



EXPERIMENTÁLNE POROVNANIE ÚČINNOSTI VYSLOBODZOVACÍCH ZARIADENÍ PRI STRIHANÍ VYBRANÝCH KONŠTRUKČNÝCH ČASTÍ AUTOMOBILU

EXPERIMENTAL COMPARISON OF THE EFFICIENCY OF RELEASE DEVICES IN CUTTING SELECTED CAR STRUCTURAL PARTS

MICHAL BALLAY, MICHAL KAPUSŇAK

ABSTRACT: *The article analyzes the development of Fire and Rescue Corps intervention activities in traffic accidents, considering overall Slovakian traffic accident trends. It focuses on the technical aspects of rescue work, particularly the impact of vehicle design changes on firefighter safety. The experimental verification of hydraulic and electrical rescue device effectiveness on various vehicle structural elements provides valuable insights for optimizing rescue procedures.*

KEY WORDS: *fire rescue equipment, traffic accident rate, intervention activity, training equipment, experiment*

ÚVOD

Dopravný systém predstavuje komplexnú sústavu vzájomne prepojených prvkov, na ktorú pôsobí množstvo faktorov. Medzi kľúčové ovplyvňujúce činitele patrí ľudský faktor, technický stav dopravných prostriedkov a kvalita dopravnej infraštruktúry. Zložitosť týchto interakcií znemožňuje úplné eliminovanie rizika dopravných nehôd. Napriek tomu je cieľom dopravnej politiky Európskej únie neustále znižovať počet dopravných nehôd a ich následkov. Hoci vízia „nulového rizika“ predstavuje ideálny stav (Summala, 1988), v praxi je tento cieľ vzhľadom na komplexnosť dopravného systému nedosiahnuteľný. Vzhľadom na rastúci počet dopravných nehôd a zvyšujúcu sa zložitosť konštrukcie moderných vozidiel sa vyžaduje komplexný a interdisciplinárny prístup k štúdiu záchranných prác. Článok sa zameriava na analýzu účinnosti rôznych typov vyslobodzovacích zariadení v závislosti od vozidiel a závažnosti deformácií. Kombináciou teoretických poznatkov a praktických experimentov poskytuje cenné informácie pre optimalizáciu zásahových postupov a zvyšovanie bezpečnosti hasičských jednotiek.

1. ZÁKLADNÁ TERMINOLÓGIA KONŠTRUKCIE AUTOMOBILOV PRE ZASAHUJÚCICH PRÍSLUŠNÍKOV HAZZ

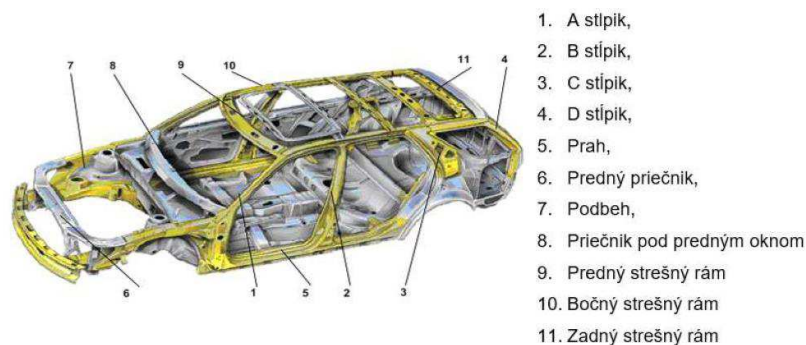
Znalosť základnej terminológie a konštrukčných prvkov vozidiel je pre záchranárov nevyhnutná pre priamu aplikáciu v praxi. Táto kapitola poskytuje podrobný popis aktívnych a pasívnych bezpečnostných systémov (obrázok 1), ktoré sú súčasťou moderných vozidiel. Podrobné znalosti o konštrukcii vozidiel umožňujú hasičským jednotkám rýchlo identifikovať potenciálne nebezpečenstvá, zvoliť správnu techniku vyslobodenia a minimalizovať riziko možných sekundárnych udalostí.

