dialogu). Na základě získaných požadavků a materiálů ze strany HZS a vývojářů reálného systému TCTV112, s kterým pracují operátoři na tísňové lince 112, byl připraven návrh architektury celého řešení.

Byl proveden výzkum v oblastech rozpoznávání řeči spojených s projektem (primárně segmentace audia na řečníky, rozpoznávání/přepis řeči a rozpoznávání řečníka) s ohledem na dostupnost dat, výpočetní a implementační složitost a s důrazem na celkové zlepšení kvality přepisu řeči do textu.

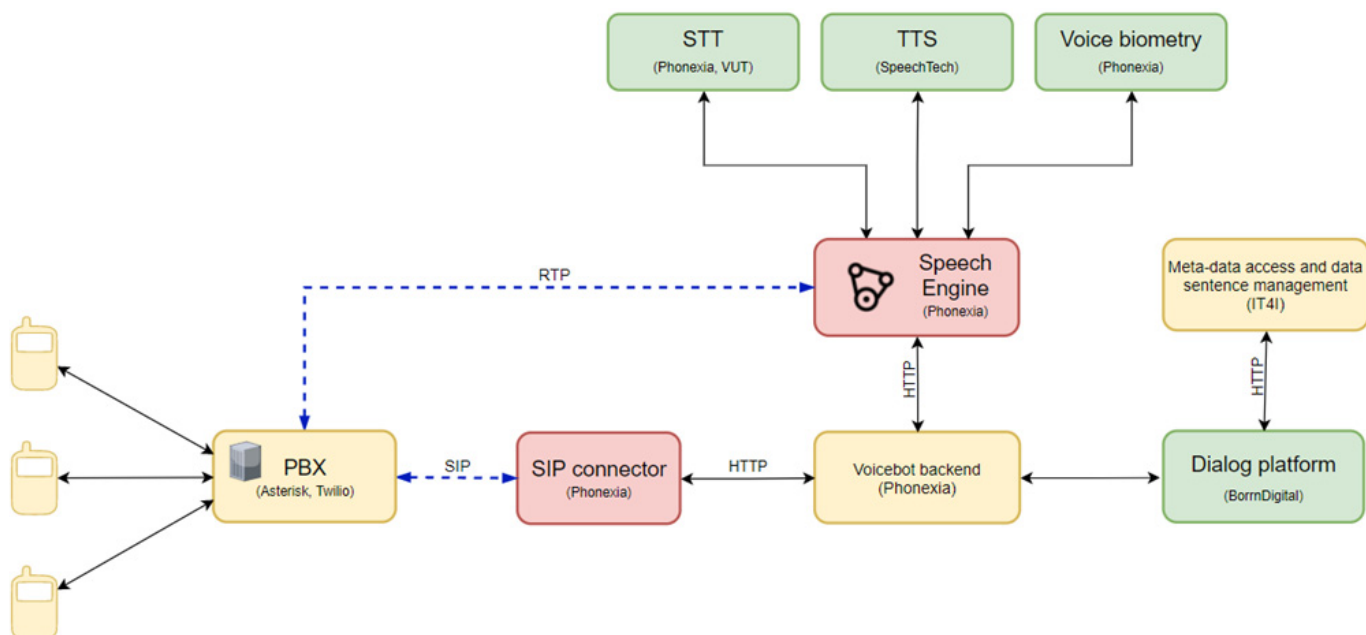
Pro potřeby ozvučení výstupu voicebota byly vytvořeny dva nové syntetické hlasy převádějící text generovaný dialogovým managerem systému voicebota na mluvenou řeč, a to jeden ženský a jeden mužský. Modely obou hlasů byly vytvořeny jednak technologií konkatenační syntézy řeči (metodou unit selection) a jednak i metodou hlubokého neuronového učení. Modely byly trénované z doménových nahrávek pracovníků call-centra tísňové linky tak, aby vlastnosti generované řeči odpovídaly reálnému provozu tísňové linky.

Prioritou v projektu byly poslechy a ruční přepisy reálných nahrávek z tísňové linky a jejich anonymizace. Se získanými poznatky se pracovalo na přípravě komplexní konverzační logiky (Obr. 1), u které bylo cílem pokrýt co největší množství situací pro vytipované scénáře oznamovaných událostí, které má vyvíjený voicebot řešit.



Obr. 1 Vizualizace rozhodovacího stromu pro vedení dialogu

Pro snadné testování voicebota a ověření schopnosti integrace do skutečné telefonní sítě bylo prostřednictvím služby Twilio zakoupeno veřejně dostupné telefonní číslo, jež bylo přesměrováno na vlastní telefonní ústřednu, na kterou byl připojen i voicebot.



Obr. 2 Architektura hlasového chatbota

Vytvořený virtuální asistent byl připraven pro oblast hlášení požárů na území České republiky, přičemž vytvořený systém tvoří záznam o této události ve formátu používaném hasičským záchranným sborem (datová věta) tak, aby byla umožněna co nejnázší integrace vyvinutého řešení do reálného procesu odbavení tísňové komunikace.

Výsledek prvního projektu

Výsledkem projektu je hlasový chatbot (voicebot). Architektura voicebota je znázorněna na Obr. 2. Vytvořené řešení zahrnuje integraci následujících dílčích komponent:

- Telefonie - propojení systému s telefonním systémem (ústřednou);
- Převod řeči do textové podoby SpeechToText (STT);
- Modul dialogové logiky - zpracování a vyhodnocení textu dle aktuálního stavu a pozice v řízeném dialogu suplujícím reálné chování operátora;
- Převod textu na mluvenou řeč TextToSpeech (TTS);
- Modul pro práci s datovou větou a metadaty k hovoru.

Pro napojení na veřejnou telefonní síť byly použity služby platformy Twilio a vlastní pobočková ústředna (PBX) běžící na softwaru Asterisk. Twilio bude v systému CTK112 nahrazeno poskytovatelem telefonie systému HZS. Na pobočkovou ústřednu je dále napojen voicebot backend, který řídí telefonní hovor a zprostředkovává dialog (zajišťuje komunikaci mezi jednotlivými komponentami systému). SIP konektor provádí mapování mezi telefonním komunikačním protokolem SIP a HTTP protokolem využívaným voicebot backendem.

Řečové technologie zajišťuje Phonexia Speech Engine. Přepis řeči (STT) je podporován nativně touto komponentou. Syntéza řeči od SpeechTechu (TTS) je připojena přes externí plugin. Dále voicebot backend komunikuje s dialogovou platformou BornDigital, která řídí vlastní dialog voicebota s uživatelem. Komunikaci s infrastrukturou HZS a přípravu datové věty zajišťuje komponenta pro správu datových vět od IT4I, která je připojena na dialogovou platformu BornDigital. Systém je distribuován přes Docker kontejnery a umožňuje snadné škálování, rozšíření či výměnu komponent vyvinutého řešení.

Praktické ověření možnosti integrace umělé inteligence pro příjem tísňových volání pomocí hlasového chatbota s technologií pro příjem tísňové komunikace 112 a 150 v České republice - druhý projekt [3]

Cíle druhého projektu

Projekt je řešen v období od 1/2023 do 10/2025 konsorciem partnerů:

- VŠB - Technická univerzita Ostrava (Fakulta bezpečnostního inženýrství a IT4Innovations národní superpočítačové centrum);
- VUT Brno (Fakulta informačních technologií);
- VÍTKOVICE IT SOLUTIONS a.s.;
- Born Digital s.r.o.;
- SpeechTech, s.r.o.

Projekt je směřován k využití umělé inteligence pro příjem tísňových volání. Navazuje na výsledky projektu [2]. Jeho cílem je integrace hlasového chatbota pro technologií linky 112 a 150 v ČR (TCTV 112) se zaměřením na:

- 1) využití geolokalizace pro zpřesňování rozpoznávání řeči a vedení dialogů,
- 2) kolaborativní chatboty s podporou lidských operátorů při zadávání jmenných entit,
- 3) detekci témat umožňující přepnutí hovoru na lidského operátora u tématu, který bude mimo kompetenci chatbota,
- 4) identifikaci jazyka.

Projekt se primárně věnuje hlasové komunikaci, ale i tísňovým SMS zprávám. Primárním cílem projektu je posun technologií umělé inteligence (AI) blíže praktickému využití na tísňových linkách, především pro zpracování událostí generujících velké množství hovorů a tím pádem vedoucích k přetížení tísňových linek.

Dílčí cíle projektu jsou:

- 1) návrh vhodného způsobu integrace AI do systému příjmu tísňové komunikace v ČR,
- 2) tvorba funkčních softwarových demonstrátorů nasazených v testovacím prostředí TCTV 112,
- 3) integrace a využití geoinformací pocházejících z různých forem lokalizace volaného,
- 4) zahrnutí textové komunikace do zpracování tísňové komunikace,
- 5) ověření vhodných forem spolupráce lidských a automatických operátorů a přínosu pro systém tísňového volání v ČR.

Rozdíly v přístupu k řešení prvního a druhého projektu

Jedním z klíčových požadavků bylo připravit návrh architektury pro integraci vytvářeného demonstrátoru-voicebota s aktuálně provozovanými technologiemi v systému TCTV112. Tento návrh obsahuje podrobnou technickou specifikaci vytvořených rozhraní jak na straně systému TCTV112, tak na straně vyvíjeného demonstrátoru. Obě komunikační rozhraní byla vytvořena koncem roku 2023 a jejich propojením vznikl datový a hlasový komunikační kanál umožňující oboustrannou výměnu dat mezi voicebotem a systémem TCTV112 - viz. Obr. 3.

AIBot	
POST	/api/AIBot/HovorInfo Metoda slouží k zaslání základních informací o hovoru.
POST	/api/AIBot/Lokalizace Metoda slouží k předávání informací o lokalizaci.
POST	/api/AIBot/SmsSession Metoda slouží k předání informací o SMS session (vznik, ukončení, ...)
POST	/api/AIBot/SmsZprava Metoda slouží k předání jednotlivých celistvých SMS zpráv vždy v rámci nějaké existující session.
POST	/api/AIBot/SmsStav Metoda slouží k předání informace o stavu odeslání a doručení SMS, kterou požadoval VoiceBot
POST	/api/AIBot/SouvisejiciUdalosti Metoda pro předání potencionálního seznamu souvisejících událostí.
GET	/api/AIBot/Hovor
GET	/api/AIBot/Sms
AICentre	
POST	/api/AICentre/UdalostDetail Metoda k zaslání vytěžených informací o události
POST	/api/AICentre/PozadavekLokalizace Metoda k žádosti o lokalizační informace DLOC a EPOS
POST	/api/AICentre/PozadavekHelper Metoda pro zaslání požadavku na místopisný helper
POST	/api/AICentre/HovorInfo Metoda pro zaslání informací o hovoru. Slouží také k zaslání požadovaných operací s hovorem (položení, přepojení).
POST	/api/AICentre/OdesliSms Metoda pro odeslání SMS v rámci Session. O výsledku odeslání se VoiceBot dozví v rámci metody SmsStav
POST	/api/AICentre/SessionInfo Metoda pro zaslání informací o SMS session. Slouží také k zaslání požadovaných operací se session(ukončení, předání živému operátorovi).
Dialog	
POST	/api/Dialog/DetermineLocation Metoda slouží k určení polohy. Vrací informace o nalezených polohách.

Obr. 3 Datové rozhraní pro výměnu dat mezi voicebotem a systémem TCTV112

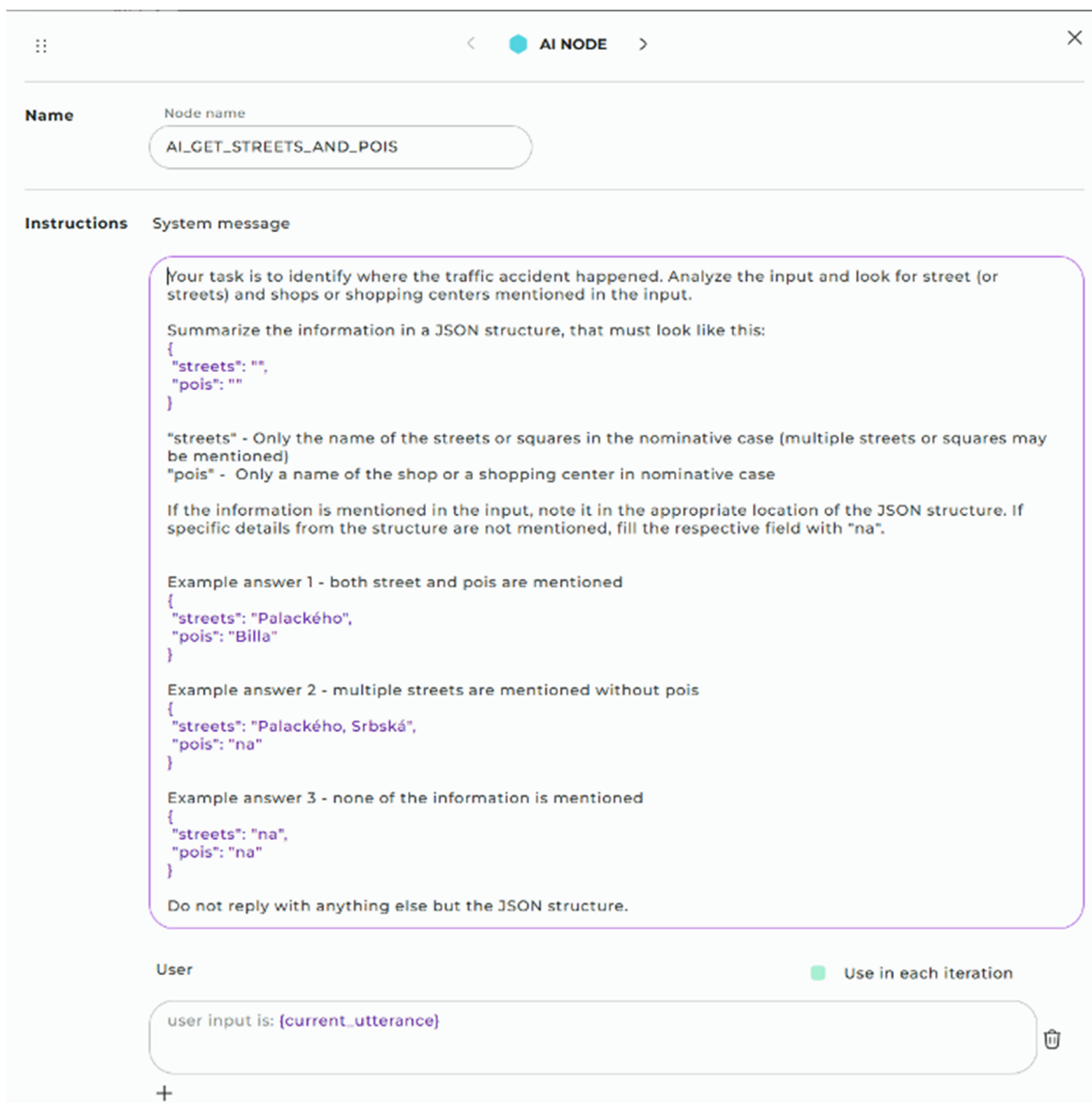
Další klíčovou oblastí je výzkum technik pro automatickou extrakci klíčových informací z řeči. Tento požadavek vzešel od expertní skupiny uživatelů a může otevřít cestu ke zrychlení reakcí operátorů tísňových linek na informace poskytnuté volajícím za pomoci kolaborativního hlasového agenta. Operátoři nejsou schopni okamžitě zachytit veškerou volajícím poskytovanou informaci a musí se doptávat. Informace může být také paralelně zachytávána i AI a zároveň ji může AI přes backend IT systémy pro operátora ihned ověřovat a doplňovat.

V úloze převodu textu na řeč se na základě provedených subjektivních testů ukázalo, že syntéza hlasu napodobující projev neprofesionálních mluvčích je přijímána posluchači hůře než syntéza trénovaná na nahrávkách profesionálních mluvčích, školených pro tísňovou komunikaci. Z tohoto důvodu byl nový modul převodu textu na řeč vybaven neuronovými modely fine-tunovanými na hlasy profesionálních mluvčích. Kromě toho nově vyvinutý neuronový model počítačové syntézy mluvené řeči umožňuje simulovat hlasy i mnoha (řádově stovek) amatérských řečníků, což je zvlášť důležité pro fázi testování chování celého voicebota, kdy tester umožňuje provádět testovací volání na linku voicebota různými hlasy, čímž lépe odhadne míru robustnosti chování (zejména míru robustnosti rozpoznávání mluvené řeči) voicebota vzhledem k variabilitě hlasů volajících.

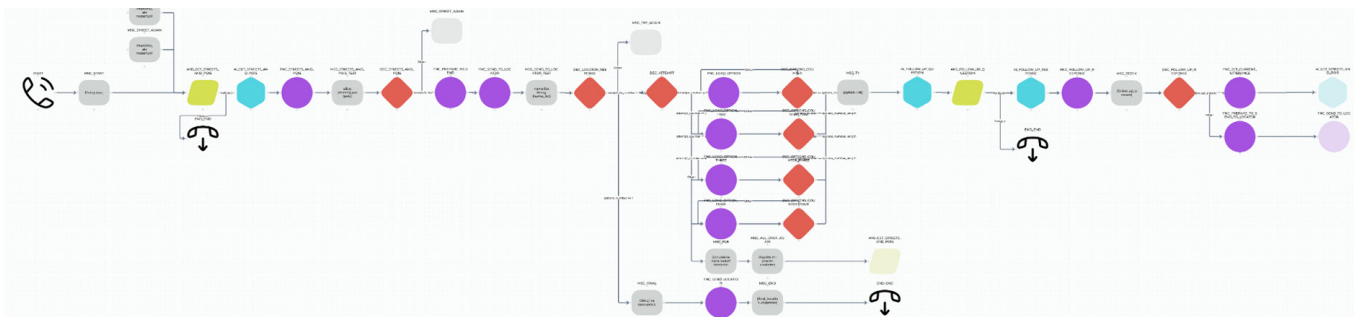
Z hlediska vedení dialogu bylo oproti původním rozhodovacím stromům nově využito velkých jazykových modelů typu ChatGPT, ale také lokálně nasazených (Llama3, Mistral). Původní rozhodovací dialogové stromy byly nahrazeny za novou implementaci obsahující tzv. AI uzly (Obr. 4), která je podstatně jednodušší a také univerzálnější (Obr. 5). Tyto velké jazykové modely jsou schopné vést přirozenější dialog, pokrýt širší spektrum dotazů, ale občas si vymýšlí (halucinace). Toto je nutno řešit dotrénováním modelu na cílových datech, vhodným návrhem GUI s potvrzením člověkem a vhodnou implementací ověřování informace oproti backend IT systémům.

Popis řešení druhého projektu

Systém využívá pokročilé metody umělé inteligence, konkrétně velké jazykové modely (LLM) pro efektivní rozpoznávání záměrů volajících (intentů) a jejich třídění do příslušných kategorií. Díky této technologii dochází k automatizovanému zpracování přirozeného jazyka volajících, čímž se zvyšuje přesnost a efektivita kategorizace požadavků. Modul pro správu hlášek kombinuje předdefinované hlášky s dynamicky generovanými odpověďmi vytvořenými pomocí LLM. Tato kombinace umožňuje systému adaptabilně reagovat na široké spektrum vstupů a v přirozeném,



Obr. 4 AI uzel detekující názvy ulic a body zájmu (POIs)



Obr. 5 Aktualizované schéma řízení dialogu obsahující AI uzly pro detekci klíčových informací

lidskému projevu podobným jazyce, pokládat doplňující otázky pro upřesnění žádosti volajícího.

Systém využívá nové modely pro převod textu na mluvenou řeč vytvořené fine-tuningem modelu natrénovaného metodami hlubokého učení neuronových sítí z velkého řečového korpusu obsahujícího nahrávky hlasu mnoha set řečníků. Tyto korpusy byly v minulosti používány pro trénování akustických modelů pro ASR, ale je možné je použít i pro trénování neuronového modelu s více hlasy, kdy jeden model dokáže generovat různé hlasové charakteristiky a simulovat tak různé mluvčí.

Pro zajištění kontextové přesnosti je systém přímo integrován s platformou TCTV 112 a s místopisným helperem, který slouží k přesnému určení polohy volajícího v reálném čase, což

umožňuje efektivní a rychlou lokalizaci v krizových situacích. AI je dále implementována i v rámci kategorizace požadavků, čímž je zajištěna konzistentní analýza a přesné zpracování každého hovoru s ohledem na specifické parametry.

Dle podrobné technické specifikace vzniklo komunikační rozhraní na straně systému TCTV 112 a vyvíjeného demonstrátoru. Jejich propojením vznikl komunikační kanál umožňující oboustrannou výměnu dat mezi voicebotem a systémem TCTV 112. Toto propojení také umožňuje přímý přístup voicebota k datovým sadám a lokalizačním funkcím, jež jsou reálně využívané operátory skrze systém TCTV 112. Aktuální verze demonstrátoru obsahuje základní lokalizaci místa události využívající právě služby systému TCTV 112 - viz Obr. 6. Součástí propojení systémů TCTV 112 a demonstrátoru je kromě datového propojení také hlasové propojení obou technologií. To umožňuje automatické přesměrování hovoru z testovací platformy 112 přímo na vyvíjený demonstrátor, jehož úkolem je automatizované odbavení hovoru místo skutečného operátora.