Aktívna	Pasívna
<ul style="list-style-type: none">• Antiblokovací brzdový systém (ABS),• Brzdový asistent (BA),• Elektrický posilňovač riadenia (EPS),• Systém riadenia stability (ESC),• Systém varovania pred čelným nárazom (FCW),• Systém pred opustením jazdného pruhu (LDWS)	<ul style="list-style-type: none">• Bezpečnostné pásy,• Airbagy,• Deformačné zóny,• protipreklonové opierky hlavy,• výstuhy karosérie• bezpečnostná kľietka• izofix• predpínač bezpečnostného pásu

Obrázok 1 Príklady aktívnej a pasívnej bezpečnosti

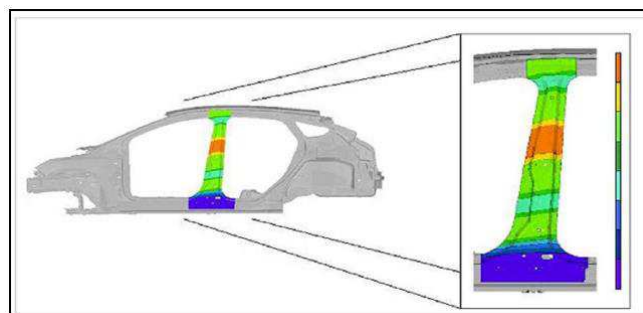
Inovácie v oblasti automobilovej bezpečnosti, najmä vývoj sofistikovaných bezpečnostných systémov a optimalizácia deformačných zón, prinášajú významné pokroky v ochrane cestujúcich pri dopravných nehodách. Súčasné trendy v automobilovej konštrukcii, charakterizované použitím vysokopevnostných materiálov a pokročilých simulačných nástrojov, umožňujú navrhovať vozidlá s výrazne vyššou úrovňou pasívnej bezpečnosti. V nasledujúcich častiach článku sa podrobnejšie zameriame na analýzu týchto štrukturálnych prvkov a ich vplyv na zásahovú činnosť hasičských jednotiek.

Štrukturálne prvky karosérie vozidla, konkrétne stĺpiky „A“ a „B“, ktoré sú zvárané z rôznych oceľových profilov, zohrávajú dôležitú úlohu pri zabezpečovaní torznej tuhosti a celkovej pevnosti karosérie (obrázok 2). Ich primárna funkcia spočíva v prenose zaťaženia pôsobiaceho na vozidlo a v ochrane pasažierov pri nehodovej udalosti. Vďaka svojej konštrukcii sú tieto stĺpiky schopné účinne absorbovať a disipovať kinetickú energiu nárazu, čím minimalizujú riziko zranenia osôb nachádzajúcich sa vo vozidle.



Obrázok 2 Základné časti karosérie (Štruktúra karosérie, 2024)

Z pohľadu pasívnej bezpečnosti vozidla majú stĺpiky kľúčový význam, pretože zabezpečujú zachovanie integrity karosérie aj pri extrémnych podmienkach zaťaženia. Špeciálnym prípadom sú B-stĺpiky, ktoré sú zvyčajne vyrobené z vysokopevnostných ocelí a tvarované valcovaním. Ich primárna funkcia spočíva v zabezpečení pevného kotvenia bezpečnostných pásov, čím sa zvyšuje ochrana cestujúcich pri bočnom náraze. Variabilná hrúbka steny B-stĺpika, ako je demonštrované na príklade vozidla Ford Focus (obrázok 3), umožňuje optimalizáciu jeho pevnostných charakteristík a hmotnosti, čím sa prispieva k celkovému zvýšeniu pasívnej bezpečnosti vozidla.

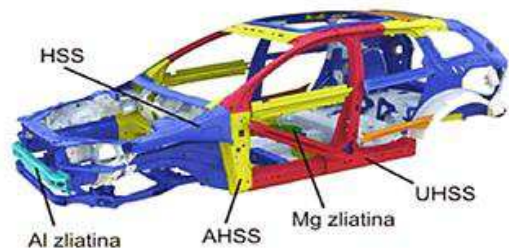


Obrázok 3 Detail zobrazenia hrúbky plechu na automobile Ford FOCUS rok 2013 (B-pillar, 2024)

Konštrukcia karosérie motorového vozidla predstavuje komplexný inžiniersky problém, ktorý vyžaduje interdisciplinárny prístup. Optimalizácia jej návrhu je ovplyvnená súborom protichodných požiadaviek, ako sú bezpečnosť, hmotnosť, tuhosť a náklady. Výber vhodných materiálov a výrobných technológií je kľúčovým faktorom, ktorý ovplyvňuje celkové vlastnosti karosérie. Hoci sa v posledných rokoch objavujú nové materiály a technológie, oceľ vďaka svojim vynikajúcim mechanickým vlastnostiam, dobre zvládnutým výrobným procesom a dostupnosti naďalej dominuje v automobilovom priemysle.

Štruktúra moderných automobilových karosérií, charakterizovaná použitím ocelí s rôznymi pevnostnými vlastnosťami (obrázok 4), umožňuje cieľené navrhovanie zón s rôznou deformačnou schopnosťou. Tým sa zvyšuje bezpečnosť cestujúcich pri náraze, keďže energia nárazu je efektívnejšie absorbovaná v kritických oblastiach karosérie.

PEVNOSTNÁ TRIEDA	MEDZA SKLZU [MPa]	MEDZA PEVNOSTI [MPa]
Ocele s nízkou pevnosťou	< 210	< 340
Vysokopevnostné ocele (HSS)	210 – 550	270 – 700
Progressívne vysokopevnostné ocele (AHSS)	> 550	590 – 980
Ultra vysokopevnostné ocele (UHSS)	> 550	> 980



Obrázok 4 Pevnostné triedy ocele karosérie (Materiály, 2019)

Záchranné práce pri dopravných nehodách predstavujú komplexný súbor činností vyžadujúcich hlboké odborné znalosti a zručnosti hasičských jednotiek. Detailná znalosť konštrukčných prvkov rôznych typov vozidiel je nevyhnutným predpokladom pre bezpečnú a úspešnú realizáciu zásahových činností. Tieto vedomosti im zároveň umožňujú správne posúdiť situáciu na mieste nehody a identifikovať potenciálne nebezpečenstvá na mieste udalosti (Mallouhy, 2022), (Tobisova, 2019). Prioritným cieľom hasičských jednotiek je ochrana života a zdravia osôb v havarovaných vozidlách, čo podmieňuje všetky fázy záchranného procesu, od počiatočného prieskumu miesta nehody až po vyslobodenie zranených. Záchranné práce sa realizujú s využitím rozsiahleho spektra technických prostriedkov. Ich účinné a bezpečné používanie je kľúčové pre minimalizáciu rizík a maximalizáciu šancí na úspešnú záchranu (Rodrigues, 2018), (Buecher, 2022).

Hydraulické vyslobodzovacie zariadenia predstavujú neodmysliteľnú súčasť modernej výbavy hasičov, umožňujúcu účinné a bezpečné zvládanie komplexných zásahov pri dopravných nehodách. Široká škála týchto zariadení, v kombinácii s odborným výcvikom záchranárov, umožňuje účinne reagovať na rôznorodé zásahové scenáre a zabezpečuje vysokú úroveň bezpečnosti pri záchranných prácach.

2. ANALÝZA VPLYVU KONŠTRUKCIE AUTOMOBILOV NA ÚČINNOSŤ VYSLOBODZOVACÍCH ZARIADENÍ

Za posledné desaťročie došlo k významným zmenám v automobilovom priemysle a to najmä z pohľadu pasívnej a aktívnej bezpečnosti, preferovaných pohonov, ale aj používaných materiálov. Automobilová karoséria vo všeobecnosti predstavuje približne 40 % hmotnosti celého vozidla (Osturk, 2022). Urýchlilo sa zaradenie progresívnych vysokopevnostných ocelí a ultravysokopevnostných ocelí, umožňujúcich zníženie celkovej hmotnosti vozidla, zvýšenie mechanickej odolnosti nosných konštrukcií vozidiel, čo v konečnom dôsledku smeruje k zvýšeniu úrovne ich pasívnej bezpečnosti pri nehodových udalostiach. Do popredia sa dostávajú otázky týkajúce sa výkonu hydraulického vyslobodzovacieho náradia, spôsobov ich použitia a predovšetkým identifikácie vhodných miest na rezanie špecifických častí karosérie vozidla, a to predovšetkým v súvislosti s konštrukčnými materiálmi, ktoré sú v súčasnosti používané a ďalšie požiadavky týkajúce sa dimenzovania komponentov vozidla. Navyše existuje priama súvislosť medzi touto problematikou a časovou náročnosťou postupov pri vyslobodzovaní osôb z havarovaných vozidiel, ako aj účinnosť vybraných hasičských technológií (Chen, 2009), (Yang, 2012), (Sun, 2020).

V tejto kapitole článku sa zameriame na prezentáciu výsledkov experimentu, ktorý bol uskutočnený na prototypu výcvikového zariadenia pre hasičské jednotky. Konštrukcia prototypu výcvikového zariadenia je primárne zameraná na konkrétne konštrukčné časti vozidla, stĺpiky typu „A“ a „B“. Pomocou originálneho a pomerne jednoduchého riešenia uchytenia vzoriek je zabezpečená možnosť ich uchytenia a následná výmena za ďalšiu vzorku.