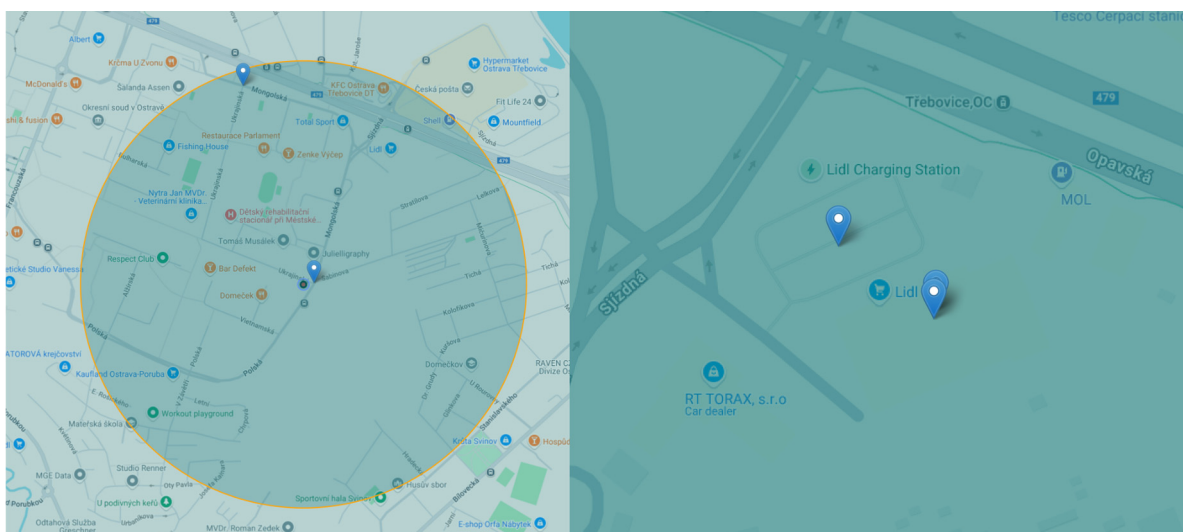
Aktuální verze demonstrátoru-voicebota vychází z původní architektury, nicméně došlo k rozsáhlému vylepšení jednotlivých modulů. Díky reálnému napojení na testovací platformu 112 je možno volat na její veřejně dostupné telefonní číslo, přičemž hovor je systémem TCTV112 zpracován a předán na voicebota. Součástí hlasového a datového předání jsou mimo jiné základní informace o hovoru a prvotní lokalizace volajícího od mobilního operátora, která je následně dále zpřesňována skrze připravené geolokační služby.

Uživatelské scénáře pro AI

Během řešení projektů jsme s uživateli vydefinovali nejdůležitější scénáře, kde může AI pomoci v příjmu tísňové komunikace. V této sekci je stručně shrneme.

a) Autonomní voicebot pro případ přetížení tísňových linek

Cílem je zabránit výpadku služeb v době přetížení center tísňového volání hlavně v době velkých přírodních katastrof. Na tento scénář se primárně zaměřují řešené projekty. Lidská kapacita se nahrazuje pomocí autonomního voicebota pro odbavení opakovaných volání, které jsou předvybrány pomocí metadat, například geolokace. Příkladem může být zablokovaná dopravní komunikace díky spadlému stromu. Voicebot zareaguje: „Ve vaší oblasti evidujeme neprůjezdnou komunikaci kvůli spadlému stromu, voláte ohledně této události?“. Pokud volající odpoví „Ano“, voicebot sdělí, kdy je předpokládaná doba zprůjezdnění komunikace. Pokud volající odpoví „Ne“, je okamžitě přesměrován na operátora. Tento uživatelský scénář se špatně testuje v reálném nasazení a nevyužívá potenciál AI naplno.



Obr. 6 Ukázka lokalizačních scénářů: identifikace křižovatky a výběr reprezentanta z množiny podobných objektů

b) Kolaborativní AI agent

Volající mají tendenci předat veškerou informaci během prvních pár vteřin hovoru. Operátor tísňové linky ale není schopen veškerou informaci zachytit, ověřit ji (existence ulic atd.) a zadat do systému. AI zde informaci zachytí, ověří ji přes backend systémy a předvyplní ji operátorovi v grafickém uživatelském rozhraní, případně i doporučí další postup. Tento typ nasazení umožňuje plně využít možností AI pro všechny hovory a zároveň je rozumně sladitelný se současnou legislativou (hovor vede člověk).

c) Slučování paralelních hovorů

K výrazné zátěži centra příjmu tísňových hovorů dochází díky paralelním hovorům jedné hlášené události. Například při srážce dvou aut mohou zavolat obě auta díky vestavěnému systému eCall. Řidiči si nejsou tohoto systému často vědomi, vylezou z aut a volají také. Řidič může mít chytré hodinky, které se nárazem mohly aktivovat a zavolat na tísňovou linku. Zároveň událost mohou ohlásit i další účastníci silničního prostoru. Včasná (nejlépe realtime) identifikace paralelních hovorů a sloučení vytěžených informací do jednoho datového modelu (digitální dvojník události) může zrychlit a zefektivnit reakci, a tím i snížit náklady na službu.

d) Ochrana před Denial of service (DoS) útoky

S nástupem autonomních systémů hlasové komunikace se předpokládá i zvýšený provoz na telekomunikačních sítích. Autonomní systémy vyvíjené předními světovými firmami typu Google dokážou například rezervovat stůl v restauraci nebo změnit termín schůzky. Se zvýšeným provozem lze ale očekávat i vyšší provoz na tísňových linkách, ať už nechtěným vytočením linky nebo cílovými útoky. Autonomní nebo kolaborativní AI agenti pomohou tuto zátěž zvládnout.

e) Nasazení podpůrných řečových technologií

Technologie automatické identifikace jazyka a živého překladu z řeči do řeči dokáží rozšířit škálu jazyků, na které dokáže centrum tísňového volání reagovat. Tyto technologie se v posledních dvou letech přiblížily do oblastí praktického použití. Zároveň technologie odšumování založená na neuronových sítích umožňuje snížit kognitivní zátěž na operátora při zhoršených akustických podmínkách (ruch ze silnice, plačící dítě ...).

Závěr

Pro managery center tísňového volání představuje nasazení AI reálnou možnost řešení příjmu tísňové komunikace v průběhu extrémních mimořádných situací. Velký zájem však projevují i o oblast nasazení tzv. kolaborativního „roboty“, který by spolupracoval s lidským operátorem při příjmu tísňové komunikace i mimo extrémní mimořádné události (jazykový překlad, potlačení nežádoucích okolních zvuků při volání na tísňovou linku, identifikace vícenásobných volání o stejné mimořádné události atd.).

Nasazení AI při příjmu tísňové komunikace však není jen otázkou technického řešení.

Dne 1. srpna 2024 vstoupila v platnost harmonizovaná pravidla pro umělou inteligenci (ve zkratce AI Act) [1]. AI na operačních střediscích složek IZS je zařazena jako vysoce rizikový systém - viz Příloha č. III, odst. 5 d) AI Act:

„systémy AI určené k použití za účelem hodnocení a klasifikace tísňových volání fyzických osob nebo za účelem vysílání nebo stanovení priority při vyslání zásahových služeb první reakce, a to i policii, hasiči a lékařskou pomocí, a systémů třídění pacientů v krizových situacích.“

Tento regulační akt stanovil základní požadavky, které je potřeba splnit, aby vysoce rizikové AI systémy mohly být nasazeny do praxe. Splnit tyto požadavky bude možná mnohem náročnější, než vývoj a vyladění technického řešení.

Z výsledků projektů je dále patrné, že AI má v příjmu tísňové komunikace obrovský potenciál a může pomoci s optimalizací stále rostoucích nákladů na centra tísňové komunikace a se zvýšením kvality služeb. Důležité je mít na paměti, že AI má člověku pomoci usnadnit jeho práci, ale ne ho nahradit.

Použitá literatura

- [1] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2024/1689 ze dne 13. června 2024, kterým se stanoví harmonizovaná pravidla pro umělou inteligenci a mění nařízení (ES) č. 300/2008, (EU) č. 167/2013, (EU) č. 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1139 a (EU) 2019/2144 a směrnice 2014/90/EU, (EU) 2016/797 a (EU) 2020/1828 (akt o umělé inteligenci) (Text s významem pro EHP).
- [2] Projekt BV č. VI20192022169 - „Zapojení umělé inteligence do příjmu tísňových volání“.
- [3] Projekt BV č. VK01020132 - „Praktické ověření možnosti integrace umělé inteligence pro příjem tísňových volání pomocí hlasového chatbota s technologií pro příjem tísňové komunikace 112 a 150 v České republice“.
- [4] SARVAŠ, M.: *Detekce klíčových informací v hovorech na tísňové linky*, diplomová práce, VUT v Brně, 2024, <https://dspace.vut.cz/items/cd582225-e662-49b0-bad8-2c90eef099a6>.
- [5] SCHWARZ, P.: *Projekt zapojení umělé inteligence do příjmu tísňového volání*. Přednáška na konferenci Moderní veřejná správa, <https://www.mvcr.cz/volby/soubor/02-20220615-prezentace-c-04-projekt-zapojeni-umele-inteligence-do-prijmu-tisnoveho-volani-pdf.aspx>.

Základná odborná príprava na úseku ochrany pred požiarmi študentov študijného programu záchranné služby

doc. Bc. Ing. Stanislava Gašpercová, PhD.

Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva
Ul. 1. mája 32, 010 01 Žilina, Slovenská republika
stanislava.gaspercova@uniza.sk

Abstrakt

Odborná spôsobilosť na úseku ochrany pred požiarmi je súhrn teoretických vedomostí, praktických skúseností a znalosť všeobecne záväzných právnych predpisov, ktoré sú potrebné na vykonávanie činností špecialistu alebo technika požiarnej ochrany. Pre jej získanie sa musí fyzická osoba zúčastniť základnej odbornej prípravy a následne absolvovať overenie odbornej spôsobilosti. Hlavným cieľom základnej odbornej prípravy je získanie vedomostí, praktických zručností a aplikačných postupov, ktoré sú potrebné na riadny výkon činnosti špecialistu alebo technika požiarnej ochrany. Absolventi študijného programu záchranné služby môžu po absolvovaní vybraných predmetov, ktoré obsahovo súvisia s témami vybranej základnej odbornej prípravy získať potvrdenie o absolvovaní základnej odbornej prípravy.

KLúčové slová

Odborná príprava, ochrana pred požiarmi, technik požiarnej ochrany, špecialista požiarnej ochrany, preventívár požiarnej ochrany obce.

Abstract

Professional competence in the field of fire protection is a summary of theoretical knowledge, practical experience and knowledge of generally binding legal regulations, which are necessary to perform the activities of a fire protection specialist or technician. In order to obtain it, a natural person must take part in basic vocational training and then pass a professional qualification test. The main goal of the basic training is to acquire the knowledge, practical skills and application procedures that are necessary for the proper performance of the activities of a specialist or fire protection technician. Graduates of the emergency services study program can receive a certificate of completion of the basic vocational training after completing selected subjects that are related to the topics of the selected basic vocational training.

Keywords

Vocational training, fire protection, fire protection technician, fire protection specialist, municipal fire protection preventive officer.

Úvod

Fakulta bezpečnostného inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline je manažérsko-technická fakulta, ktorá sa zameriava na vzdelávanie krízových manažérov, zamestnancov a príslušníkov hasičských jednotiek, bezpečnostných manažérov a bezpečnostných a požiarnych špecialistov. V rámci tohto profilu prepája teóriu s praxou, zohľadňuje osobitosti bezpečnostného prostredia i bezpečnostného systému Slovenska na jednej strane a požiadavky súčasnej doby a strategických partnerov na strane druhej [1].

Študijný odbor bezpečnostnej vedy a študijný program záchranné služby vychováva odborníkov schopných plniť preventívne administratívno-správne, záchranné a likvidačné úlohy na úseku ochrany pred požiarmi v štruktúrach štátnej správy, vo výrobných

a hospodárskych organizáciách a útvaroch hasičského a záchranného zboru. Absolventi študijného programu môžu takisto vykonávať špecializované pracovné činnosti pri výkone štátneho požiarneho dozoru, funkcie v hasičských jednotkách, špecialistov a technikov požiarnej ochrany alebo preventívárov požiarnej ochrany obcí.

Počas prípravy akreditácie na základe aktuálnych požiadaviek akreditačných štandardov a prostredníctvom úzkej spolupráce so zamestnávateľmi, absolventami a ďalšími odborníkmi zo Slovenska ako aj zahraničia sa fakulta zásadnými úpravami svojich študijných programov ešte viac priblížila aktuálnym potrebám praxe. Nakoľko je študijný odbor bezpečnostnej vedy vo svojej podstate veľmi široký, boli v rámci študijných programov vytvorené špecializácie, ktoré slúžia na vyprofilovanie študentov už počas štúdia [2]. V tab. 1 sú uvedené aktuálne študijné programy spolu so špecializáciami.

Tab. 1 Študijné programy so špecializáciami na Fakulte bezpečnostného inžinierstva UNIZA

Študijný program	1. stupeň	2. stupeň
Bezpečnostný manažment	Všeobecné	Všeobecné
	Fyzická a objektová bezpečnosť	Fyzická a objektová bezpečnosť
	Informačná bezpečnosť	Informačná bezpečnosť
	Manažérske systémy bezpečnosti	Manažérske systémy bezpečnosti
Krizový manažment	Všeobecné	Všeobecné
	Krizové riadenie a ochrana obyvateľstva	Krizové riadenie a ochrana obyvateľstva
	Podniková bezpečnosť	Podniková bezpečnosť
	Manažment rizík a krízový manažment v podniku	Manažment rizík a krízový manažment v podniku
Záchranné služby	Všeobecné	Všeobecné
	Hasič, záchranár	Hasič, záchranár
	Požiarneho technika	Požiarneho audítora

Okrem teoretickej výučby sa používajú aj ďalšie moderné spôsoby vzdelávania akými sú napríklad virtuálna alebo zmiešaná realita s implementovanými scenármi z oblasti BOZP alebo taktiky hasenia požiarov a vyslobodzovania osôb z automobilov. Podstatné znalosti a zručnosti získavajú študenti aj praktickými ukážkami, prednáškami odborníkov z praxe, exkurziami a účasťou na odbornej praxi.

Počas štúdia môžu študenti získať aj rôzne certifikáty a odborné spôsobilosti ako napr. odbornú spôsobilosť na úseku civilnej ochrany, bezpečnostného technika, technika alebo špecialistu požiarnej ochrany prípadne preventívára požiarnej ochrany obce. Tieto certifikáty a odborné spôsobilosti môžu významným spôsobom napomôcť ku získaniu zaujímavej pracovnej ponuky. Prehľad pracovných pozícií, ktoré sú vhodné pre absolventov špecializácií v študijnom programe záchranné služby sú popísané v tab. 2.

Tab. 2 Prehľad pracovných pozícií absolventov študijného programu záchranné služby

Špecializácia	1. stupeň štúdia	Špecializácia	2. stupeň štúdia
Požiarny technik	Špecialista riadenia rizík	Požiarny auditor	Požiarny auditor
	Riadiaci pracovník (manažér) BOZP, požiarnej ochrany a ochrany životného prostredia		Špecialista požiarnej ochrany
	Technik požiarnej ochrany		Špecialista závažných priemyselných havárií
Hasič, záchranár	Hasič, záchranár	Hasič záchranár	Hasič, záchranár
	Samostatný odborný inšpektor		Odborný inšpektor vedúci technik špecialista
			Samostatný odborný inšpektor špecialista
		Vrchný inšpektor	

Základná odborná príprava technikov požiarnej ochrany

Základná odborná príprava technikov požiarnej ochrany sa vykonáva v rozsahu najmenej 120 hodín [3]. Odborná spôsobilosť sa overuje skúškou pred komisiou ustanovenou Krajským riaditeľstvom HaZZ podľa miesta trvalého bydliska fyzickej osoby a preukazuje sa osvedčením o odbornej spôsobilosti [4].

Cieľom základnej odbornej prípravy technikov požiarnej ochrany je získanie teoretických vedomostí, praktických skúseností a aplikačných postupov z problematiky ochrany pred požiarmi. Odborná príprava technika požiarnej ochrany sa vykonáva v súlade s obsahom nižšie uvedených tém vyučovaných v takom rozsahu, aby absolvent dôkladne poznal legislatívne predpisy a normy na úseku ochrany pred požiarmi, aby získal vedomosti a schopnosti správne identifikovať požiarne nebezpečenstvo v stavbách slúžiacich na rôzne účely a v technických a technologických zariadeniach v týchto stavbách a mimo nich. Aby rozumel riešeniu protipožiarnej bezpečnosti stavieb, analýze požiarneho nebezpečenstva a inej dokumentácii vypracovanej inou odborne spôsobilou osobou, rozumel požiadavkám protipožiarnej bezpečnosti a požiadavkám na prevádzku požiarnotechnických zariadení, aby mal vedomosti o princípoch procesov horenia a hasenia, zariadeniach na hasenie a o hasičskej technike tak, aby vedel správne aplikovať požiadavky protipožiarnej bezpečnosti v rámci kompetencií technika požiarnej ochrany. Absolvent odbornej prípravy by mal dokázať fundovane vysvetliť problematiku ochrany proti požiarom vo vzťahu k vedeniu právnickej osoby a v rámci školenia určených osôb [3].

Absolvent odbornej prípravy v priebehu odbornej prípravy a po získaní odbornej spôsobilosti má byť odborne pripravený samostatne plniť úlohy technika požiarnej ochrany. Má vedieť tvorivo získavať nové vedomosti, informácie a poznatky a ďalej sa samostatne odborne rozvíjať.

Časový a obsahový rozsah základnej odbornej prípravy technikov požiarnej ochrany je nasledujúci:

1. Organizácia a riadenie ochrany pred požiarmi, zákon, jeho vykonávacie predpisy a ďalšie osobitné predpisy súvisiace s predmetom ich činnosti (časový rozsah 36 hodín)

Účastník odbornej prípravy má definovať a správne interpretovať ustanovenia základných právnych predpisov na úseku ochrany pred požiarmi. Vysvetliť, zdôvodniť a demonštrovať na príkladoch, vedieť argumentovať, zaujať stanovisko a dokázať samostatne aplikovať ustanovenia zákonov a vyhlášok s technickým obsahom vo svojej činnosti. Vedieť kategorizovať hasičskú techniku, poznať jej technické parametre a možnosti a vedieť ich interpretovať v rámci výkonu svojej funkcie. Mať

komplexné vedomosti o systéme organizácie ochrany pred požiarmi v Slovenskej republike, o povinnostiach a právomoci orgánov štátnej správy a ostatných orgánov a organizácií vo vzťahu k právnickej osobe a fyzickej osobe - podnikateľovi.

2. Základy procesov horenia a hasenia (časový rozsah 4 hodiny)

Absolvent prípravy technika požiarnej ochrany má poznať a vedieť vysvetliť základné fyzikálne a chemické procesy pri horení, možnosti eliminácie vyskytujúcich sa negatívnych účinkov, základné druhy hasiacich látok a ich použitie. Získané poznatky má vedieť aplikovať pri výkone funkcie technika požiarnej ochrany.

3. Základné požiadavky protipožiarnej bezpečnosti stavieb a požiadavky protipožiarnej bezpečnosti pri prevádzkovaní a kontrole technických a technologických zariadení (časový rozsah 20 hodín)

Účastník odbornej prípravy má rozumieť riešeniu protipožiarnej bezpečnosti stavieb vypracovanému inou odborne spôsobilou osobou, vedieť vysvetliť požiadavky protipožiarnej bezpečnosti na technické a požiarnotechnické zariadenia v stavbe a mimo stavby v rámci kompetencií technika požiarnej ochrany, aby dokázal fundovane vysvetliť danú odbornú problematiku vo vzťahu k nadriadenému, resp. štatutárnemu orgánu právnickej osoby alebo fyzickej osoby - podnikateľa a vo vzťahu k pracovníkom firiem v rámci školenia a odbornej prípravy určených osôb [3]. Obsah tejto časti je zameraný na získanie základných vedomostí o látkach, ich vlastnostiach a ich premene v technologickom procese v jednotlivých druhoch priemyslu a rizikách. Absolvent má vedieť rozpoznať podstatné miesta, situácie a okolnosti v technologickom procese ohrozujúce protipožiarne bezpečnosť, objasniť princíp, vedieť argumentovať, a navrhnúť možnosti riešenia vo výrobných procesoch.

4. Zásady protipožiarnej bezpečnosti pri skladovaní horľavých látok a manipulácii s nimi a pri činnostiach spojených so zvýšeným nebezpečenstvom vzniku požiaru (časový rozsah 32 hodín)

V základnej príprave technika požiarnej ochrany sa vyučuje princíp a požiadavky protipožiarnej bezpečnosti v ustanoveniach príslušných predpisov v takom rozsahu, aby účastník prípravy získal dôkladný prehľad a správny výklad vyhlášok alebo iných právnych predpisov. Absolvent prípravy má vedieť definovať, reprodukovat', vysvetliť ustanovenia vyhlášok s technickým obsahom vo svojej činnosti. Odborná príprava je zameraná na schopnosť technika požiarnej ochrany aplikovať príslušné právne dokumenty pri činnostiach dotýkajúcich sa problematiky horľavých látok.

5. Funkcie, parametre a podmienky prevádzkovania a kontroly požiarnych zariadení, hasičskej techniky, hasiacich prostriedkov a iných vecných prostriedkov ochrany pred požiarmi (časový rozsah 24 hodín)

Cieľom obsahu tematickeho celku je oboznámiť účastníkov prípravy technika požiarnej ochrany so základnými parametrami a funkciou hasičskej techniky a zariadení tak, aby rozumeli určeniu potreby a možnostiam týchto zariadení pri zabezpečení protipožiarnej bezpečnosti stavieb a prevádzok.

6. Praktická časť - spracovanie dokumentácie ochrany pred požiarmi (časový rozsah 4 hodiny)

Absolvent základnej prípravy technika požiarnej ochrany rozumie a vie vysvetľovať odbornú terminológiu, ovláda požiadavky, obsah a rozsah dokumentácie ochrany pred požiarmi. V základnej príprave pod odborným vedením lektora vypracúva dokumentáciu ochrany pred požiarmi pre vybraný objekt.

Základná odborná príprava špecialistov požiarnej ochrany

Špecialistom požiarnej ochrany môže byť len fyzická osoba s odbornou spôsobilosťou. V súlade so zákonom [4], ústredný orgán, právnická osoba a fyzická osoba - podnikateľ zabezpečuje na účely predchádzania vzniku požiarov prostredníctvom špecialistu požiarnej ochrany plnenie predovšetkým týchto povinností:

- vypracúvanie riešenia protipožiarnej bezpečnosti v projektovej dokumentácii stavieb,
- vykonávanie činností pri posudzovaní zhody výrobkov alebo pri ich certifikácii,
- riešenie požiadaviek protipožiarnej bezpečnosti pri vývoji nových výrobkov a pri ich používaní,
- riešenie protipožiarnej bezpečnosti pri umiestňovaní technologických zariadení a riešenie protipožiarnej bezpečnosti výrobkov, ktoré nie sú určenými výrobkami ustanovenými na posudzovanie zhody podľa osobitných predpisov,
- posudzovanie materiálov a podmienok na ich bezpečné používanie z hľadiska protipožiarnej bezpečnosti,
- spracúvanie analýzy nebezpečenstva vzniku požiaru v objektoch právnickej osoby a fyzickej osoby podnikateľa,
- vykonávanie všetkých činností v rozsahu povinností technika požiarnej ochrany.

Základná odborná príprava špecialistov požiarnej ochrany sa vykonáva v rozsahu najmenej 200 hodín [3]. Odborná spôsobilosť sa overuje skúškou pred komisiou ustanovenou Prezidiom HaZZ Ministerstva vnútra Slovenskej republiky a preukazuje sa osvedčením o odbornej spôsobilosti [4]. Platnosť osvedčenia o odbornej spôsobilosti je päť rokov odo dňa vykonania skúšok. Odbornú spôsobilosť špecialistu požiarnej ochrany môže získať len fyzická osoba, ktorá má najmenej vyššie odborné vzdelanie v študijnom odbore požiarnej ochrana alebo vysokoškolské vzdelanie I. stupňa technického smeru.

Cieľom základnej odbornej prípravy špecialistov požiarnej ochrany je získanie teoretických vedomostí z problematiky ochrany pred požiarom, praktických skúseností a aplikačných postupov pri vypracúvaní riešenia protipožiarnej bezpečnosti v projektovej dokumentácii stavieb. Odborná príprava špecialistov požiarnej ochrany sa vykonáva v súlade s obsahom nižšie uvedených tém v takom rozsahu, aby absolvent získal vedomosti a schopnosti správne identifikovať požiarne nebezpečenstvo v stavbách slúžiacich na rôzne účely a v technických a technologických zariadeniach v týchto stavbách. V nadväznosti na požiarne nebezpečenstvo, aby vedel riešiť protipožiarnu bezpečnosť stavby tak, aby dispozičné a konštrukčné riešenie zodpovedalo požiadavkám protipožiarnej bezpečnosti, vedel navrhovať vybavenie stavieb požiarotechnickými zariadeniami v rozsahu kompetencií, na ktoré platí odborná spôsobilosť špecialistu požiarnej ochrany. Aby mal vedomosti o princípoch procesov horenia a hasenia, zariadeniach na hasenie a o hasičskej technike. Má vedieť tvorivo získavať nové vedomosti, informácie a poznatky a ďalej sa samostatne odborne rozvíjať. Absolvent odbornej prípravy v jej priebehu a po získaní odbornej spôsobilosti má byť odborne pripravený plniť úlohy špecialistu požiarnej ochrany.

Časový a obsahový rozsah základnej odbornej prípravy technikov požiarnej ochrany je nasledovný:

1. Organizácia a riadenie ochrany pred požiarom, zákon, jeho vykonávacie predpisy a ďalšie osobitné predpisy súvisiace s predmetom ich činnosti (časový rozsah 32 hodín)

Absolvent prípravy má vedieť definovať a správne interpretovať ustanovenia základných právnych predpisov na úseku ochrany pred požiarom. Má ich vedieť vysvetliť, zdôvodniť a demonštrovať na príkladoch, vedieť argumentovať, zaujať stanovisko a dokázať samostatne aplikovať ustanovenia zákonov a vyhlášok s technickým obsahom vo svojej činnosti. Má vedieť

kategorizovať hasičskú techniku, poznať jej technické parametre a možnosti a vedieť ich interpretovať v rámci výkonu svojej funkcie. Absolvent odbornej prípravy špecialistu požiarnej ochrany má získať znalosti a zručnosti, ktoré sú náplňou základných právnych predpisov na úseku ochrany pred požiarom v takom rozsahu, aby im rozumel, vedel interpretovať ich obsah a riešiť odborné problémy a požiadavky protipožiarnej bezpečnosti konkrétnych prevádzok. Absolvent prípravy špecialistu požiarnej ochrany má mať komplexné vedomosti o organizácii ochrany pred požiarom v Slovenskej republike a poznať obsah a rozsah právnych predpisov, identifikovať, definovať, a interpretovať ich ustanovenia, poznať povinnosti a právomoci orgánov štátnej správy v rozsahu, potrebnom pre výkon funkcie špecialistu požiarnej ochrany.

2. Základy procesov horenia a hasenia (časový rozsah 4 hodiny)

Absolvent prípravy špecialistu požiarnej ochrany má poznať a vedieť vysvetliť základné fyzikálne a chemické procesy pri horení, možnosti eliminácie vyskytujúcich sa negatívnych účinkov, základné druhy hasiacich látok a ich použitie. Získané poznatky má vedieť aplikovať pri výkone funkcie špecialistu požiarnej ochrany.

3. Základné požiadavky protipožiarnej bezpečnosti stavebných objektov a požiadavky protipožiarnej bezpečnosti pri prevádzkovaní a kontrole technických a technologických zariadení (časový rozsah 74 hodín)

Témy tejto kapitoly sa vyučujú v rozsahu požiadaviek na protipožiarnu bezpečnosť stavieb v rámci stavebného konania, zhotovovania stavieb a ich užívania. Absolvent prípravy má ovládať právne a technické predpisy a normy v oblasti protipožiarnej bezpečnosti stavieb a ich vzájomné súvislosti. Oboznámi sa so systémom harmonizovaných technických pravidiel Európskej únie využívaných pri navrhovaní stavieb. Obsah tejto časti kapitoly je zameraný na získanie vedomostí o látkach, ich vlastnostiach a ich premene v technologickom procese v jednotlivých druhoch priemyslu. Absolvent má vedieť identifikovať riziká, vedieť rozpoznať podstatné miesta, situácie a okolnosti v technologickom procese ohrozujúce protipožiarnu bezpečnosť, objasniť princíp a požiadavky protipožiarnej bezpečnosti a vedieť argumentovať, obhájiť ich a aplikovať ustanovenia vyhlášok s technickým obsahom vo výrobných procesoch.

4. Zásady protipožiarnej bezpečnosti pri skladovaní horľavých látok a manipulácii s nimi a pri činnostiach spojených so zvýšeným nebezpečenstvom vzniku požiaru (časový rozsah 24 hodín)

V základnej príprave špecialistu požiarnej ochrany sa vyučuje princíp a požiadavky protipožiarnej bezpečnosti v ustanoveniach príslušných predpisov v takom rozsahu, aby účastník prípravy získal dôkladný prehľad a správny výklad vyhlášok alebo iných právnych predpisov. Absolvent prípravy má vedieť definovať, reprodukovať a vyjadriť vlastnými slovami ustanovenia a dokázať samostatne aplikovať ustanovenia vyhlášok s technickým obsahom vo svojej činnosti. Absolvent odbornej prípravy má dôkladne poznať obsah a vedieť zdôvodniť vybrané riešenie jednotlivých úloh protipožiarnej bezpečnosti.

5. Funkcie, parametre a podmienky prevádzkovania a kontroly požiarnej ochrany, hasičskej techniky, hasiacich prostriedkov a iných vecných prostriedkov ochrany pred požiarom (časový rozsah 20 hodín)

Cieľom tematického celku je oboznámiť účastníkov prípravy špecialistov požiarnej ochrany so základnými parametrami a funkciou hasičskej techniky a zariadení tak, aby rozumeli určeniu potreby a možnostiam týchto zariadení pri zabezpečení protipožiarnej bezpečnosti stavieb a prevádzok a vedeli navrhnúť druh a množstvo potrebných zariadení a techniky.

Tab. 3 Študijné predmety pre uznanie absolvovania základnej odbornej prípravy

Poradové číslo predmetu	Technik požiarnej ochrany	Špecialista požiarnej ochrany
1.	Ochrana pred požiarmi	Ochrana pred požiarmi
2.	Technika a technické prostriedky hasičských jednotiek	Technika a technické prostriedky hasičských jednotiek
3.	Požiarotechnické zariadenia	Požiarotechnické zariadenia
4.	Požiarne prevencia technológií	Požiarne prevencia technológií
5.	Nebezpečné látky	Nebezpečné látky
6.	Chémia horenia a hasenia	Chémia horenia a hasenia
7.	Prevenca havárií a havarijná pripravenosť	Prevenca havárií a havarijná pripravenosť
8.	Základy požiarnej bezpečnosti stavieb	Základy požiarnej bezpečnosti stavieb
9.	Dokumentácia požiarnej ochrany	-
10.	-	Konstruktívne a materiálové riešenie stavieb
11.	-	Požiarne bezpečnosť stavieb
12.	-	Projektovanie a riešenie PBS
13.	-	Protivýbuchová prevencia
14.	-	Taktika pri zásahoch a požiaroch

6. Určovanie síl a prostriedkov na zdoľvanie požiarov (časový rozsah 6 hodín)

Absolvent základnej odbornej prípravy špecialistu požiarnej ochrany získa prehľad o základných fyzikálnych a chemických procesoch a javoch pri požiari, parametroch požiaru a zásadách a požiadavkách na jeho lokalizáciu a likvidáciu. Má byť schopný využiť získané vedomosti a posúdiť ich vplyv na protipožiarne bezpečnosť stavby a technologického procesu v stavbe.

7. Praktická časť - riešenie protipožiarnej bezpečnosti jednotlivých druhov stavieb - obsah a postup riešenia protipožiarnej bezpečnosti (časový rozsah 40 hodín)

Absolvent základnej odbornej prípravy špecialistov požiarnej ochrany rozumie a vie vysvetľovať odbornú terminológiu, ovláda požiadavky protipožiarnej bezpečnosti stavieb, pozná metodiku ich riešenia, vie ju aplikovať pri riešení praktických úloh a príkladov. Má schopnosť a zručnosť samostatne realizovať všetky úkony a výpočty potrebné pre riešenie protipožiarnej bezpečnosti stavieb. V základnej odbornej príprave vypracúva riešenie písomnej časti, výpočtovej časti a grafickej časti požiarnebezpečnostného riešenia konkrétnej stavby v rozsahu potrebnom pre projektovú dokumentáciu na stavebné povolenie.

Základná odborná príprava pre študentov študijného programu záchranné služby

Ako už bolo popísané vyššie absolventi študijného programu záchranné služby majú možnosť získať potvrdenie o absolvovaní základnej odbornej prípravy technikov alebo špecialistov požiarnej ochrany a to na základe úspešného absolvovania vybraných predmetov, ktoré priamo súvisia s obsahom základnej odbornej prípravy, vid'. tab. 3. Predmety sú v jednotlivých stupňoch štúdia koncipované tak aby absolvent 1. stupňa štúdia mohol získať potvrdenie o absolvovaní základnej odbornej prípravy technika požiarnej ochrany a absolvent 2. stupňa štúdia mohol získať potvrdenie o absolvovaní základnej odbornej prípravy špecialistov požiarnej ochrany.

Záver

Slovenské vysoké školy produkujú každoročne množstvo absolventov s technickým zameraním, ktorí si hľadajú svoju prvú prácu. Mnohí z nich síce pracovali už počas svojho štúdia a naberali prvé pracovné skúsenosti ale nie vždy vo svojom odbore. Výhodu pri uplatňovaní majú však hlavne absolventi, ktorí vo svojom

odbore už nejakú prax získali. Preto množstvo vysokých škôl ponúka vo svojich študijných programoch aj samostatný študijný predmet odborná prax. Práve zapojenie študentov do praxe, a to najmä študentov s technickým zameraním už počas štúdia sa javí ako veľmi dôležité. Okrem pracovných skúseností však zamestnávateľia čoraz častejšie vyžadujú od svojich „budúcich“ zamestnancov aj rôzne druhy certifikátov alebo odborných kurzov. Takto teoreticky aj prakticky vybavení absolventi majú oveľa väčší potenciál rýchleho zamestnania sa.

Práve z tohto dôvodu Fakulta bezpečnostného inžinierstva ponúka študentom všetkých stupňov štúdia okrem iných aktivít aj odbornú prax, študijné a pracovné stáže, účasť na rôznych seminároch, workshopoch, konferenciách a možnosti absolvovania rôznych odborných kurzov. Do prepájania štúdia s pracovnými skúsenosťami sa aktívne angažujú študenti aj zamestnávateľia. Neustále sa získava spätná väzba a upravujú sa študijné plány podľa aktuálnych požiadaviek praxe. Takto nastavené štúdium je pozitívne hodnotené všetkými zainteresovanými stranami a preto sa v jeho realizácii bude pokračovať aj naďalej.

Použitá literatúra

- [1] MORICOVÁ, V.; STUDENÁ, J.; MÄKKÁ, K.; ZVAKOVÁ, Z.: Požiadavky praxe na mäkké zručnosti absolventov študijného odboru bezpečnostné vedy. In: *Trilobit*, č. 1 (2023), s. 1-9. ISSN 1804-1795.
- [2] SVENTEKOVÁ, E.; VANDLÍČKOVÁ, M.: Trendy bezpečnosti v študijných programoch FBI UNIZA. In: *Riešenie krízových situácií v špecifickom prostredí*: zborník príspevkov z 25. vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 2022, s. 548-556. ISBN 978-80-554-1872-8.
- [3] Vyhláška MV SR č. 121/2002 Z.z. o požiarnej prevencii v znení neskorších predpisov.
- [4] Zákon č. 314/2001 Z.z. o ochrane pred požiarmi v znení neskorších predpisov.

Simulácia požiaru uzatvoreného priestoru

Ing. Dorota Hodúlová

doc. Ing. Bc. Stanislava Gašpercová, PhD.

Ing. Ján Zoleik

Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva
1.Mája 32, 010 01 Žilina, Slovensko

dorota.hodulova@uniza.sk, stanislava.gaspercova@uniza.sk,

jan.zoleik@gmail.com

Abstrakt

Tento článok sa zaoberá použitím vybraného požiarneho modelu CFAST pri simulácii požiarov v uzavretých priestoroch na plávajúcom zariadení. Samotný prípadová štúdia pozostáva z dvoch simulácií. Prvá simulácia sa zaoberá scenárom, v ktorom je požiarotechnické zariadenie v objekte aktívne, a druhá simulácia pozostáva zo scenára, v ktorom je požiarotechnické zariadenie neaktívne, ale využíva sa prirodzená ventilácia uzavretého priestoru. Cieľom štúdie je zistiť vplyv vybraného požiarotechnického zariadenia, zariadenia na odvod tepla a spodín horenia, na teplotu horúcej a studenej vrstvy v miestnosti požiaru a na výšku dymovej vrstvy.

Kľúčové slová

Požiarne modely, program CFAST, simulácia požiaru, uzatvorený priestor.

Abstract

This paper deals with the application of the selected CFAST fire model in the simulation of confined space fires in a floating facility. The research itself consists of two simulations. The first simulation deals with a scenario where the fire engineering equipment is active in the facility, and the second simulation consists of a scenario where the fire engineering equipment is inactive but the natural ventilation of the confined space is utilized. The research aims to investigate the influence of the selected fire engineering equipment, heat and combustion products extraction equipment, on the temperature of the hot and cold layers in the fire compartment and the height of the smoke layer. From the results of the research, it was found that fire protection equipment has a more positive effect on the course of the selected fire parameters than natural ventilation.

Keywords

Fire models, CFAST program, fire simulation, confined space.

Úvod

V dnešnej vyspelej dobe môžeme vidieť, ako sa moderné technológie zaraďujú do každého aspektu našich životov, a inak by tomu nemalo byť ani v oblasti bezpečnosti. Jednou z týchto technológií v oblasti bezpečnosti sú aj požiarne modely, ktoré slúžia na predpovedanie správania sa požiarov na základe pokusov alebo simulačných programov. Simulačnými programami vieme efektívne predpovedať správanie požiarov v uzatvorených priestoroch tak, ako pri finančne náročnejších experimentoch. Simulačné programy nám umožňujú pochopiť situáciu počas požiaru bezpečne a bez rizík. Medzi takéto simulačné programy sa zaraďuje aj program CFAST. Program CFAST je dvojzónový model požiaru, ktorý je schopný predpovedať parametre prostredia uzatvorených miestností počas požiaru. CFAST funguje na princípe určenia vývoja rýchlosti uvoľňovania tepla v čase, pričom počíta zadymenie priestorov požiaru, ale aj okolitých miestností, a tvorbu spodín horenia v namodelovanom rozhraní. Program pracuje na základe špecifických parametrov a vlastností, ktoré užívateľ definuje. Medzi tieto parametre sa zaraďujú tepelné

vlastnosti stavebných materiálov, miestnosti s ich rozmermi, otvory v konštrukciách (horizontálne aj vertikálne), požiar, ciele, požiarotechnické zariadenia, prepojenie jednotlivých miestností simulácií a vizualizácia (2D, 3D) [1, 2].

Hlavným cieľom článku je porovnanie dvoch simulácií požiarov uzatvoreného priestoru plávajúceho zariadenia vzhľadom na teplotu horúcej a studenej dymovej vrstvy a výšku dymovej vrstvy pri zmene typu a umiestnenia požiaru.

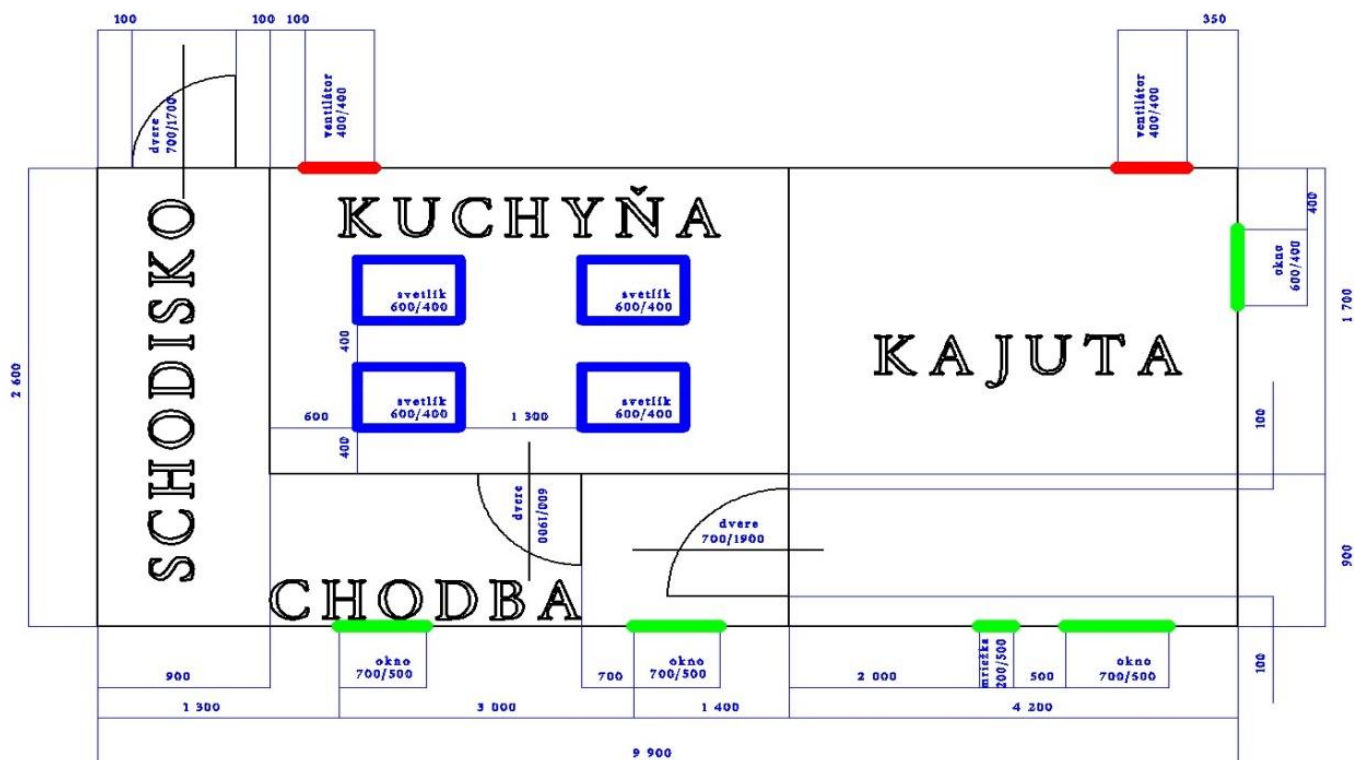
Metodológia

Modelovanie v programe CFAST je založené na osovom súradnicovom systéme x, y, z . Základom je vytvorenie miestností s vlastným pomenovaním, ktorým určujeme súradnice v ich dĺžke, šírke a výške. Na základe začiatku súradnicovej sústavy sa ďalej určujú aj ostatné miestnosti vzhľadom na súradnice tých predošlých. Pri simulovaní priestoru požiaru program CFAST pracuje iba s jednoduchou pravouhlou sústavou. Samotné modelovanie otvorov v konštrukciách funguje na rovnakom princípe ako modelovanie miestností. Je potrebné si určiť miestnosť, v ktorej sa daný otvor bude nachádzať, ďalej jeho dĺžku, šírku a výšku, vzdialenosť od podlahy a od steny. Pri definovaní požiaru je potrebné, aby sa určila miestnosť, v ktorej sa požiar bude nachádzať, následne sa určí jeho pozícia na základe súradníc x a y , a iniciačný čas požiaru. Požiare možno definovať na základe validačných štúdií a hodnôt rýchlosti uvoľňovania tepla, ktoré poskytujú hodnoty priebehu požiarov a teda ich definovanie je zjednodušené, ale je aj možnosť samostatného definovania požiaru užívateľom. Ďalšou dôležitou časťou simulácií sú *Ciele*, za ktoré sa považuje akýkoľvek objekt simulácie, ktorý po splnení podmienky (napr.: dosiahnutí určitej teploty) spustí ďalšiu definovanú aktivitu. Cieľom môže byť aj okno, ktoré bude nastavené na určitú teplotu, po ktorej dosiahnutí sa okno otvorí, rozbije [1, 3].

Jedným z dôležitých parametrov programu je vizualizácia na základe podprogramu Smokeview. Po ukončení simulácií sa dá v CFAST pozrieť vizualizácia požiaru v čase a priestore na základe 3D modelu. V rámci vizualizácie sa dá sledovať pohyb horúcej a studenej vrstvy v jednotlivých miestnostiach a aj ich zadymenie. Na základe vložených viacerých zariadení sa dá sledovať aj teplota v konkrétnom bode priestoru, prípadne je možné sledovať vybrané parametre a vlastnosti požiaru celej simulácie [1, 3].

Modelovanie priestoru požiaru

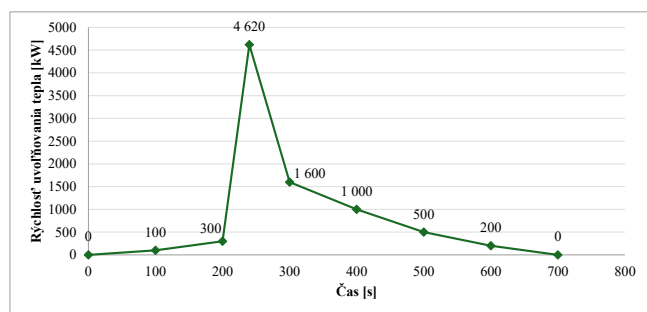
Vybraným objektom modelovania bolo plávajúce zariadenie, ktorým bol bager vykonávajúci činnosť na vodnej hladine. V objekte sa nachádzali štyri miestnosti. Každý konštrukcii jednotlivých miestností v simulácii musel byť priradený materiál a hrúbka. Pre konštrukcie stropov a stien boli použité materiály oceľovej platne, minerálnej vaty a obkladu sololit spolu s hrúbkou 0,12 m. Pre konštrukcie podláh boli použité materiály oceľovej platne s preglejkou o hrúbke 0,04 m. Skladba týchto konštrukcií simulácií vychádzala zo skutočnej konštrukcie plávajúceho zariadenia. Na obr. 1 je zobrazený pôdorys plávajúceho zariadenia, na základe ktorého bol vytvorený priestor v programe CFAST.



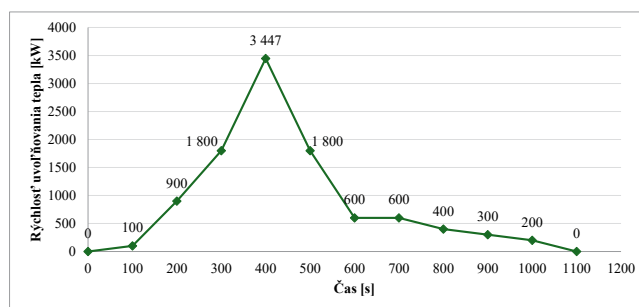
Obr. 1 Pôdorys objektu plávajúceho zariadenia

Definovanie požiarov

V rámci prípadovej štúdie boli vytvorené dve simulácie. Prvá simulácia sa zaoberala požiarom, kedy sa na plávajúcom zariadení nachádzala posádka plavidla, a plavidlo bolo pripojené do elektrickej siete. Druhá simulácia sa zaoberala požiarom, počas ktorého bolo plavidlo odpojené od elektrickej energie a na palube sa nenachádzali žiadni členovia posádky. Oba scenáre boli založené na skutočnom stave používania plávajúceho zariadenia. V oboch simuláciách došlo najskôr k požiaru poschodovej postele a následne sa po 100 sekundách požiar preniesol na gauč. Požiare boli definované na základe priloženého súboru v programe CFAST, v ktorom sa nachádza veľké množstvo už vopred definovaných požiarov (CFAST 6.2., 2023). Požiar poschodovej postele mal maximálny výkon 4 620 kW v 240 s, a požiar gauča 3 447 kW v 400 s. Oba požiare boli umiestnené v kajute. Požiar poschodovej postele mal súradnice $x = 3,5$ m, $y = 0,7$ m. Požiar gauča mal súradnice $x = 0,5$ m, $y = 2,1$ m. Na obr. 2 je zobrazený priebeh požiaru poschodovej postele a na obr. 3 je zobrazený priebeh požiaru gauča pomocou rýchlosti uvoľňovania tepla v čase.



Obr. 2 Rýchlosť uvoľňovania tepla požiaru poschodovej postele v závislosti na čase



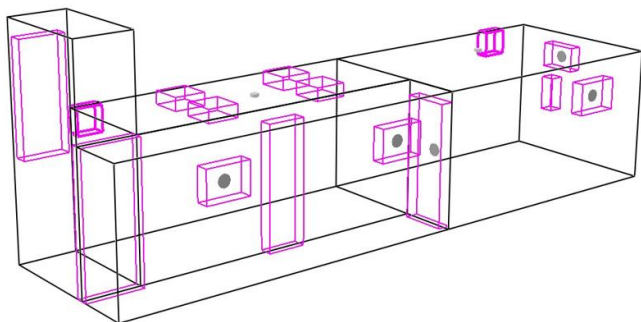
Obr. 3 Rýchlosť uvoľňovania tepla požiaru gauča v závislosti na čase

Na základe definovaných požiarov a situácií boli vytvorené dva scenáre:

- Počas prevádzky plávajúceho zariadenia na vodnej hladine vypukol požiar na palube, kde sa nachádzali členovia posádky. Po vypuknutí požiaru tepelný hlásič identifikoval požiar, na základe ktorého došlo k spusteniu ventilácie v kajute a kuchyni. Okná jednotlivých miestností boli uzatvorené, dvere z paluby na chodbu a z chodby do kajuty boli taktiež uzatvorené, dvere medzi chodbou a kuchyňou boli otvorené.
- Počas údržby plávajúceho zariadenia na plavidle vypukol požiar. Na palube sa nenachádzali žiadni členovia posádky a plavidlo bolo odpojené od elektrickej signalizácie z dôvodu opravy plavidla. Požiar bol spôsobený nedbanlivosťou jedného z údržbárov, ktorý po vykonaní údržby zapríčinil požiar, opustil plavidlo. Po vykonaní údržby plavidla nechal za sebou pootvárané dvere a okno v kajute. Nakoľko plavidlo bolo odpojené od elektrickej energie, ventilácia a požiarne hlásiče neboli funkčné.

Definovanie cieľov

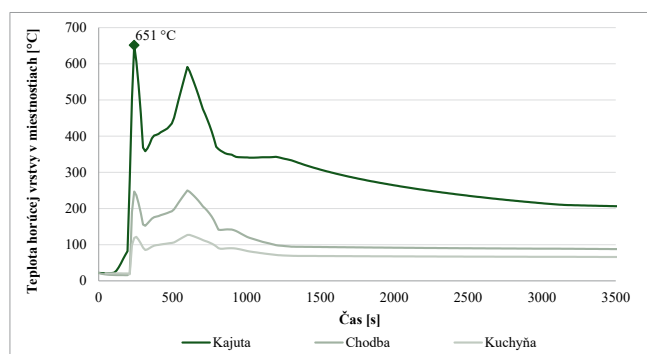
V simuláciach bolo použitých päť cieľov, ktoré boli situované do miestností, kde sa predpokladalo, že intenzita požiaru by mohla spôsobiť najväčšie zmeny v teplotách priestoru, teda do kajuty a chodby. Umiestnenie cieľov je znázornené na obr. 4. Ciele boli využité na otváranie okien a dverí, boli umiestnené v strede daného otvoru a aktivovali sa pri teplote 150 °C (dvere) a 330 °C (okná). Tieto teploty mali simulovať rozbitie sklenenej výplne na dverách a oknách pri požiari o danej teplote.



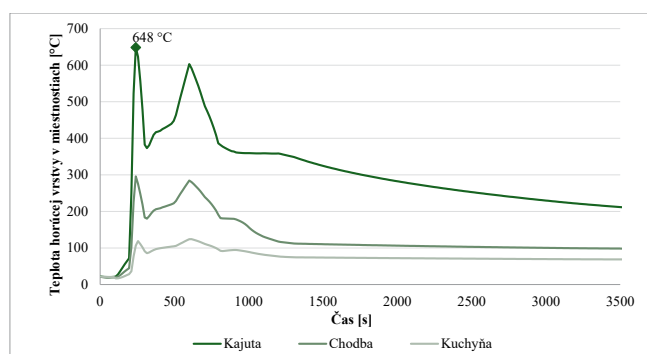
Obr. 4 Umiestnenie cieľov v simulovanom priestore

Výsledky a diskusia

Výsledky simulácií oboch scenárov boli zaznamenané v MS Excel a následne spracované do grafov. Nasledujúca časť sa zaoberá porovnaním výsledkov teplôt horúcej a studenej dymovej vrstvy a výšky dymovej vrstvy v jednotlivých miestnostiach namodelovaného priestoru, a to v kajute, kuchyni a chodbe, nakoľko tieto miestnosti budú najviac ovplyvnené požiarom. Na obr. 5 je zobrazený vývoj teploty horúcej vrstvy v priestore požiaru v scenári 1 a na obr. 6 je zobrazených vývoj teploty horúcej vrstvy v priestore požiaru v scenári 2.



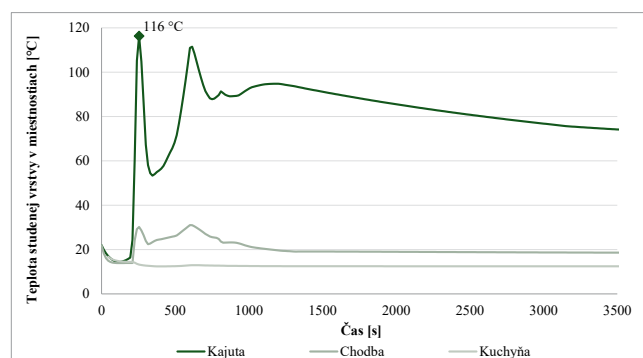
Obr. 5 Graf vývoja teploty horúcej dymovej vrstvy v čase v priestore požiaru scenáru 1



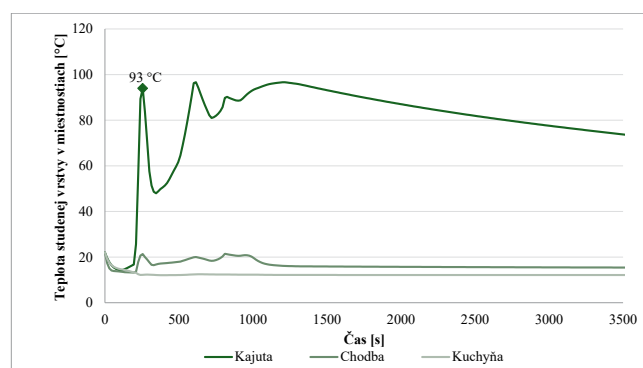
Obr. 6 Graf vývoja teploty horúcej dymovej vrstvy v čase v priestore požiaru scenáru 2

Na obr. 5 je vidieť, že celková teplota horúcej vrstvy dosiahla maximum približne v 240 s od začiatku požiaru s hodnotou 651 °C. Teplotná krivka v chodbe má veľmi podobný charakter, najintenzívnejšia teplota bola však v miestnosti kde požiar vypukol. Zaujímavý je vývoj krivky priestoru kuchyne, ktorá dosiahla veľmi nízke hodnoty. V rámci namáhania konštrukcií by tento požiar spôsobil celkové poškodenie, nakoľko intenzita požiaru by poškodila celistvosť, nosnosť a stabilitu konštrukcií, pretože maximálna dosiahnutá teplota horúcej vrstvy (mimo teploty priamo nad požiarom) dosahovala vysokú teplotu a požiar intenzívne pôsobil 620 sekúnd. Na obr. 6 je vidieť, že vývoj horúcej vrstvy dymu v scenári 2 s otvorenými otvormi v konštrukciách mal podobný priebeh ako scenár 1. Táto skutočnosť bola spôsobená najmä vďaka dostatočnému prísunu čerstvého vzduchu do miestnosti s požiarom. Najvyššia teplota horúcej vrstvy bola dosiahnutá v kajute, kde požiar vypukol a dosiahla hodnotu 648 °C.

Ďalším skúmaným parametrom požiaru bola dolná studená vrstva čerstvého vzduchu. Na obr. 7 je zobrazených vývoj teploty spodnej studenej vrstvy v priestore požiaru v scenári 1 a na obr. 8 je zobrazených vývoj teploty spodnej studenej vrstvy v priestore požiaru v scenári 2.



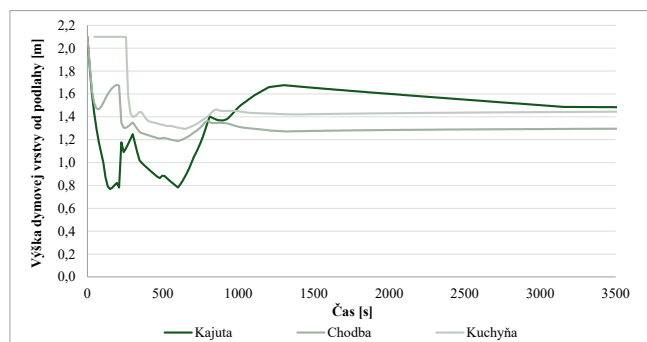
Obr. 7 Graf vývoja teploty dolnej studenej vrstvy v čase v priestore požiaru scenáru 1



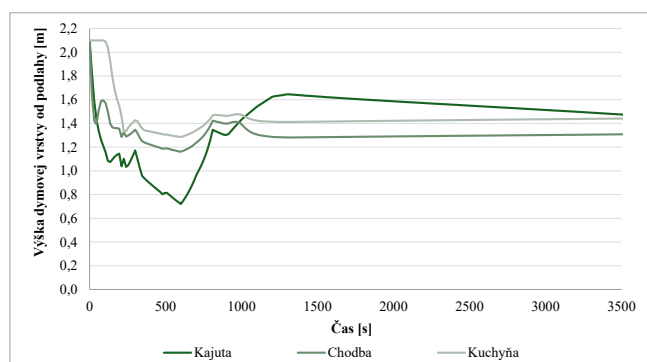
Obr. 8 Graf vývoja teploty dolnej studenej vrstvy v čase v priestore požiaru scenáru 2

Dolná studená vrstva je pri požiaroch tvorená čerstvým vzduchom, ktorý je privádzaný do miestností cez otvory. Aj napriek tomu, že ide o vrstvu čerstvého vzduchu, boli tieto vrstvy, najmä v priestore kajuty, v oboch scenároch nahriate požiarom nakoľko, že najvyššie dosiahnutá teplota bola v scenári 1 až 116 °C a v scenári 2 približne 96 °C. Vzhľadom na typ konštrukcie miestnosti kajuty by v priestore pôsobenia tejto vrstvy v oboch scenároch nemalo dôjsť k poškodeniu konštrukcií. V ostatných priestoroch plávajúceho zariadenia v oboch scenároch teploty dolnej vrstvy dosiahli maximálne 30 °C, teda v týchto miestnostiach nedôjde k poškodeniu konštrukcií.

Posledným skúmaným parametrom požiaru bola výška dymovej vrstvy. Na obr. 9 je zobrazených vývoj výšok dymovej vrstvy v priestore požiaru v scenári 1 a na obr. 10 je zobrazených vývoj výšok dymovej vrstvy v priestore požiaru v scenári 2.



Obr. 9 Graf vývoja výšok dymovej vrstvy v čase v priestore požiaru scenáru 1



Obr. 10 Graf vývoja výšok dymovej vrstvy v čase v priestore požiaru scenáru 2

Vo vývoji výšky dymovej vrstvy sa tak ako aj v skúmaní predošlých parametrov oba vyvíjajú podobne. Najnižšia hodnota, ktorá bola dosiahnutá bola v scenári 2 v 600. sekunde s hodnotou 0,7 m nad úrovňou podlahy v kajute. Celkovo sa dymová vrstva v oboch scenároch od 240 s drží na hodnotách v rozmedzí od 1,2 do 1,7 m s výnimkou kajuty. V takomto prípade by evakuácia ľudí prebehla do 240 s bez väčších problémov, od 240 s by sa prítomní museli evakuovať tak, aby sa držali pod úrovňou dymovej vrstvy.

Záver

Na základe získaných výsledkov možno vidieť, že požiarotechnické zariadenia mali pozitívny vplyv najmä pri výške dymovej vrstvy, ktorá bola vo vyššej úrovni pri scenári s prísunom elektrickej energie ako bez jej prísunu. V rámci teplôt horúcej dymovej vrstvy sa hodnoty zo začiatku vyvíjali podobne, avšak vo fáze dohorievania sa ukázalo, že teploty v priestore s ventiláciou sú nižšie ako teploty bez ventilácie. V rámci teplôt spodnej studenej vrstvy čerstvého vzduchu sa teploty v prvom scenári držali podstatne vyššie ako pri druhom scenári, čo mohlo byť zapríčinené prísunom čerstvého vzduchu cez otvory okien a dverí, ktoré boli po celý čas vývoja požiaru otvorené.

Požiarotechnické zariadenia sú dôležitou súčasťou každej stavby, alebo objektu. K ich fungovaniu je potrebné dostatočné množstvo elektrickej energie, ktoré by malo byť zabezpečené či už sa v objekte nachádzajú osoby alebo nie. Pri samotnom plávajúcom zariadení by bolo vhodné, aby aj v prípade opravy nebolo odpojené od elektrickej požiarnej signalizácie.

Použitá literatúra

- [1] PEACOCK, R. D. a ed., 2017.: *CFAST - Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport* [online]. [cit. 2024-01-22]. Dostupné z: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/TechnicalNotes/NIST.TN.1889v2.pdf>.
- [2] Anonym, 2024.: *CFAST*. [online]. [cit. 2024-01-22]. Dostupné z: <https://www.energy.gov/ehss/cfast>.
- [3] PEACOCK, R. D. a ed., 2015.: *CFAST - Consolidated Fire and Smoke Transport* [online]. [cit. 2024-01-22]. Dostupné z: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/TechnicalNotes/NIST.TN.1889v1.pdf>.

Monitoring biomedicínských dat a virtuální realita ve výcviku příslušníků policie

doc. Ing. Patrik Kutílek, MSc., Ph.D.

doc. Mgr. Zdeněk Hon, Ph.D., dr. h. c.

Ing. Lýdie Leová

Ing. Petr Volf, Ph.D.

Ing. Marek Sokol

Ing. Jan Hejda, Ph.D.

Ing. Veronika Kotolová

Ing. Martin Staněk, Ph.D.

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství

nám. Sítná 3105, 272 01 Kladno

zdenek.hon@fbmi.cvut.cz

Abstrakt

Výcvik příslušníků policie v reálném životě je často nekonzistentní kvůli různé úrovni účasti nebo rozsahu času a zdrojů požadovaných pro návrh, provedení a kontrolu. Nástup technologicky založených přístupů k připravenosti na jakékoliv mimořádné události prostřednictvím prostředí virtuální reality (VR) se jeví jako slibná alternativa, popřípadě doplněk k běžně používaným metodám výcviku. Článek je orientován na návrh měřicího systému pro oblast výcviku PČR ve VR prostředí. Jedná se o systém umožňující měřit srdeční aktivitu, dechovou aktivitu a elektrodermální aktivitu. Smyslem je ze získaných hodnot z měření a výpočtů určit psychologický stav příslušníků PČR za využití výcviku ve VR simulující reálné situace a tím zajistit dostatečnou vycvičenost příslušníků PČR. Cílem článku je prezentovat možnosti realizace uvedeného konceptu pro výcvik policistů a prezentovat pilotní výsledky.

Klíčová slova

Component, formatting, style, styling, insert.

Abstract

Real-life police officer training is often inconsistent due to varying levels of participation or the amount of time and resources required for design, execution, and control. The advent of technology-based approaches to any emergency preparedness through virtual reality (VR) environments appears to be a promising alternative or supplement to commonly used training methods. The paper is oriented towards the design of a measurement system for the field of training of the Czech Police in a VR environment. It is a system allowing to measure cardiac activity, respiratory activity, and electrodermal activity. The purpose is to determine the psychological state of the police officers from the obtained values from measurements and calculations using VR training simulating real situations and thus ensure sufficient training of the police officers. The aim of the paper is to present the possibilities of implementation of the mentioned concept for training of police officers and to present pilot results.

Keywords

Component, formatting, style, styling, insert.

Úvod

Role a úkoly Policie České republiky (PČR) jsou velmi rozmanité a zahrnují široké spektrum úkonů. Jejich primárním úkolem je boj proti kriminalitě a dalším formám protiprávního

jednání a stejně tak působit preventivně v zájmu předcházení negativním společenským jevům a kriminálním aktivitám. V důsledku narůstajícího počtu událostí včetně jejich rozsahu, zvýšené náročnosti úkolů a nedostatku policejních příslušníků se vyžaduje, aby policejní jednotky, zejm. příslušníci, byli efektivnější a výkonnější během výkonu svého povolání. To má následně vliv na efektivitu plnění úkolů a samotnou psychickou odolnost příslušníků PČR.

Nedávný pokrok v technologii virtuální reality (dále jen „VR“) přispěl k vývoji simulací jakéhokoli druhu, které jsou nástrojem pro policejní složky k procvičování specifických dovedností v ohrožujících, nebezpečných a stresových situacích bez nebezpečných implikací v reálném světě. Spolu se sledováním fyziologických parametrů v reálném čase jsou efektivním nástrojem pro výcvik a přípravu policejních složek. Bylo zjištěno, že vysoká kognitivní zátěž může negativně ovlivnit deliberativní rozhodování [1], které vyžaduje simultánní zvážení většího množství podnětů a okolností. Tato skutečnost je nutnou součástí praxe při činnosti policistů. Proto objektivní hodnocení kognitivní zátěže může sloužit jako jeden z prostředků pro evaluaci schopností policisty, efektu výcviku a osvojení si činností spojených s výcvikem [2]. Výcvik prováděný moderními technologiemi, jako je VR umožňuje, jak nastavit prostředí, s kterým se policista setká, tak je možné využít systémů pro sledování chování policisty v tomto prostředí a určit měřením jeho připravenost pro plnění konkrétních úkolů. Některé výzkumy v této oblasti přímo naznačují, že scénáře VR vyvolávají stresové reakce, které napodobují stres [3]. Důležitým prvkem v rámci sledování psychické kondice je sledování tepové frekvence a dalších fyziologických parametrů. Byla pozorována významná vazba mezi kognicí a autonomním nervovým systémem [4], který má mimo jiné významný vliv na srdeční aktivitu, především srdeční frekvenci a její variabilitu (HRV) [5, 6, 7] a další fyziologické parametry jako je např. vodivost kůže [8] či hladina kortizolu [9]. Z toho důvodu lze použít měření parametrů fyziologických dat pro hodnocení kognitivní zátěže, která souvisí s psychologickým stavem policisty během plnění úkolu ve specifickém prostředí. Cílem článku je prezentovat možnosti realizace uvedeného konceptu pro výcvik policistů a prezentovat pilotní výsledky.

Současný stav

Technologie VR umožňují vývoj realistických tréninkových simulací založených na pohlcujících scénářích v trojrozměrném (3D) prostředí. Uživatelé aplikací VR tak mohou zažít pocit ohrožení bez interakce s protivníkem v rámci bezpečného ergonomického a realistického prostředí [10]. Tímto způsobem virtuální prostředí eliminuje potřebu výcviku policistů v těžkých a potenciálně nebezpečných prostředích [11]. Výhodou je, že vhodně uzpůsobené aplikace VR dokáží dopodrobna sledovat chování uživatele, jeho silné a slabé stránky, podle kterých lze tréninkové scénáře upravovat, opakovat apod. Zejména při výcvikových simulacích pro policejní složky, ve kterých musejí policisté reagovat na různé hrozby, je nutné trénovat specifické postupy v situacích srovnatelných s reálným prostředím, během kterých se vyvolá emoce a stres [10].

V případě výcviku a monitoringu biomedicínských dat ozbrojených složek ve VR bylo realizováno v posledních letech několik málo studií. Linssena a kol. [12] se zaměřili na měření fyziologického stresu během vojenského výcviku ve VR, které vyžaduje dynamické plnění úkolů. Cílem studie bylo prozkoumat, zda lze stres vojáků vyvolat v prostředí VR. Dále ověřit navrženou metodu pro sledování stresu jednotlivce pomocí akcelerometrie

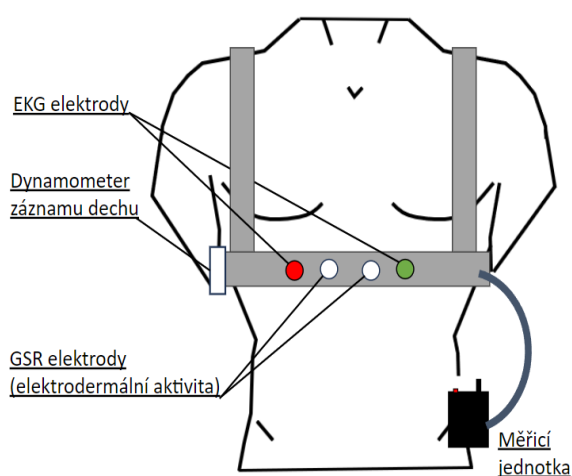
a měření srdeční frekvence (HR). Studie Bruny a Gilesové [13] se zaměřila na vývoj a validaci nové metodiky VR pro armádu, kde bylo studováno jak stres a nejistota ovlivňující výkon k dosažení požadovaného úkolu. Studie Reyes a kol. [14] se zaměřila na vývoj adaptivního systému výcviku VR pro piloty včetně hodnocení výkonnosti. Binsch a kol. [15] ve své studii zjišťovali, zda příprava ve VR na úkol policejního dohledu vede ke zvýšení výkonu a snížení stresu, pracovní zátěže a rychlejší regeneraci. V rámci studie se hodnotilo sledování pohybu, srdeční frekvence, variabilita srdeční frekvence (HRV), hladina kortizolu ve slinách (SCL) a sebepocitovaný stres. Tovar a kol. [16] se zabývali otázkou, zda simulace ve VR mohou být náhradou za osobní výcvik lékařů, záchranářů při katastrofách s velkým počtem zraněných osob. Cílem studie bylo prokázat, že scénáře ve VR mohou vyvolat stejnou požadovanou stresovou reakci jako při reálných cvičeních. Pro ověření se měřily změny v odpovědi sympatického nervového systému (SNS) prostřednictvím variability srdeční frekvence (HRV) u subjektů účastnících se scénáře ve VR. Otázkou, zda vizualizace celotělového avatara či pouze reprezentace avatara s hlavou a rukama ve VR má vliv na úroveň stresu uživatele se zabývali v této studii [10]. Ti ve své studii představili vyvíjenou tréninkovou simulaci pro více hráčů ve VR, ve které si mohou policisté procvičit dovednosti a taktické postupy. Výstupem studie bylo zjištění na základě statistické významnosti HRV, že celotělový avatar vyvolává významně vyšší úroveň stresu.

Žádná studie však nevyužila pro ozbrojené složky speciálně vyvinutý výcvikový monitor biomedicínských dat pro určení psychického stavu ve VR, který by v budoucnu umožnil určit psychický stav příslušníků PČR za využití výcviku ve VR simulující reálné situace a tím zajistil dostatečnou vycvičenost příslušníků PČR.

V rámci návrhu senzorické části nositelné elektroniky pro měření fyziologických parametrů byl proveden průzkum dostupnosti komerčních zařízení, které by mohly splňovat požadavky nositelné elektroniky pro měření fyziologických dat subjektů ve VR. Primární požadavek byl otevřený FW/SW, který umožní naprogramovat propojení s VR a zařízení bylo ergonomicky jednoduše upravitelné. Druhým požadavkem byl typ poskytnutých dat. Nebylo zjištěno žádné komerčně dostupné zařízení splňující požadavky výše uvedené.

Metody

Návrh měřicího systému pro oblast výcviku PČR ve VR vychází z předcházejících studií a měl by umožnit měřit srdeční aktivitu, dechovou aktivitu, elektrodermální aktivitu.



Obr. 1 Schéma znázorňující rozmístění snímacích elektrod na hrudním pásu a pozice hrudního pásu na těle

Nositelná elektronika pro měření fyziologických dat musí být kompatibilní s VR technologií, ergonomicky upravená, ale současně poskytovat dostatečně kvalitní záznamy dat pro další zpracování. Na základě předcházejících studií se ukázalo vhodné umístění elektrod, resp. senzorů v souladu s obr. 1 [17].

Na základě uvedeného byla navržena a vytvořena měřicí platforma, viz obr. 1, v podobě hrudního pásu, který v sobě kombinuje elektrody pro měření elektrodermální aktivity, elektrody pro měření EKG a dynamometr pro měření změn obvodu hrudníku (dechový senzor). Měřicí jednotka je v rámci vývoje umístěna mimo pás a je postupně miniaturizovaná či může být umístěna do kapsy uniformy policisty, který např. používá během výcviku balistickou vestu. Vzhledem k nutnosti bezpečného a efektivního napájení je využit malý akumulátor Li-pol (max. kapacita 500 mAh) nositelného systému, navrženy senzory s nízkou spotřebou, což umožní provoz platformy po dobu 2 hodin bez nutnosti nabíjení, což splňuje požadavky výcviku ve VR s obvykle kratšími scénáři (do 1/2 h). Námí navržená platforma spojuje všechny požadované senzory do jedné jednotky analogových obvodů a současně poskytne dostatečně uživatelsky vhodné uspořádání v rámci současných technologických možností k záznamu biomedicínských dat.

Pilotní měření pro testování návrhu uspořádání senzorů předpokládané platformy bylo provedeno za účelem ověření, zda bude biomedicínský záznam dostatečně kvalitní k využití ve výcviku policistů s využitím VR. Použitá technologie pro pilotní testování a záznam dat je v souladu s návrhy:

- EKG senzor - v podobě elektrod umístěných na hrudníku,
- senzor dechové aktivity - v podobě tenzometrického snímače umístěného v hrudním pásu,
- senzor elektrodermální aktivity - v podobě elektrod umístěných na hrudníku,
- SW pro záznam, zpracování a interpretaci biomedicínských dat.



Obr. 2 Ukázka testování návrhů: 1) Umístění senzorů pro záznam biologických signálů, 2) Proband s VR systémem, 3) Scénář ve VR

Záznamy biologických signálů jsou pořízeny během provádění činností ve VR, kde jsou spuštěny dva scénáře - montáž konstrukce zařízení a chůze po lávce ve výšce. Záznam dat probíhal 20 minut a data byla bezdrátově ukládána do PC souběžně se záznamem dat z VR.

Zpracování biosignálů představuje klíčový krok pro jejich případnou analýzu. Nicméně, při zpracování těchto signálů je třeba řešit problémy jako případný šum, nízká rozlišovací schopnost nebo velký objem dat. Pro potřeby zpracování signálu byl zvolen programovací jazyk Python.

• Zpracování elektrické srdeční aktivity

Prvním krokem zpracování EKG je jeho filtrace. Pro tyto účely byl použit Butterworthův filtr. Tento typ filtru se běžně používá v klinickém nastavení pro odstranění složek signálu, které nejsou

biologicky relevantní k srdeční aktivitě, typicky drift izolnie. Butterworthův filtr je parametrický filtr s definovanou frekvencí mezního pásma (cut-off frequency). Konkrétně byl aplikován filtr typu horní propust pátého řádu s mezní frekvencí 0,5 Hz. Dalším krokem po vyčištění EKG signálu od nežádoucích artefaktů je detekce R vln. R vlnou se rozumí část elektrokardiogramu, konkrétně každý pozitivní kmit QRS komplexu, k jehož genezi dochází během depolarizace komor. Pro účely detekce R vln byl použit algoritmus založený na vlnkové transformaci [18]. Algoritmus vychází z [19], ale místo pásmového filtru používá k odstranění šumu a zvýraznění QRS komplexů stacionární vlnkovou transformaci (SWT). Stacionární vlnková transformace je metoda rozkladu signálu do jednotných frekvenčních pásem pomocí mateřské vlnky. V použitém algoritmu se pro SWT využívá Daubechiesova vlnka třetího řádu.

• Zpracování respirační aktivity

K zpracování respirační aktivity byl zvolen algoritmus podle [20], který vychází z počítání průchodů nulou a prahování. Nejdříve jsou ze surového dechového signálu odstraněny výchyly/kolísání izolnie (tj. signál musí být soustředěn kolem nuly). To je zajištěno použitím Butterworthovy pásmové propusti třetího řádu s mezními frekvencemi 0,05 Hz a 3 Hz, čímž je i potlačeno nežádoucí vysokofrekvenční rušení. V dalším kroku jsou detekovány počátky nádechu a výdechu. Algoritmus detekce peaků pomocí počítání průchodu nulou pracuje na základě vlastnosti signálu, kde vrcholy (peaky) mají hodnotu, která mění znaménko v průběhu času. Tato metoda spočívá v tom, že algoritmus sleduje, kdy signál překročí hodnotu nuly a mění znaménko z kladného na záporné (nebo naopak). Tím se identifikují potenciální peaky v signálu. Zároveň jsou aplikovány další metody filtrace, detekce odlehklých hodnot a hledání lokálních minim a maxim s využitím prahování [20].

Z dechové signálu je zároveň po jeho filtraci a detekci nádechů a výdechů extrahována respirační fáze, amplituda, frekvence, symetrie a dechový objem. Respirační fázi se rozumí fáze dechového cyklu. V datové podobě jsou pak části dechového signálu označeny "1" pro inspiraci a "0" pro expiraci. Dechová amplituda je vypočtena jako rozdíl mezi detekovaným maximem (viz obr. 6 - Exhalation Onsets) a nejbližším předchozím minimem (viz obr. 6 - Inhalation Onsets). Dechová frekvence je vypočtena využitím křížové korelace. Symetrické charakteristiky dechového cyklu jsou získány podle [21]. Dechový objem za čas (RVT) je součinem dechového objemu a dechové frekvence.

• Zpracování elektrodermální aktivity

Elektrodermální signál je nejdříve filtrován Butterworthovým dolnoproputním filtrem čtvrtého řádu s mezní frekvencí 3 Hz. Následně je provedena dekompozice signálu na tonickou a fázickou složku. Tonická složka představuje pomalé změny v elektrické vodivosti kůže. Fázická složka odráží krátkodobé (rychlé) změny elektrodermální aktivity v reakci například na okamžité podněty nebo stresové situace. Dekompozice je realizována využitím filtru filtrace mezní frekvencí 0,05 Hz. Fázická složka je získána z filtrace dolní propustí a tonická horní propustí. Následně jsou ve fázické složce identifikovány kožní vodivostní reakce (Skin conductance responses, SCR) využitím algoritmu podle [22].

Výsledky

Aplikací uvedených metod bylo dosaženo získání dat v takové kvalitě, aby je bylo možné použít pro další analýzu a studium cvičících ve VR.

• Zpracování elektrické srdeční aktivity

Výsledek zpracování je ukázán na obr. 3. Byla provedena i analýza kvality signálu výpočtem kontinuálního indexu kvality EKG signálu (zeleně na obr. 3 - Signal quality). Index kvality vychází z interpolace vzdálenosti každého QRS segmentu od průměrného QRS segmentu přítomného v daném signálu. Detekované a vizualizované R vlny v elektrokardiogramu lze vidět na obr. 4.

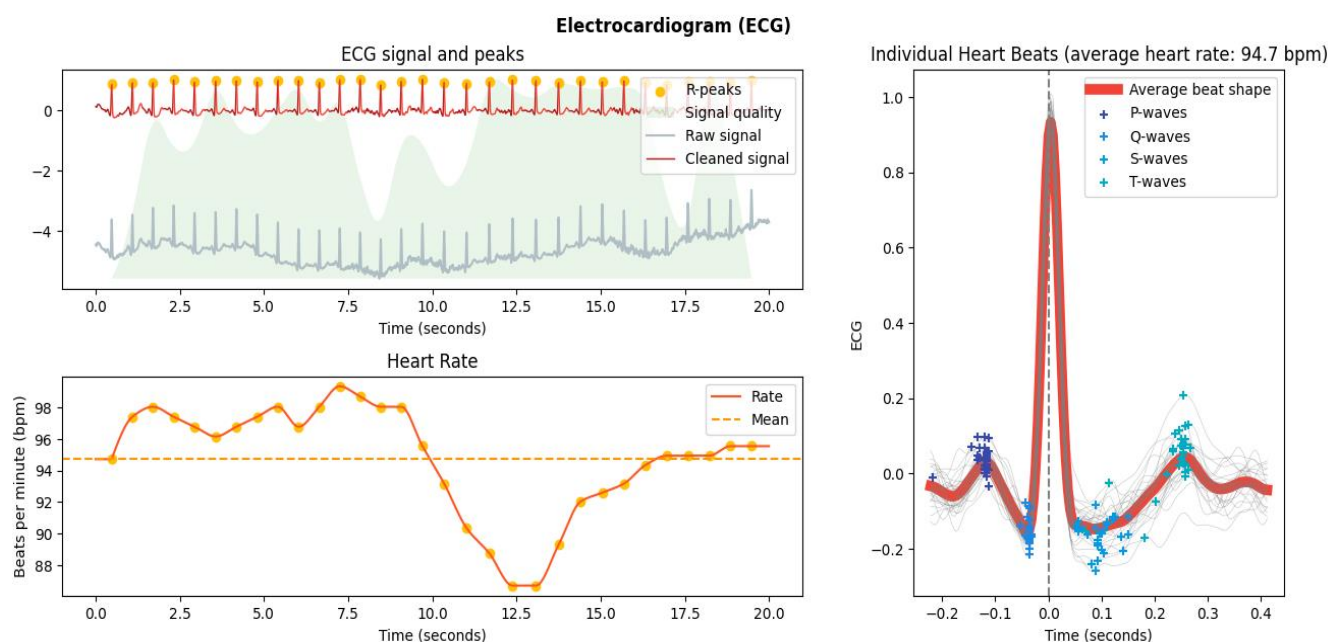
Na základě detekovaných R peaků je vycházeno z další inspekce kvality využitím segmentace na jednotlivé srdeční stahy. Vhodným způsobem vizualizace lze takto získat přehled o jednotlivých QRS komplexech a o případných abnormalitách, které by mohly hrát zásadní roli v analýze signálu. Zvolený způsob vizualizace lze pozorovat na obr. 5.

• Zpracování respirační aktivity

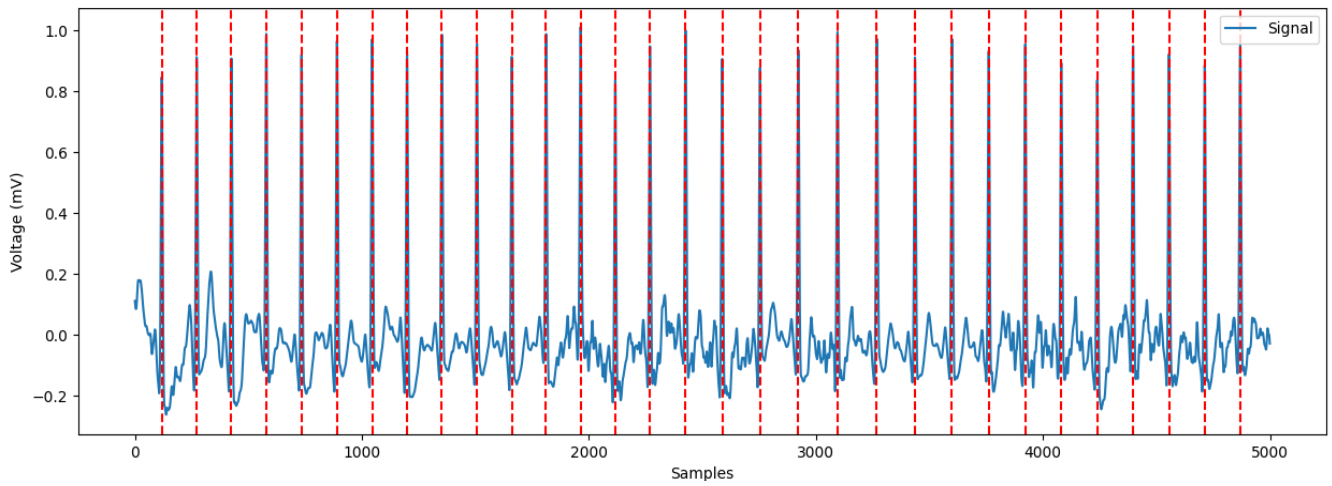
Filtrovaný signál lze vidět na obr. 6 modře v prvním grafu. Jednotlivě získané parametry lze vidět na obr. 6. Pro potřeby analýzy stresové zátěže jsou nejdůležitějšími metriky frekvence a amplituda, které lze analyzovat podobně jako je tomu u variability srdeční frekvence.

• Zpracování elektrodermální aktivity

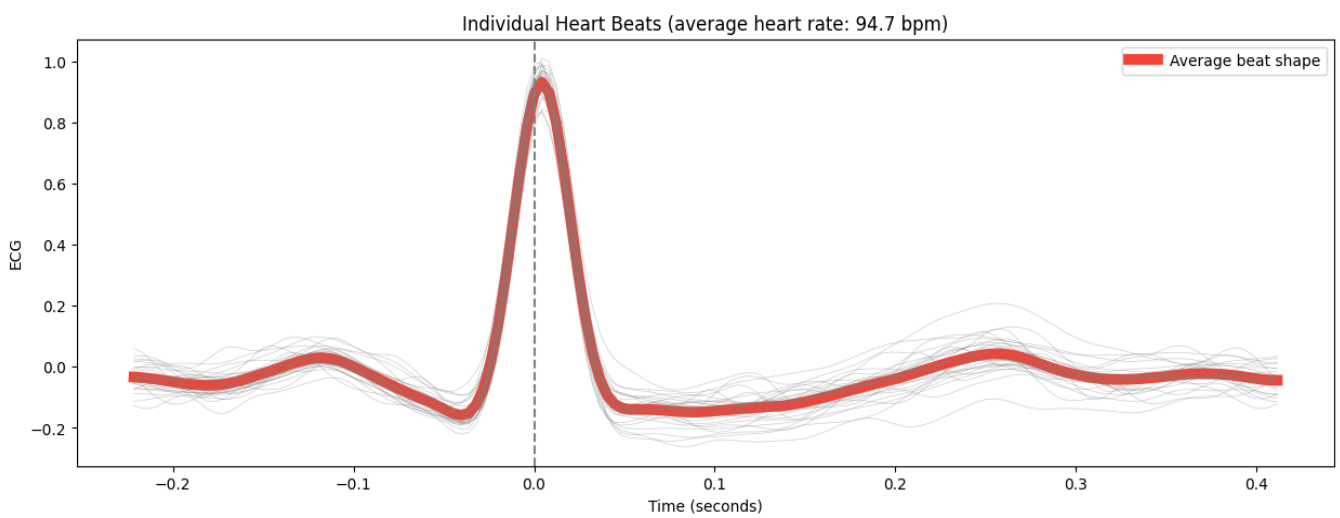
Zpracovaný signál elektrodermální aktivity z pilotního měření včetně příkladů jeho fázi je ukázán na obr. 7.



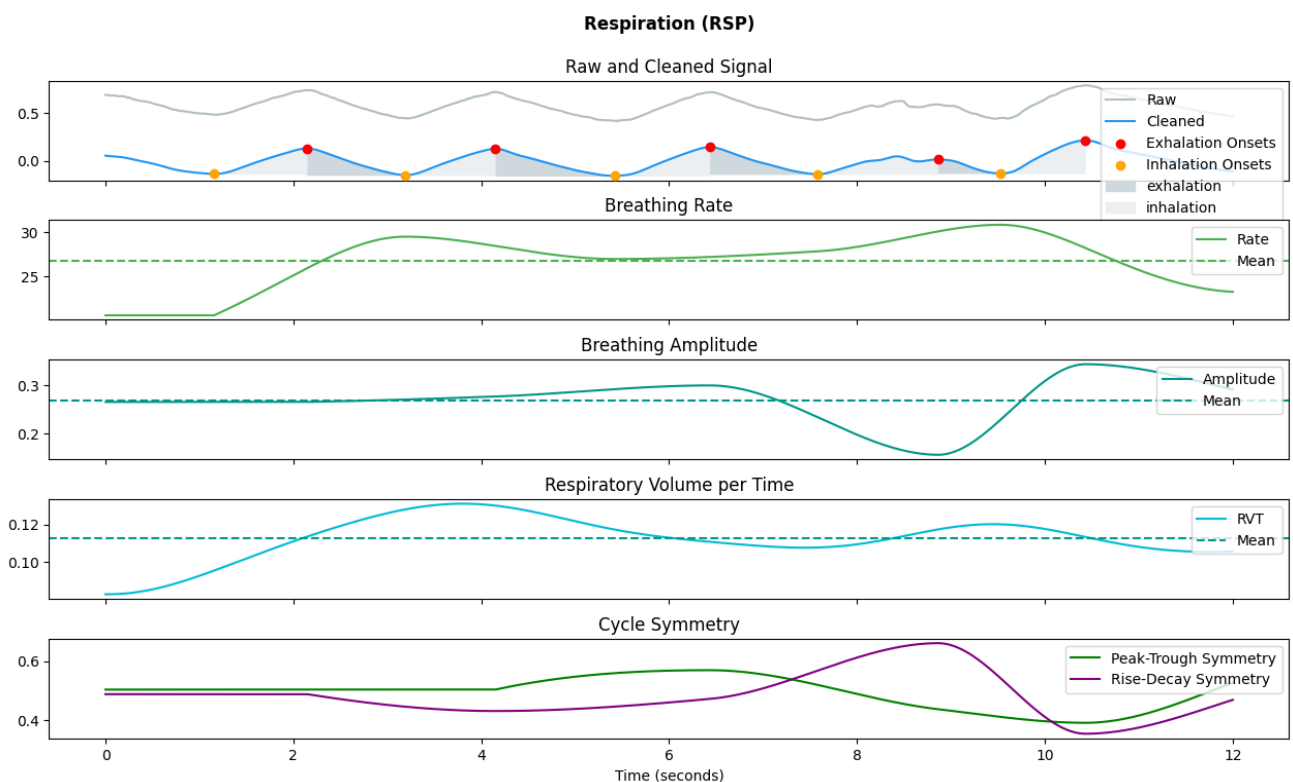
Obr. 3 Ukázka zpracování EKG z pilotního měření



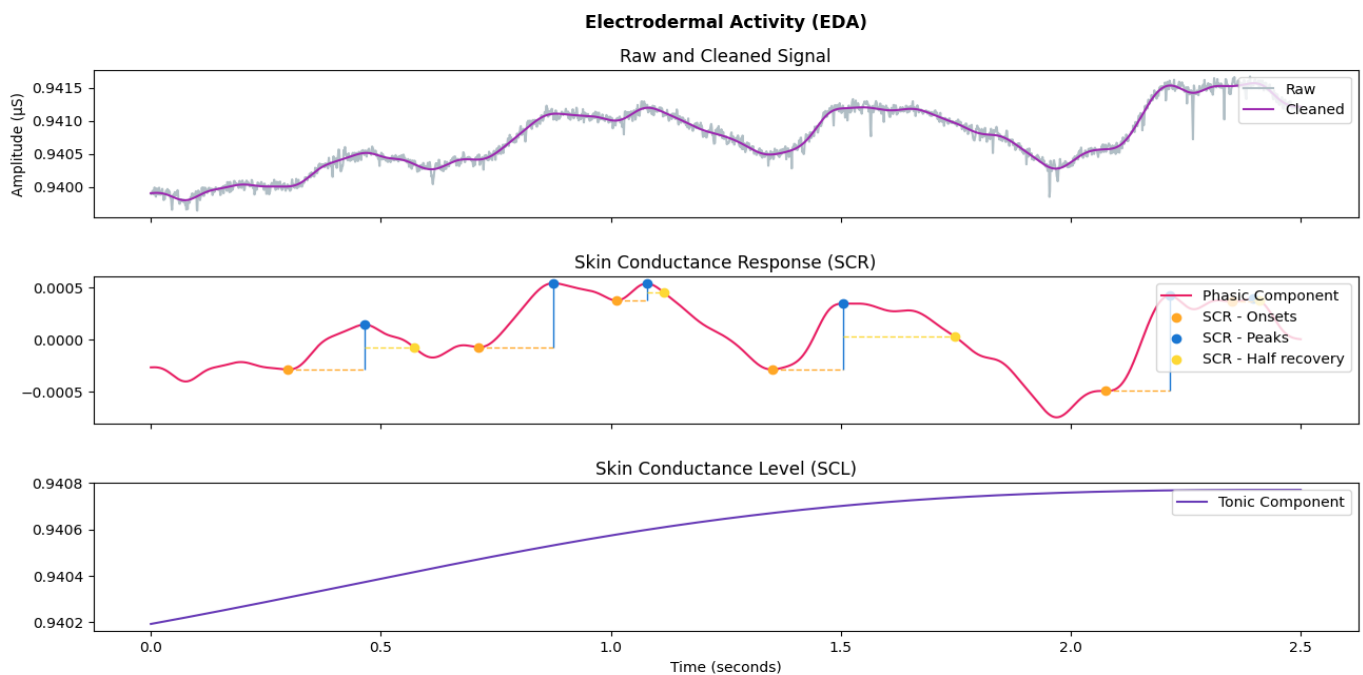
Obr. 4 Detail EKG se zvýrazněnými detekovanými R vlny z pilotního měření



Obr. 5 Segmentovaný elektrokardiogram na jednotlivé QRS komplexy



Obr. 6 Vizualizace zpracování respirační aktivity z pilotního měření



Obr. 7 Vizualizace zpracování elektrodermální aktivity z pilotního měření

Diskuze

Důležitým aspektem měření a zpracování dat je hodnocení kondice subjektů z naměřených biomedicinských dat a jejich korekce s ohledem na pohybové a elektromagnetické artefakty přirozeně se vyskytující v měřených signálech. Jak se předpokládalo a bylo potvrzeno pilotním měřením, vzhledem k povaze sledovaných činností zahrnujících intenzivní pohybovou aktivitu je kvalita zaznamenaného signálu v průběhu času proměnlivá, ale dostatečná s ohledem na měření ve VR i pro další analýzu.

Následná analýza biosignálů nabízí možnost hodnocení připravenosti jedince v kontextu jeho fyzické a psychické kondice. Pro analýzu je možné využít indikátory, do kterých se promítají změny v periferní fyziologii jedince. Mezi iniciátory těchto změn řadíme mimo jiné i stresové podněty nebo vysokou kognitivní zátěž, které lze například pozorovat ve formě časových fluktuací ve variabilitě srdečního či dechového rytmu. Díky detekovaným R vlnám a segmentaci na jednotlivé srdeční stahy je také signál připraven pro případnou aplikaci delineaace - nalezení dalších vln srdečního cyklu. Srdeční cyklus se skládá z PQRST vln: P vlna - představuje depolarizaci síní, QRS komplex šíří - odráží rychlou depolarizaci pravé a levé komory, T vlna - představuje komorovou repolarizaci. Pro potřeby delineaace je možné volit algoritmus podle [23]. Tento algoritmus je také založen na vlnkové transformaci. Na obr. 4 jsou v rámci testu vizualizovány nalezené zbývající vlny srdečního cyklu na původním pilotním segmentovaném EKG. Možností extrahování dalších prvků EKG signálu jsou tak zajištěny širší možnosti zpětné analýzy průběhu jednotlivých měření. Nicméně v rámci analýzy kognitivní zátěže je nejpodstatnější částí spolehlivá detekce R vln a jejich následná analýza.

Pro analýzu elektrické srdeční aktivity je možné zvolit variabilitu srdečního rytmu (HRV). Variabilita srdečního rytmu je metrika, která měří variace intervalů mezi srdečními stahy. Po zpracování EKG a detekci R vln jsou vypočteny intervaly mezi po sobě jdoucími R vlnami. Tyto intervaly se mohou následně analyzovat několika způsoby. Pro analýzu EKG a detekce kognitivní zátěže v reálném čase předpokládáme využití strojového učení (ML, Machine learning). Analýzu lze také provádět časovou, frekvenční a nelineární metodou. Časový typ analýzy se zaměřuje na měření a interpretaci různých časových intervalů mezi srdečními údery. Lze použít různé statistické metody pro hodnocení HRV

v časové doméně, jako jsou SDNN (standardní odchylka všech NN intervalů), RMSSD (střední kvadratická hodnota po sobě jdoucích rozdílů intervalů RR) a pNN50 (procento rozdílů mezi po sobě jdoucími RR intervaly, které přesahují 50 ms). SDNN představuje celkovou variabilitu srdeční frekvence za určitý časový úsek. Odráží jak sympatické, tak parasympatické vlivy na HRV. V případě vyšší kognitivní zátěže, například při řešení složitých mentálních úkolů nebo při stresu, může SDNN klesat. Toto snížení SDNN odráží snížení celkové HRV, což může naznačovat zvýšenou dominanci sympatiku a snížení celkové variability srdeční frekvence. Naopak v během nižší kognitivní zátěže nebo relaxace se SDNN může zvýšit. To naznačuje vyváženější autonomní nervový systém s vyšší celkovou HRV. RMSSD kvantifikuje krátkodobou variabilitu srdeční frekvence a je ovlivněna především parasympatickou aktivitou. Odráží rychlé změny srdeční frekvence spojené s dýcháním a často se považuje za index vagového tonu. Při vyšší kognitivní zátěži může RMSSD klesat, protože parasympatická aktivita má tendenci se snižovat. Snížení RMSSD může naznačovat snížení vagového tonu, což může odrážet posun k dominanci sympatiku. U nižší kognitivní zátěže nebo relaxace se může RMSSD zvýšit, což ukazuje na zvýšenou parasympatickou aktivitu a vagový tonus.

Dále můžeme použít frekvenční analýzu, která je zaměřena na rozklad HRV do různých frekvenčních pásem pomocí metod, jako je Fourierova transformace. Hlavní frekvenční pásma zahrnují vysokofrekvenční (HF) pásmo, nízkofrekvenční (LF) pásmo a jejich poměr LF/HF. Nízkofrekvenční složka HRV je spojena s aktivitou sympatiku i parasympatiku, s větším důrazem na aktivitu sympatiku. LF může indikovat směs sympatických a parasympatických vlivů na HRV. Vysokofrekvenční složka HRV je ovlivněna především parasympatickou (vagovou) aktivitou a souvisí s respirační sinusovou arytmií. HF je často považována za marker aktivity parasympatického nervového systému a souvisí s relaxací a zotavením. Poměr LF/HF se často používá jako ukazatel rovnováhy mezi sympatickými a parasympatickými vlivy na srdce. Vyšší poměr LF/HF je obecně spojen s převahou sympatiku, zatímco nižší poměr LF/HF naznačuje převahu parasympatiku. V situacích vyšší kognitivní zátěže, jako je plnění složitých mentálních úkolů nebo stres, lze očekávat změny HRV. Tyto změny mohou zahrnovat zvýšenou aktivitu sympatiku (vyšší

LF) a sníženou aktivitu parasymptiku (nižší HF), což vede k vyššímu poměru LF/HF. Tento vzorec odpovídá reakci "flight-or-flight" spojené se stresem a zvýšenými kognitivními nároky. Naopak v období nižší kognitivní zátěže nebo relaxace lze pozorovat opak. Může dojít ke snížení sympatické aktivity (nižší LF) a zvýšení parasympatické aktivity (vyšší HF), což má za následek nižší poměr LF/HF. Nelineární přístup analýzy HRV zkoumá složitější vzorce v chování srdeční frekvence, které nejsou zřejmě při použití tradičních časových nebo frekvenčních metod. Nelineární techniky, jako je Poincarého plot (grafické znázornění vzájemného vztahu mezi po sobě jdoucími RR intervaly), entropie a fraktální analýza, poskytují hlubší vhled do dynamiky srdeční frekvence a jejího chování. Tyto metody doporučujeme pro účely případného odhalení složitějších vzorů a charakteristik HRV, které jsou důležité pro pochopení fyziologického stavu jedince a jeho reakcí na různé podněty nebo stresory.

Rovněž jako u analýzy EKG a HRV jsou i u dechové aktivity detekovány vrcholky (peaky), které se nacházejí na pomezí inhalační a exhalační fáze respiračního cyklu. Z po sobě jdoucích detekovaných vrcholek jsou následně vypočteny časové intervaly. Z variability dechového rytmu (RRV) lze pak získat stejné metriky ve frekvenční a časové oblasti jako u HRV. Z RRV5 jsou poté obdobně vypočítány parametry v časové oblasti jako SDNN, RMSSD nebo pNN50. To platí i v rámci frekvenční a nelineární analýzy RRV. Ve frekvenční doméně se opět rozlišují vysokofrekvenční, nízkofrekvenční a velmi nízkofrekvenční pásma, které lze jednotlivě analyzovat. Pro nelineární analýzu lze znovu vycházet například z Poincarého grafu, stejně jako u HRV.

Analýzu elektrodermální aktivity lze opět provádět výpočtem a porovnáním parametrů z měřeného signálu, jež vypovídají o změnách a jejich míře v této aktivitě. Počítanými metriky mohou být zejména: indikace výskytu SCR po specifické události (logický výsledek - Pravda/Nepravda), průměrná amplituda EDA, amplituda SCR po specifické události, celková délka trvání SCR a délka náběžné a sestupné hrany SCR, počet detekovaných SCR, průměrná amplituda detekovaných SCR, směrodatná odchylka tonické složky EDA, index aktivity sympatiku (potřebná délka okna pro výpočet je minimálně minuta) [24].

Změny ve vybraných parametrech mohou svědčit o fyziologické reakci jedince na kognitivní, emoční nebo jiné smyslové podněty. Amplituda SCR může indikovat intenzitu kognitivní zátěže. Vyšší kognitivní zátěž často vede k větším viditelným kožním vodivostním reakcím EDA. Doba, za kterou se reakce v EDA objeví po zahájení například kognitivního úkolu nebo mentálně náročnější aktivity je dalším vypovídajícím faktorem. Kratší latence může naznačovat rychlejší fyziologickou reakci na kognitivní požadavky. Dále četností SCR za jednotku času lze odhalit přetrvávající kognitivní zátěž.

Vyvíjené metody záznamu biomedicínských dat spojené s VR v rámci výše uvedeného návrhu a pilotního měření umožní screening příslušníkům policie nejen ve vztahu k zákrokům za použití zbraně, ale i při dodržení metodologických doporučení pohybu na místě činu, ohledání, detekce a zajištění stop, zabránění jejich kontaminaci apod. Virtuální prostředí ve spojení s měřením biomedicínských dat a nich určované emoce a kognitivní zátěže rovněž umožní ověřit teoretická doporučení kriminalistické techniky, taktiky a metodiky při různých simulovaných situacích.

Závěr

Výhod využití měření biomedicínských dat příslušníků PČR během výcviku a školení ve VR lze identifikovat celou řadu. Zásadním přínosem v této oblasti je možnost realizace screeningu během výcviku ve VR dle téměř jakéhokoliv scénáře bez omezení rozsahu či komplexnosti. Oproti reálnému výcviku odpadá při simulovaném nutnost vytvoření reálných podmínek událostí, které současně omezují kvalitní záznam biomedicínských dat (ztráta

přenosu signálů, rušení signálu intenzivní pohybovou aktivitou atp.). Lze tedy simulovat standardní i nestandardní události v plném rozsahu, včetně událostí, které lze v reálných podmínkách simulovat jen částečně či náznakově, a s problematickým využitím screeningu emocí a kognitivní zátěže. Podstatná je i možnost úplného záznamu výcviku s interaktivními prvky, které umožní zkoumat jeho průběh detailním způsobem, čehož lze cíleně využít při jeho vyhodnocení v konkrétních okamžicích v kontextu míry stresu. S využitím VR lze v simulovaných podmínkách realizovat individuální i týmové cvičení a školení, což umožní sledovat nejen kondici jednotlivců, ale také týmu jako celku, což povede k snížení časové i ekonomické náročnosti výcviku [25, 26]. Některé scénáře VR lze přenastavit, případně vytvořit adaptivní scénáře podle měřených biomedicínských dat s využitím umělé inteligence [27]. Přidanou hodnotou navrhovaného řešení tak bude hodnocení jednotlivých výcviků ve VR - okamžitá zpětná vazba pro účastníka, kontrola docházky - počtu absolvovaných výcviků za dané období, sledování, zda se výsledky výcviků s jejich opakováním zlepšují apod. Prospěch popisované technologie v rámci PČR je tedy v rovině edukativní, praktické i preventivní. Velkým přínosem projektu je inovace přístupů ke vzdělávání na úseku připravenosti příslušníků PČR na krizové incidenty prostřednictvím využívání moderních technologií a výsledný vzdělávací systém s jednotlivými moduly - vzdělávací a ověřovací.

Poděkování

Článek byl zpracován v rámci projektu VK01020196 s názvem „Inovativní systém využití virtuální reality a simulovaných modelových případů bezpečnostního charakteru usnadňující výcvik a reakci příslušníků policie v rizikových situacích“. Tento projekt je realizován za finanční podpory Ministerstva vnitra ČR v rámci programu s názvem Otevřené výzvy v bezpečnostním výzkumu 2023-2029 (OPSEC).

Použitá literatura

- [1] ALLEN, P.M.; EDWARDS, J.A.; SNYDER, F.J.; MAKINSON K.A.; HAMBY, D.M. 2014.: The Effect of Cognitive Load on Decision Making with Graphically Displayed Uncertainty Information. *Risk Analysis* [online]. 34(8), 1495-1505. ISSN 1539-6924. Dostupné z: doi:10.1111/risa.12161.
- [2] SWELLER, J. 2011.: CHAPTER TWO - Cognitive Load Theory. *Psychology of Learning and Motivation*. 55, 37-76. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387691-1.00002-8>.
- [3] GROER, M.; MURPHY, R.; BUNNELL, W.; SALOMON, K.; VAN EEPOEL, J.; RANKIN, B.; WHITE, K.; BYKOWSKI, C. 2010.: Salivary Measures of Stress and Immunity in Police Officers Engaged in Simulated Critical Incident Scenarios. *Journal of Occupational and Environmental Medicine* [online]. 52(6), 595. ISSN 1076-2752. Dostupné z: doi:10.1097/JOM.0b013e3181e129da.
- [4] CARDIOLOGY.: Task Force of the European Society of, the North American Society of PACING, a ELECTROCARDIOLOGY, 1996. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation*. 93, 1043-1065.
- [5] SOLHJOO, S.; HAIGNEY, M.C.; MCBEE, E.; VAN MERRIENBOER, J.J.G.; SCHUWIRTH, L.; ARTINO, A.R.; BATTISTA, A.; RATCLIFFE, T.A.; LEE, H.D.; DURNING, S.J. 2019.: Heart Rate and Heart Rate Variability Correlate with Clinical Reasoning Performance and Self-Reported Measures of Cognitive Load. *Scientific Reports* [online]. 9(1), 14668. ISSN 2045-2322. Dostupné z: doi:10.1038/s41598-019-50280-3.

- [6] SLATER, M.; SPANLANG, B.; SANCHEZ-VIVES, M.V.; BLANKE, O. 2010.: First Person Experience of Body Transfer in Virtual Reality. *PLOS ONE* [online]. 5(5), e10564. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0010564.
- [7] BERNTSON, G.G.; QUIGLEY, K.S.; NORMAN, G.J.; LOZANO, D.L.: *Cardiovascular Psychophysiology*. In: J.T. Cacioppo, L.G. Tassinari, & G.G. Berntson (Eds.), *Handbook of Psychophysiology*, Cambridge: Cambridge University Press, 2016, pp. 183-216. Dostupné z: doi:10.1017/9781107415782.009.
- [8] MA, K.; HOMMEL, B.: The role of agency for perceived ownership in the virtual hand illusion. *Consciousness and Cognition*, 2015, 36, pp. 277-288. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.concog.2015.07.008.
- [9] BROUWER, A.M.; NEERINEX, M.A.; KALLEN, V.; van der LEER, L.; ten BRINKE, M.: EEG alpha asymmetry, heart rate variability and cortisol in response to virtual reality induced stress. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 2011, 4(1), 27-40.
- [10] CASERMAN, P. et al.: Impact of full-body avatars in immersive multiplayer virtual reality training for police forces. *IEEE Transactions on Games*, 2022, 14.4: 706-714.
- [11] SOLDATOS, J.; PANTAZIDIS, A.; MARGARITI, K.; VELANAS, P.; GORNEA, B.: Virtual Reality Training of Law Enforcement Officers in Predicting Terroristic Attacks Indicators. In: *2022 International Conference on Interactive Media, Smart Systems and Emerging Technologies (IMET)*, Limassol, Cyprus, 2022, pp. 1-4, Dostupné z: doi: 10.1109/IMET54801.2022.9929511.
- [12] LINSSEN, L. et al.: Using accelerometry and heart rate data for real-time monitoring of soldiers' stress in a dynamic military virtual reality scenario. *Multimedia Tools and Applications*, 2022, 81.17: 24739-24756.
- [13] BRUNYÉ, T.T.; GILES, G.E.: Methods for eliciting and measuring behavioral and physiological consequences of stress and uncertainty in virtual reality. *Frontiers in Virtual Reality*, 2023, 4: 951435.
- [14] AGUILAR REYES, C.I. et al.: Design and evaluation of an adaptive virtual reality training system. *Virtual Reality*, 2023, 27.3: 2509-2528.
- [15] BINSCH, O. et al.: The effect of virtual reality simulation on police officers' performance and recovery from a real-life surveillance task. *Multimedia Tools and Applications*, 2023, 82.11: 17471-17492.
- [16] TOVAR, M.A. et al.: Exposure to a Virtual Reality Mass-Casualty Simulation Elicits a Differential Sympathetic Response in Medical Trainees and Attending Physicians. *Prehospital and Disaster Medicine*, 2023, 38.1: 48-56.
- [17] LEOVÁ, L.; VOLF, P.; SOKOL, M.; HEJDA, J.; HÝBL, J. et al.: Appropriate Placement of Electrodes for ECG Measurements in Military and Police Force. *2024 International Conference on Applied Electronics (AE)*. 2024, s. 1-4. ISSN 1805-9597.
- [18] KALIDAS, V.; TAMIL, L. 2017.: Real-time QRS detector using Stationary Wavelet Transform for Automated ECG Analysis. In: *2017 IEEE 17th International Conference on Bioinformatics and Bioengineering (BIBE)* [online]. s. 457-461 [vid. 2024-10-02]. ISSN 2471-7819. Dostupné z: doi:10.1109/BIBE.2017.00-12.
- [19] PAN, J.; TOMPKINS, W.J. 1985.: A Real-Time QRS Detection Algorithm. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* [online]. BME-32(3), 230-236. ISSN 1558-2531. Dostupné z: doi:10.1109/TBME.1985.325532.
- [20] KHODADAD, D.; NORDEBO, S.; MÜLLER, B.; WALDMANN, A.; YERWORTH, R.; BECHER, T.; FRERICHS, I.; SOPHOCLEOUS, L.; van KAAM, A.; MIEDEMA, M.; SEIFNARAGHI, N.; BAYFORD, R. 2018.: Optimized breath detection algorithm in electrical impedance tomography. *Physiological Measurement* [online]. 39(9), 094001. ISSN 0967-3334. Dostupné z: doi:10.1088/1361-6579/aad7e6.
- [21] COLE, S.; VOYTEK, B. 2019.: Cycle-by-cycle analysis of neural oscillations. *Journal of Neurophysiology* [online]. 122(2), 849-861. ISSN 0022-3077. Dostupné z: doi:10.1152/jn.00273.2019.
- [22] VAN HALEM, S.; VAN ROEKEL, E.; KROENCKE, L.; KUPER, N.; DENISSEN, J. 2020.: Moments that Matter? On the Complexity of using Triggers Based on Skin Conductance to Sample Arousing Events within an Experience Sampling Framework. *European Journal of Personality* [online]. 34(5), 794-807. ISSN 0890-2070. Dostupné z: doi:10.1002/per.2252.
- [23] MARTINEZ, J.P.; ALMEIDA, R.; OLMOS, S.; ROCHA, A.P.; LAGUNA, P. 2004.: A wavelet-based ECG delineator: evaluation on standard databases. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* [online]. 51(4), 570-581. ISSN 1558-2531. Dostupné z: doi:10.1109/TBME.2003.821031.
- [24] POSADA-QUINTERO, H.F.; FLORIAN, J.P.; ORJUELA-CAÑÓN, A.D.; ALJAMA-CORRALES, T.; CHARLESTON-VILLALOBOS, S.; CHON, K.H. 2016.: Power Spectral Density Analysis of Electrodermal Activity for Sympathetic Function Assessment. *Annals of Biomedical Engineering* [online]. 44(10), 3124-3135. ISSN 1573-9686. Dostupné z: doi:10.1007/s10439-016-1606-6.
- [25] XIE, B.; LIU, H.; ALGHOFAILI, R.; ZHANG, Y.; JIANG, Y.; LOBO, F.D.; LI, Ch.; LI, W.; HUANG, H.; AKDERE, M.; MOUSAS, Ch.; YU, L.-F. 2021.: A Review on Virtual Reality Skill Training Applications. *Frontiers in Virtual Reality* [online]. 2 [vid. 2024-10-02]. ISSN 2673-4192. Dostupné z: doi:10.3389/frvir.2021.645153.
- [26] STANĚK, M.; MIROVSKÝ, P.: Využití programu XVR a virtuální reality při přípravě a cvičení složek IZS. In: *Aspekty práce pomáhajících profesí 2021*. Recenzovaný sborník příspěvků ze studentské vědecké konference AWHP 2021. Praha: Czech Technical University in Prague, 2021. p. 186-202. ISBN 978-80-01-06852-6.
- [27] MCGRATH, J.L.; TAEKMAN, J.M.; DEV, P.; DANFORTH, D.R.; MOHAN, D.; KMAN, N.; CRICHLAW, A.; BOND, W.F. 2018.: Using Virtual Reality Simulation Environments to Assess Competence for Emergency Medicine Learners. *Academic Emergency Medicine* [online]. 25(2), 186-195. ISSN 1553-2712. Dostupné z: doi:10.1111/acem.13308.

Testování balistických vest s ohledem na biomedicínské aspekty a pohyb těla

Lýdie Leová¹

Patrik Kutílek²

Roman Vítěk²

Václav Křivánek²

Jan Hejda¹

Petr Volf¹

¹ČVUT v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství
nám. Sítná 3105, 272 01 Kladno

²Univerzita obrany, Fakulta vojenských technologií
Kounicova 65, 662 10 Brno
kutilek@fbmi.cvut.cz

Abstrakt

Článek se zabývá problematikou zranění, která mohou vzniknout za balistickou ochranou, známých jako behind armour blunt trauma (BABT). Hlavním cílem je analyzovat fyzikální mechanismy těchto zranění a představit metody jejich testování. Dále článek zdůrazňuje význam dynamických deformací balistických materiálů, které přenášejí energii nárazu do těla, a jejich vliv na vznik závažných poranění. Článek v závěru prezentuje návrh inovativního dynamického zařízení simulujícího reálné podmínky použití balistické ochrany, včetně přesného rozmístění senzorů v modelu lidského těla. Závěry článku přinášejí nový pohled na zlepšení testovacích metod a zvýšení ochranných schopností moderních balistických vest s cílem minimalizovat riziko vážných zranění.

Klíčová slova

Behind armour blunt trauma (BABT), balistická ochrana, testování balistických vest, fyzikální mechanismy poranění.

Abstract

This article addresses the issue of injuries that may occur behind ballistic protection, known as behind armour blunt trauma (BABT). The main objective is to analyze the physical mechanisms of these injuries and introduce methods for their testing. Additionally, the article highlights the significance of dynamic deformations of ballistic materials, which transfer impact energy to the body, and their effect on the occurrence of serious injuries. In conclusion, the article presents the design of an innovative dynamic device simulating real-world conditions of ballistic protection use, including the precise placement of sensors within a human body model. The findings offer a new perspective on improving testing methods and enhancing the protective capabilities of modern ballistic vests to minimize the risk of severe injuries.

Keywords

Behind armour blunt trauma (BABT), ballistic protection, ballistic vest testing, physical injury mechanisms.

Úvod

Poranění způsobená střelnými zbraněmi nebo ostrými nástroji představují závažnou hrozbu v různých situacích, od vojenských konfliktů po bezpečnostní zásahy. Závažnost těchto poranění závisí nejen na povaze zranění samotného, ale také na přítomnosti a účinnosti ochranných prostředků, jako je balistická ochrana. Přestože hlavním cílem balistické ochrany je zabránit průniku projektilů či čepelí do těla nositele, zastavení projektilu neeliminuje riziko zranění zcela. Nepenetrující poranění, známá jako behind

armour blunt trauma (BABT), jsou způsobena přenosem energie a deformací balistické ochrany při nárazu. Cílem tohoto článku je shrnout problematiku BABT a návrh metod testování v kontextu moderních technologií.

Současný stav

Zranění vzniklá při zásahu střelnou zbraní/nožem mohou být dvojího typu v důsledku pronikavých nebo nepronikavých nárazů. Typická zranění jsou penetrujícího typu, tzn. nebyla použita balistická ochrana nebo střela pronikla skrz balistickou ochranu [1]. Pokud však střela nepronikne přes balistickou ochranu, může přesto dojít ke zranění způsobené tupým nárazem [1, 2].

Úlohou balistické ochrany je zastavit projektil, případně blade. Balistické pancíře jsou navrženy tak, aby pohlcovaly energii střely a předaly minimální množství energie maximální ploše povrchu těla [2]. Ačkoliv balistická ochrana zabrání penetraci projektilu/blade, při kontaktu dochází k předání kinetické energie a deformaci zadní strany pancíře. Kromě toho dochází ke zrychlení balistického pancíře a pod ním ležících tkání. Rychlé deformace balistické ochrany mohou vést k tomu, že se větší část energie zpomaleného projektilu/blade rozšíří dál do těla a způsobí vážné poranění hrudníku a břicha [3, 4]. Tupá poranění vzniklá za balistickým pancířem označujeme jako behind armour blunt trauma (BABT). BABT je definován jako nepenetrující poranění způsobené přenosem energie a rychlou deformací balistického pancíře [3, 5].

Existenci BABT poprvé popsali v roce 1978 Carroll a Soderstrom u policistů v měkkém pancíři, kteří byli zasaženi střelou z ruční zbraně. Všichni přežili bez významných kardiopulmonálních následků. Přesně zdokumentovaný případ výskytu BABT byl popsán až v roce 1995 by Jourdan. Humanitární pracovník s komplexní balistickou ochranou byl zasažen z neznámé vzdálenosti 14,5 mm kulkou. Kromě zhmoždění svalů, rozvíjející se plicní kontuzi a malého hemothorax, dotyčný neutrpěl vážnější poranění a zotavil se bez komplikací [4]. Cannon, 2001 ve své práci uvádí, že důležitým problémem v případě BABT je, že historicky zahrnuje případy se střelami s nízkou energií a měkkými textilními balistickými pancíři. V současnosti při mírových a jiných operačních zásahů, se můžeme setkat s vysokorychlostními střelami. Zároveň je snaha výrobců balistické ochrany snížit hmotnost a tloušťku pancíře. Z hlediska fyzikálních a fyziologických účinků je znalost BABT omezena na biomechanické studie, cadaver modeling a vzácné kazuistiky [4, 5].

• Fyzikální mechanismy

Důležitá fyzikální data pro popis BABT je dynamická deformace hrudní stěny. Tuto deformaci lze popsat z více hledisek. Může být definována její velikostí (hloubka, průměr v základně a objemem) nebo její dynamikou (rychlostí a zrychlením) [2, 6]. Při nárazu je vyvolána síla na tělesnou stěnu, v důsledku čehož se tělesná stěna zrychlí a zvýší se její rychlost. Hrudní stěna se pod místem nárazu zrychlí na maximální rychlost, která se po dosažení maximální deformace sníží zpět na nulu. Na vnitřní struktury lidského těla (např. žebra) působí ohybové zatížení, kde za přítomnosti smyku na podkladovou tkáň vzniká místní průhyb. Zvýšení rychlosti stěny tělesa vede ke vzniku napětových (tlakových) vln, které se dál šíří tkáněmi. Rychlost, s jakou k této deformaci dochází, a nikoliv její velikost, je příčinou zranění.

Obecně tedy platí, že při charakterizaci jakéhokoliv typu nepronikajícího nárazu musí být definována deformace hrudní stěny včetně její dynamiky, která se určí vrcholovým zrychlením nebo vrcholovou rychlostí hrudní stěny [4].



Obr. 1 Ukázka poškození plátu s potenciálem BABT

• Biomechanická odezva BABT

Poměrně velká část dostupných poznatků o fyzikálních mechanizmech tupých poranění byla získána z automobilového průmyslu [4]. V automobilové oblasti proběhl rozsáhlý výzkum týkající se tupého nárazu na hrudník, kde na základě poznatků získaných při analýze nehod a vědeckým výzkumem se stanovují meze biomechanických limitů, které je lidské tělo schopné ještě vydržet bez poškození. Při hodnocení zranění se používají stupnice závažnosti úrazu. Jednou z takových stupnic je stupnice AIS (abbreviated injury scale), kde se sledují vybrané veličiny, jako je špičkové zrychlení hlavy HIC (head injury criterium) a zrychlení trupu [7].

Tab. 1 Příslušné hodnoty zrychlení trupu v jednotkách (g) včetně odpovídajícího zranění [7, 8]

AIS	Kategorie míry závažnosti	Zrychlení trupu (g)	Zranění trupu
1	Malá	17-37	Jednoduché zlomení žebra
2	Mírná	38-54	Dvě až tři zlomeniny žeber, zlomenina hrudní kosti
3	Těžká (není životu nebezpečné)	55-68	Čtyři nebo více zlomení žeber, dvě až tři zlomeniny s hemo/pneumotoraxem
4	Středně těžká (životu nebezpečné, přežití pravděpodobné)	69-79	Více než 4 zlomeniny s hemo/pneumotoraxem
5	Velmi těžká (přežití nejisté)	80-90	Natržení aorty
6	Maximální (smrtelné)	nad 90	Neslučitelné se životem

Mezi další podobné jevy z hlediska fyzikálních a fyziologických účinků tupého nárazu patří např. nárazy u speciálních typů munice, jako jsou neprůbojně střely a tupé střely používané pro kontrolu jednotlivců a davu nebo nárazy ve sportech, jako je baseball, hokej a lakros [9].

Mechanismy poranění při dopravních nehodách jsou zcela odlišné. Význačují se nárazy s nízkou rychlostí o velkých hmotnostech, a jsou tedy protikladem k balistickým nárazům [4]. Také nereprezentuje adekvátně lokální zrychlení tělesné stěny. Studie Bir et al. [9] porovnává poměr hmoty k rychlosti pro různá traumata. Výsledky studie ukazují, lze porovnat tyto efekty s údaji o nárazu míčku při baseballu nebo zásahu speciálním typem munice, jako jsou neprůbojně střely.

• Kritéria pro hodnocení vlivu BABT

Pro porovnání účinnosti ochranných prostředků je nutné stanovit korelaci mezi poraněním a dynamikou deformace zadní části balistické ochrany. Na základě tohoto bylo navrženo několik kritérií pro hodnocení tupého poranění. Kritéria vychází z různých fyzikálních ukazatelů, jako je impuls, síla, zrychlení a relativní stlačení těla [10]. Níže jsou uvedena některá kritéria popisující více způsobů hodnocení tupého poranění.

Kritérium viskozity (VC max)

Toto kritérium bylo navrženo v roce 1983 pro předpověď tupého poranění měkkých tkání vztahující se k autonehodám. Odpovídá maximálnímu součinu časově proměnného procenta stlačení hrudníku a rychlosti deformace tělesné stěny. Pro výpočet se používají snadno dostupná data odvozená z fyzikálních vlastností, které charakterizují náraz: hmotnosti, rychlosti a fyzikálních rozměrů střely a cíle. Kritérium může být použito ke škálování zranění spojených s automobilovými nehodami, zřícením budov při zemětřesení, tupými balistickými nárazy nebo jakýmkoliv jiným tupým traumatem. I když jsme již poukázali na odlišnosti biomechanické odezvy na nárazy u autonehod, přesto zůstává hodnota C max validována pro použití v balistice ran [2].

Tupé kritérium - The blunt criterion (BC)

Toto kritérium je široce využíváno při studiu ranivé balistiky a je založený na energii. Tupé kritérium vyjadřuje pravděpodobnost vzniku zranění na všech úrovních AIS. Ale na rozdíl od predikce smrti, predikuje přežití. Pro předpověď BABT není však vhodné k vzhledem k tomu, že jeho definice je částečně založena na kinetické energii nárazu, kterou nelze vypočítat s ohledem na dynamickou deformaci zadní strany [2].

• Výzkum BABT

Pro výzkum BAT lze vycházet z experimentálních metod, kde se účinky analyzují a hodnotí na simulačních materiálech. Nejčastěji používanými simulačními materiály používanými v balistických studiích jsou plastelína a želatina [2]. Přestože je plastelína standardním materiálem používaným v normách pro hodnocení úrovně ochrany balistických pancířů, 10 % želatina nabízí fyzikální vlastnosti a dynamiku srovnatelnou s vlastnostmi živých svalů. Dále umožňuje jednoduché vizuální pozorování účinků lézí i pozorování kinetiky v reálném čase pomocí vysokorychlostních kamer. I když balistická želatina replikuje mechanické vlastnosti některých prasečích tkání, postrádá biomechanické vlastnosti jiných tkání a orgánů a radiálně se trhá při pronikání střely, což je odlišné od chování lidských tkání [11, 12].

V minulosti se v balistickém výzkumu často používala zvířata nebo posmrtné lidské subjekty. Preferovaným zvířecím modelem pro výzkum balistiky ran je anestetizované prase kvůli jeho morfologické podobnosti s lidmi. Kůže a podkoží prasat jsou však silnější než u lidí [11]. Navíc nejsou jasné rozdíly v biomechanickém chování mezi lidským hrudníkem a hrudníkem prasete. V případě použití posmrtného lidského těla se problém morfologických rozdílů se zvířecími modely zdá být vyřešen. Nicméně ani orgány a tkáně z balzamovaných mrtvol nejsou vhodné pro balistický výzkum, protože balzamování mění jejich biomechanické vlastnosti. Kromě toho se s věkem mění elasticita a pevnost v tahu orgánů a tkání, což znamená, že nejsou vhodné pro výzkum balistických ran [2, 11].

Další možný přístup studie BABT je analýza jednotlivých parametrů, které se vyskytují při zásahu balistického materiálu. První metodou analýzy je použití vysokorychlostních kamer nebo systému Motion Capture (tzv. MoCap). V případě analýzy biomechaniky bodnutí lze využít např. program Vicon, Qualisys nebo OptiTrack. Tyto programy umožňují sledovat pasivních či aktivních markerů různě rozmístěných po těle prostřednictvím vysokorychlostních kamer s infračervenými zářiči. Kamera má kolem své čočky stroboskopické infračervené LED diody, které emitují IR záření odrážející od reflektivních markerů zpět do čočky kamery, kde se následně převede na videosignál. V programu se následně vytvoří modely v 3D a vyhodnotí se základní kinematické parametry (rychlost, síla, energie). Další metodou je měření síly nárazu prostřednictvím tenzometrů a měření rychlosti/zrychlení balistického pancíře a podkladového materiálu prostřednictvím akcelerometrů/vysokorychlostních kamer. Tyto senzory mohou být instalovány na balistickou ochranu nebo mohou být součástí mechanického modelu, který je navržen tak, aby v dané situaci poskytoval stejnou odezvu jako lidský hrudník. Výhoda tohoto přístupu spočívá v poměrně snadné proveditelnosti a neomezené opakovatelnosti, přičemž se nemusí řešit etické a morální otázky použití simulačních materiálů (zvířata, lidská těla a orgány) [13, 14].

• Velikost podkladového materiálu a rozmístění senzorů

Pro stanovení velikosti bloku s podkladovým materiálem lze vycházet z již zavedených balistických norem. Norma NIJ Standard-0101.04 udává vnitřní rozměry boxu 610 mm x 610 mm s hloubkou o 140 mm. Norma VPAM BSW 2006 udává vnitřní rozměry boxu 350 mm x 400 mm x 150 mm. Norma Home Office Body Armour Standard 2017 stanovuje rozměry boxu s délkou 420 mm, šířkou 350 mm a hloubkou 100 mm. Zmíněné balistické normy jako podkladový materiál pro testování balistické odolnosti používá plastelinu.

Na základě provedené literární rešerše většina studií [14-18], použily model lidského torza i s vnitřními orgány pro studium BABT, přičemž si je samy zhotovily. Pouze studie [16] měla model, které vyvinulo australské Ministerstvo obrany - Organizace pro obrannou vědu a technologie (DSTO). Materiál k výrobě modelu lidského torza se liší v závislosti na studii a nelze tedy stanovit jednotný výrobní materiál. Studie [19-21] pro svůj experiment zvolily jiný přístup simulačního cíle, a to v podobě želatinových/gelových bloků. Co se týče použitého materiálu, ani tady nejsou studie jednotné. Velikost simulačního cíle (model lidského torza/blok) také není jednotná. Velikost bloků je různá a co se týče modelů lidského torza, studie vycházeli z průměrné velikosti dospělých mužů. Zvolené snímače pro hodnocení odezvy na náraz byly ve většině studií [14, 15, 17, 19, 20] piezoelektrické senzory. Studie [14, 17, 19] zvolily i další senzory jako jsou akcelerometry či senzory síly. Studie [16, 18, 21] použily jiné senzory (tlakové senzory, ultrazvukové snímače). Co se týče umístění a počtu senzorů ani v tomhle nejsou studie jednotné. Piezoelektrické senzory se nejčastěji umísťovaly v oblasti životně důležitých orgánů, jako srdce, plíce, játra, žaludek. Akcelerometry ve všech zmíněných studiích jsou umístěny v oblasti hrudní kosti. Hloubku umístěných senzorů žádná ze studií nespecifikuje.

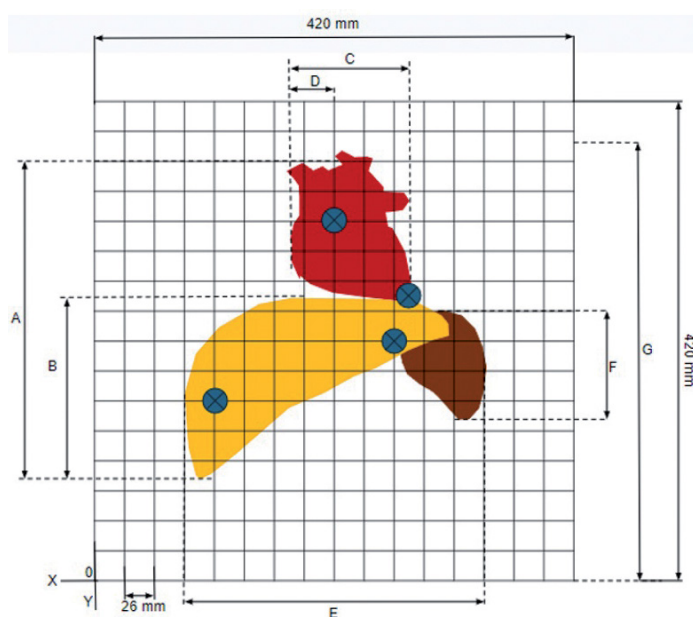
Přesná poloha orgánů, je pro nás důležitá z pohledu umístění senzorů do simulovaného cíle (blok/model lidského torza). I když zmíněné studie uvádí umístění senzorů, neuvádí však přesnou polohu, co se týče hloubky umístění, vzdálenosti od okrajů atd. Studie [22] se zaměřuje na určení průměrné vzdálenosti mezi životně důležitými orgány hrudníku a břicha a kožní stěnou s přihlédnutím k indexu tělesné hmotnosti osoby (BMI). V rámci studie bylo analyzováno celkem 200 skenů pacientů ve věku mezi 18 a 89 lety. Skenování bylo provedeno na 114 mužích a 86 žen. Mezi 200 skeny byly 3 skeny břicha, 88 skenů břicha-pánve, 11 skenů hrudníku a 98 skenů hrudníku-abdomino-pánve.

Výstupem studie jsou orientační tabulky vzdáleností orgánů od kožního povrchu. Další studie [23] zabývající se minimální hloubkou základních orgánů u britské vojenské populace pomocí počítačové tomografie v rámci aplikace na neprůstřelné vesty uvádí vzdálenosti nejkritičtějších orgánů - srdce, játra, plíce, v závislosti na měřicích bodech. V rámci studie bylo analyzováno celkem 120 CT snímků úrazů mužů vojenské služby evakuovaných z Iráku a Afghánistánu s cílem zjistit minimální vzdálenost od povrchu kůže k povrchu orgánu, který vyžaduje základní krytí balistickou ochranou. Celkem byly stanoveny 3 měřicí body a výstupem studie jsou orientační tabulky vzdáleností orgánů. Studie [24] se zabývá určením rozměrů nezbytného pokrytí vojenskými neprůstřelnými pláty prostřednictvím počítačové tomografie. Za tímto účelem analyzovala 120 CT snímků britských ozbrojených sil, kdy na základě výsledků stanovila orientační tabulku s velikostmi a vzdálenostmi jednotlivých orgánů v závislosti na výšce osoby.

Metody

Abychom mohli, co nejpřesněji provést experimentální výzkum BABT, je zapotřebí vytvořit fyzikální modely, které obvykle zohledňují nejdůležitější vnitřní orgány pro životní funkce, tj. srdce, plíce, játra, kosterní a svalové systémy. Co se týče jednotlivé umístění snímačů ze studie [24] víme jaká je velikost a vzdálenosti jednotlivých orgánů - srdce, játra, slezina. Podle studie se jedná o nejkritičtější orgány, které by v případě poškození bez lékařského zásahu pravděpodobně vedly ke smrti do 60 minut. Umístění plic se v této studii neřeší. Níže je uveden model s uvedenými orgány včetně vzdálenosti, viz obr. 2. Tento model bude určující pro stanovení souřadnic umístěných senzorů pro orgány - srdce, játra, případně slezina.

Vzdálenost jednotlivých orgánů	Průměrná hodnota v mm
A	277
B	161
C	131
D	40
E	269
F	98
G	373

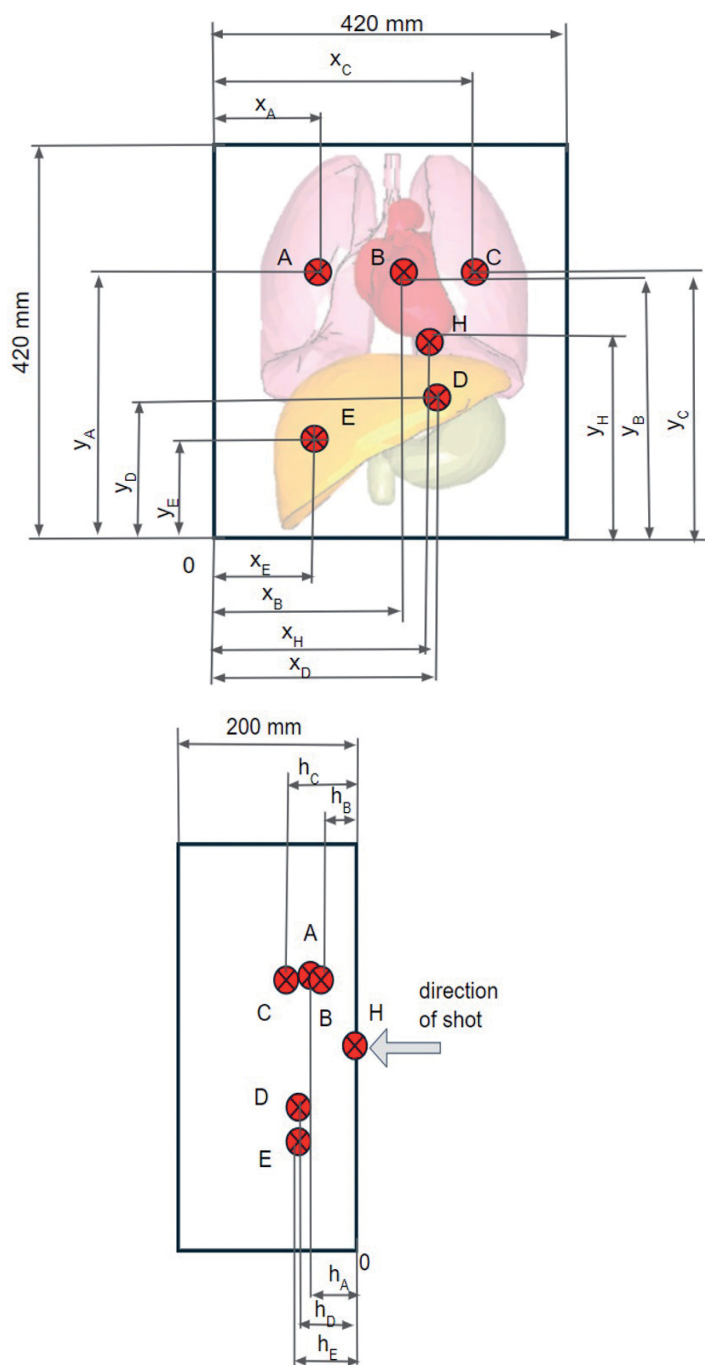


Obr. 2 Umístění jednotlivých orgánů v závislosti na vzdálenosti (průměrné hodnoty ze studie [24])

Výsledky a doporučení

• Návrh fyzického modelu

Ze studie [25], která obsahuje antropometrický průzkum vojenského personálu a studie [24] můžeme odvodit velikost boxu (výška x šířka). Studie [25] jako průměrnou hodnotu šířky ramen u muže (biacromial breadth) udává 408,7 mm. Studie [24] jako průměrnou délku od klíční kosti po kyčelní kost udává 373 mm. Navrhovaná velikost vnějších rozměrů boxu 420 mm x 420 mm je tedy dostačující. Pro naše účely jsme vycházeli z průměrných hodnot uvedených ve studii, co se týče jednotlivého umístění snímačů. Níže je uveden návrh modelu s uvedenými orgány včetně souřadnic umístěných senzorů pro jednotlivé orgány - srdce, játra, slezina, plíce.



Obr. 3 Návrh umístění snímačů

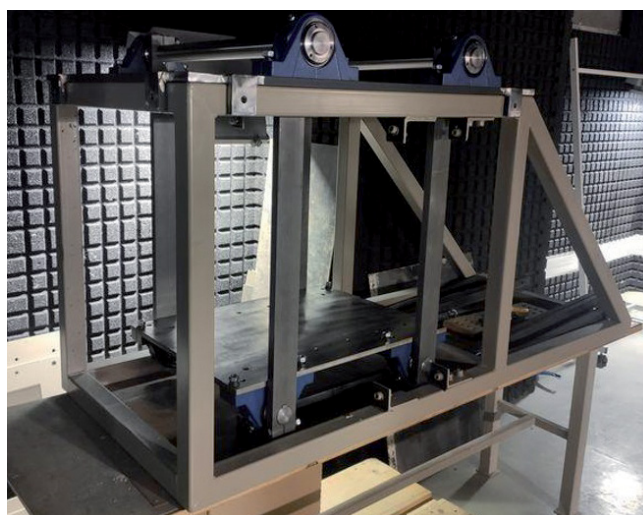
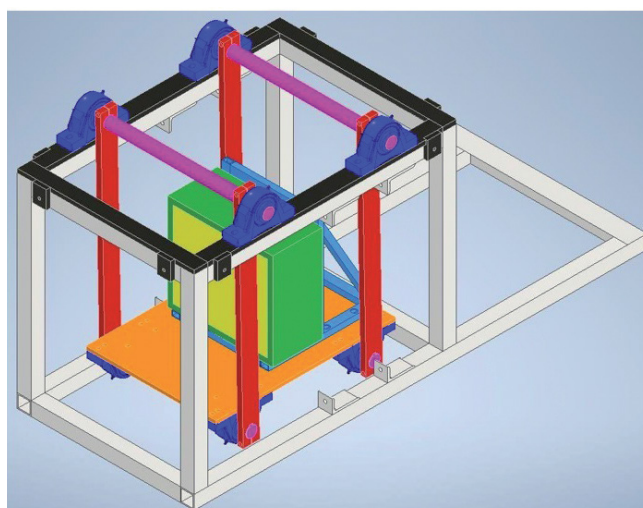
Tab. 2 Souřadnice pro umístění jednotlivých senzorů (v mm) [22]

	A	B	C	D	E	H
x	143	208	143	260	104	273
y	312	312	312	208	156	247
h	17	31	16	19	22,5	31

• Návrh dynamického zařízení

Při testování balistických ochranných dle aktuálních standardů je podkladový materiál zpravidla pevně spojen se zemí, což ovlivňuje přenos síly ze zasažené balistické ochrany na podkladový materiál, simulující trup, popř. jiné chráněné části lidského těla.

Za účelem stanovení impulsu síly od střely dopadající dopadající na testovanou balistickou ochranu a dále za účelem hodnocení míry přenosu tohoto impulsu z balistické ochrany na podkladový materiál v podmínkách blízkých reálné situaci, kdy je balistická ochrana nesená člověkem, bylo na pracovišti Katedry zbraní a munice (Univerzita obrany, Brno) zrealizováno zařízení, umožňující pohyblivé a zároveň kontrolovatelné uložení podkladového materiálu spolu s testovanou balistickou ochranou. Jedná se o plošinu, pohyblivě zavěšenou na bilineárních závěsech a umožňující uložení truhlíku s podkladovým materiálem a testovanou balistickou ochranou. Tento způsob uložení testovaných objektů umožňuje vzájemně vázaný horizontální a vertikální pohyb podkladového materiálu, přičemž odpor proti tomuto pohybu je definován jednak setrvačnostními charakteristikami pohyblivých částí, jednak účinkem gravitačního pole Země.



Obr. 4 Zařízení navržené UO v Brně pro pohyblivé uložení podkladového materiálu - 3D model a realizovaná konstrukce

Diskuze

Navržené metody a zařízení představují jiný přístup v oblasti testování balistických ochrany, neboť sledují reálné podmínky, kterým jsou balistické pancíře vystaveny během použití. Zatímco tradiční metody testování často využívají pevně ukotvený podkladový materiál, tento navržený přístup umožňuje pohyblivé uložení, které věrněji reprezentuje dynamické interakce mezi balistickou ochranou a tělem uživatele. Tento aspekt je klíčový pro pochopení přenosu kinetické energie a následných biomechanických odezev. Zařízení využívá bilineární závěsy, které umožňují kontrolovaný horizontální a vertikální pohyb podkladového materiálu, což je důležité pro simulaci setrvačných a gravitačních sil působících na balistickou ochranu v reálných podmínkách. Tento přístup zlepšuje přesnost měření a umožňuje lepší pochopení dynamických odezev pancířů při různých typech nárazů. Navíc umožňuje přesnější stanovení impulzu síly přenášené z ochranného prvku na tělo, což je klíčové pro hodnocení účinnosti balistických materiálů.

Závěr

Tento příspěvek se zabývá komplexním pohledem na problematiku tupých poranění vznikajících za balistickou ochranou (BABT). Hlavním přínosem je detailní analýza současného stavu a představení návrhu inovativního dynamického zařízení pro testování balistických ochrany, které simuluje reálné podmínky jejich použití. Navržené dynamické zařízení umožňuje přesnější měření a analýzu těchto procesů díky pohyblivému uložení podkladového materiálu, což zajišťuje lepší simulaci reálných podmínek. Příspěvek rovněž zdůraznil důležitost přesné lokalizace senzorů v testovacích modelech s ohledem na anatomii a fyziologii lidského těla, zejména v oblastech životně důležitých orgánů. Budoucí vývoj a testování zařízení by se mohl zaměřit na integraci pokročilých snímacích technologií, jako jsou vysokorychlostní kamery a bezdrátové senzory, které umožní detailnější analýzu dynamických jevů.

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory Technologické agentury ČR v rámci programu TREND projektu MIHRIL II. - progresivní balistický pancíř pro ozbrojené složky, FW06010271.

Použitá literatura

- [1] BIR, C. 2015.: Ballistic Injury Biomechanics. In: YOGANANDAN, N.; NAHUM, A.M.; MELVIN, J.W. THE MEDICAL COLLEGE OF WISCONSIN INC ON BEHALF OF NARAYAN YOGANANDAN, ed. Accidental Injury [online]. New York, NY: Springer New York, s. 829-839 [vid. 2024-10-09]. ISBN 978-1-4939-1731-0. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-4939-1732-7_29.
- [2] PRAT, N.; RONGIERAS, F.; SARRON, J.-C.; MIRAS, A.; VOIGLIO, E. 2012.: Contemporary body armor: technical data, injuries, and limits. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery* [online]. 38(2), 95-105. ISSN 1863-9941. Dostupné z: doi:10.1007/s00068-012-0175-0.
- [3] CARR, D.J.; HORSFALL, I.; MALBON, C. 2016.: Is behind armour blunt trauma a real threat to users of body armour? A systematic review. *Journal of the Royal Army Medical Corps* [online]. 162(1), 8-11. ISSN 0035-8665, 2052-0468. Dostupné z: doi:10.1136/jramc-2013-000161.
- [4] CANNON, L. 2001.: Behind Armour Blunt Trauma - an emerging problem. *Journal of the Royal Army Medical Corps* [online]. 147(1), 87-96. ISSN 0035-8665, 2052-0468. Dostupné z: doi:10.1136/jramc-147-01-09.
- [5] TALMY, T.; ITAH, A.; AHIMOR, A.; DRUKAROV, D.; SHOVALI, A.; MALKIN, M.; SHINA, A.; GENDLER, S.; TSUR, A.M.; ALMOG, O. 2024.: Close-Range Fire Inflicting Behind Armor Blunt Trauma: Case-Series and Implications for Battlefield Care. *Military Medicine* [online]. 189(1-2), e448-e453. ISSN 0026-4075. Dostupné z: doi:10.1093/milmed/usad340.
- [6] MAYORGA, M.; ANDERSON, I.; VAN BREE, J.; GOTTS, P.; SARRON, J.; KNUDSEN, P.: *Thoracic response to undefeated body armour (HFM-024)*. NATO Research and Technology Organisation; 2010.
- [7] VLK, F.: *Stavba motorových vozidel*. 1. vyd. Brno 2003 499 str. ISBN 80-238-8757-2.
- [8] LEOVÁ, L.; KUTÍLEK, P.; HÝBL, J.; VOLF, P.; HEJDA J.; SOKOL, M.; VÍTEK, R.; KŘIVÁNEK, V.: "Measuring the Acceleration of Bulletproof Vests: Testing and Biomedical Limits." Online. *2024 International Conference on Applied Electronics (AE)* (2024): 1-6. Pilsen, Czech Republic, 2024, pp. 1-6, dostupné z: <https://doi.org/10.1109/AE61743.2024.10710207>, [citováno 2024-11-29].
- [9] BIR, C.; VIANO, D.; KING, A. 2004.: Development of biomechanical response corridors of the thorax to blunt ballistic impacts. *Journal of Biomechanics* [online]. 37(1), 73-79. ISSN 0021-9290. Dostupné z: doi:10.1016/S0021-9290(03)00238-0.
- [10] STURDIVAN, L.M.; VIANO, D.C.; CHAMPION, H.R. 2004.: Analysis of Injury Criteria to Assess Chest and Abdominal Injury Risks in Blunt and Ballistic Impacts: *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care* [online]. 56(3), 651-663. ISSN 0022-5282. Dostupné z: doi:10.1097/01.TA.0000074108.36517.D4.
- [11] HUMPHREY, C.; KUMARATILAKE, J. 2016.: Ballistics and anatomical modelling - A review. *Legal Medicine* [online]. 23, 21-29. ISSN 1344-6223. Dostupné z: doi:10.1016/j.legalmed.2016.09.002.
- [12] JIN, Y.; MAI, R.; WU, CH.; HAN, R.; LI, B. 2018.: Comparison of ballistic impact effects between biological tissue and gelatin. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials* [online]. 78, 292-297. ISSN 1751-6161. Dostupné z: doi:10.1016/j.jmbbm.2017.11.033.
- [13] LEOVÁ, L.; KUTÍLEK, P.; HÝBL, J.; VOLF, P.; HEJDA, J.; ČUBANOVÁ, S.; KARAVAEV, A.: Evaluation and types of attacks with stabbing weapons for the design of protective equipment. Online. *Lékař a technika - Clinician and Technology*, Vol. 51 No. 1-4 (2021), December 2021. Dostupné z <https://doi.org/10.14311/CTJ.2021.1.11>, [citováno 2024-11-29].
- [14] ROBERTS, J.; BIERMANN, P.; O'CONNOR, J.V.; WARD, E.E.; CAIN, R.; CARKHUFF, B.; MERKLE, A. 2005.: Modeling Nonpenetrating Ballistic Impact on a Human Torso. *Johns Hopkins Apl Technical Digest* [online]. [vid. 2024-10-11]. Dostupné z: <https://www.semanticscholar.org/paper/Modeling-Nonpenetrating-Ballistic-Impact-on-a-Human-Roberts-Biermann/5113a240042d9443480f263f9c2ebe1a8c82f7fb>.
- [15] MERKLE, A.C.; WARD, E.E.; O'CONNOR, J.V.; ROBERTS, J.C. 2008.: Assessing Behind Armor Blunt Trauma (BABT) Under NIJ Standard-0101.04 Conditions Using Human Torso Models. *Journal of Trauma: Injury, Infection & Critical Care* [online]. 64(6), 1555-1561. ISSN 0022-5282. Dostupné z: doi:10.1097/TA.0b013e318160ff3a.

- [16] BASS, C.R.; SALZAR, R.S.; LUCAS, S.R.; DAVIS, M.; DONNELLAN, L.; FOLK, B.; SANDERSON, E.; WACLAWIK, S. 2006.: Injury Risk in Behind Armor Blunt Thoracic Trauma. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics* [online]. 12(4), 429-442. ISSN 1080-3548, 2376-9130. Dostupné z: doi:10.1080/10803548.2006.11076702.
- [17] YAN, W.; YAO, X.; WANG, Y.; JIN, Y.; WEI, W. 2020.: Experimental study of the mechanical response of a physical human surrogate thoracic model impacted by a rubber ball. *Journal of Physics: Conference Series* [online]. 1507(10), 102032. ISSN 1742-6588, 1742-6596. Dostupné z: doi:10.1088/1742-6596/1507/10/102032.
- [18] PINKOS, J.; STEMPIEN, Z.; SMĘDRA, A. 2023.: Experimental analysis of ballistic trauma in a human body protected with 30 layer packages made of biaxial and triaxial Kevlar® 29 fabrics. *Defence Technology* [online]. 21, 73-87. ISSN 2214-9147. Dostupné z: doi:10.1016/j.dt.2022.07.004.
- [19] SAU, C.; ZECHERU, T.; LAZAROAIE, C.; ALEXE, F. 2017.: Influence of the Shock Wave on the Hybrid Ballistic Gelatin. *International conference KNOWLEDGE-BASED ORGANIZATION* [online]. 23. Dostupné z: doi:10.1515/kbo-2017-0185.
- [20] LUSTIG, M.; EPSTEIN, Y.; GEFEN, A. 2023.: An anatomically-realistic computational framework for evaluating the efficacy of protective plates in mitigating non-penetrating ballistic impacts. *Computers in Biology and Medicine* [online]. 166, 107490. ISSN 0010-4825. Dostupné z: doi:10.1016/j.combiomed.2023.107490.
- [21] HAN, R.-G.; QU, Y.-J.; YAN, W.-M.; QIN, B.; WANG, S.; WANG, J.-Z. 2020.: Experimental study of transient pressure wave in the behind armor blunt trauma induced by different rifle bullets. *Defence Technology* [online]. 16(4), 900-909. ISSN 2214-9147. Dostupné z: doi:10.1016/j.dt.2019.11.010.
- [22] VENARA, A.; GAUDIN, A.; LEBIGOT, J.; AIRAGNES, G.; HAMEL, J.F.; JOUSSET, N.; RIDEREAU-ZINS, C.; MAUILLON, D.; ROUGE-MAILLART, C. 2013.: Tomodensitometric survey of the distance between thoracic and abdominal vital organs and the wall according to BMI, abdominal diameter and gender: Proposition of an indicative chart for the forensic activities. *Forensic Science International* [online]. 229(1), 167.e1-167.e6. ISSN 0379-0738. Dostupné z: doi:10.1016/j.forsciint.2013.03.039.
- [23] BREEZE, J.; LEWIS, E.; MAHONEY, P. 2020.: Minimum depths to essential structures in a UK military population using computed tomography: application to stab-resistant body armour. *International Journal of Legal Medicine* [online]. 134. Dostupné z: doi:10.1007/s00414-020-02256-6.
- [24] BREEZE, J.; LEWIS, E.A.; FRYER, R. 2016.: Determining the dimensions of essential medical coverage required by military body armour plates utilising Computed Tomography. *Injury* [online]. 47(9), 1932-1938. ISSN 0020-1383. Dostupné z: doi:10.1016/j.injury.2016.06.010.
- [25] PAQUETTE, S. 2009.: Anthropometric Survey (ANSUR) II Pilot Study: Methods and Summary Statistics. B.m.: Anthrotch, U.S. Army Natick Soldier Research, Development and Engineering Center.

Plán konferencí FBI a SPBI, z.s.

5 - 6. únor 2025 Ochrana obyvatelstva

Mezinárodní konference pořádaná ve spolupráci s Fakultou bezpečnostního inženýrství a MV-Generálním ředitelstvím HZS ČR. V programu konference jsou zastoupeny tématické obory: krizový management, ochrana obyvatelstva, ochrana kritické infrastruktury, nebezpečné látky. Cílem konference je vyvolat diskusi mezi odborníky o zapojení moderních technologií do systémů ochrany obyvatelstva.

8. - 9. duben 2025 Bezpečnost a ochrana zdraví při práci

Mezinárodní konference pořádaná ve spolupráci s Fakultou bezpečnostního inženýrství, Ministerstvem práce a sociálních věcí ČR a Výzkumným ústavem bezpečnosti práce, v.v.i. Hlavní témata konference se týkají nových výzev v řízení bezpečnosti práce a procesů.

květen 2025 Požární bezpečnost stavebních objektů

Konference pořádaná ve spolupráci s Fakultou bezpečnostního inženýrství. Jednání konference je zaměřeno do oblastí týkající se požární bezpečnosti staveb, legislativních postupů při výstavbě, problematiky požárně bezpečnostních zařízení a logických návazností bezpečnostních a protipožárních systémů.

červen 2025 FIRE SAFETY

Požární bezpečnost jaderných elektráren - mezinárodní seminář, který se koná vždy 2 roky v České republice a 2 roky na Slovensku. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, z.s. ho spolupořádá s Fakultou bezpečnostního inženýrství a Slovenskou společností propagace vědy a techniky. Seminář je zaměřený na problematiku požární bezpečnosti jaderných elektráren.

10. - 11. září 2025 Požární ochrana

Mezinárodní konference pořádaná ve spolupráci s Fakultou bezpečnostního inženýrství, Českou asociací hasičských důstojníků, z.s. a MV-Generálním ředitelstvím HZS ČR. Jednání konference je rozděleno do sekcí: Požární ochrana, Technologie pro bezpečnost, Protivýbuchová prevence, Věda a výzkum v požární ochraně, Zkušebnictví v požární ochraně.

Více informací na www.spbi.cz.

VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA

FAKULTA
BEZPEČNOSTNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