Experiment sa zameral na strihanie „A“ a „B“ stĺpikov z troch vozidiel a strihanie sa vykonávalo pomocou dvoch typov nožníc:

- **HOLMATRO 3040 NCT:** starší typ hydraulického vyslobodzovacieho zariadenia, ktorý sa bežne používa pri dopravných nehodách (obrázok 5). Používajú sa k prestrihnutiu stĺpikov karosérie, odstrihnutiu strechy vozidla, prestrihnutiu oceľových lán, strihanie plného materiálu. Pracovný tlak zariadenia je 72 MPa. Strižná sila je najväčšia pri čape nožníc. Strihanie kalenej ocele, pružín alebo listových pružín je zakázané. Maximálne roztvorenie nožov je 180 mm, rezná sila je 329 kN / 33,5 t, váha 18 kg, a rozmery sú 807x261x191 mm (Desincarceration, 2024).
- **eDRUALIC LUKAS S 788 E2:** patria medzi najnovšie zariadenie používané v HaZZ (obrázok 5). Oslobodenie od pohonných jednotiek a tlakových hadíc má zariadenie veľkú výhodu pri použití v nedostupnom teréne. Hviezdicový ovládač Star Grip umožňuje intuitívne ovládanie pri záchranných prácach. Geometria nožov poskytuje presnosť a pevnosť tam, kde to je potrebné. Strihacia sila zariadenia je 1101 kN, maximálne roztvorenie nožov je 200 mm, váha s batériou je 22,7 kg, rozmery sú d x š x v - 988 x 266 x 281 mm (Lukas, 2024)



Obrázok 5 Technické parametre vyslobodzovacieho zariadenia eDRUALIC LUKAS S 788 E2 (vľavo) a HOLMATRO 3040 NCT (vpravo) (Morris, 2006)

V rámci experimentu boli na strihanie vzoriek stĺpikov typu „A“ a „B“ z rôznych automobilových modelov (rok výroby 1989, 2005 a 2002) použité vyššie uvedené vyslobodzovacie zariadenia. Ich technické parametre a konštrukčné vlastnosti mali priamy vplyv na priebeh experimentu a výsledné údaje. Pred samotným strihaním boli vzorky dôkladne pripravené odstránením všetkých komponentov, ktoré by mohli ovplyvniť výsledky, ako sú prvky na uchytenie bezpečnostných pásov, vnútorné plastové obloženia a zvyšky skla.

Experimentálne merania boli realizované dňa 12. marca 2024 v areáli Fakulty bezpečnostného inžinierstva Žilinskej univerzity. Zúčastnili sa ho príslušníci Hasičského a záchranného zboru, konkrétne z OR HaZZ Žilina na vozidle AHZS 2A MB – SPRINTER v počte 1+2 a SAHZZ MB SPRINTER v počte 1+1. Príslušníci mali na sebe predpísané osobné ochranné pracovné prostriedky a boli riadne vyškolení pre vykonávanú činnosť. Experiment prebiehal v čase od 14:00 do 15:00 hod. za stabilných meteorologických podmienok, pričom teplota vzduchu dosahovala 15 °C a rýchlosť vetra bola 2 m/s. (obrázok 6).



Obrázok 6 Strihane A stĺpika, s dvoma typmi zariadení s rozdielnym pohonom

Príslušníci postupne upevnili jednotlivé stĺpiky na obe strany prototypu výcvikového zariadenia, ktoré sa následne skontrolovali pre prípad poškodenia čelustí strihacích nožníc. Na pravej strane sa strihalo hydraulickým vyslobodzovacím zariadením na benzínový agregát s nožnicami HOLMATRO 3040 NCT. a na ľavej strane sa strihalo s nožnicami eDRUALIC LUKAS S 788 E2 s elektromotorom na batériu. Stĺpiky typu A boli strihané na dvoch miestach: dolná časť označená ako A1 - 10 cm od spodku a horná časť označená ako A2 - 10 cm od vrchu. Miesta strihov boli vybrané tak, aby sa dalo ľahko manipulovať so zariadením a zachovali sa materiálové vlastnosti stĺpika po celej jeho dĺžke (Ballay, 2024). Na obrázku č. 7 sú zobrazené body A1 a A2, ktoré predstavujú miesta strihania vzorky (stĺpik A), a zároveň body B1 a B2, ktoré predstavujú miesta strihania vzorky (stĺpik B).



Obrázok 7 Miesta strihu na stĺpiku „A“ a „B“

Experimentálne meranie stĺpika „A“ a „B“ na jednotlivých vzorkách z automobilov s porovnaním časov strihania hydraulického vyslobodzovacieho zariadenia na benzínový agregát - HOLMATRO 3040 NCT a hydraulického vyslobodzovacieho zariadenia s elektro motorom na batériu - eDRUALIC LUKAS S 788 E2 sú uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1 Priemerné časy strihania stĺpika „A“ a „B“ pomocou vyslobodzovacích zariadení

Nástroj	Vozidlo	Priemerný čas odstrihnutia stĺpika A (s)	Priemerný čas odstrihnutia stĺpika B (s)
eDRUALIC LUKAS S 788 E2	Vzorka 1 – rok výroby 1989	0:20:29	0:17:24
eDRUALIC LUKAS S 788 E2	Vzorka 2 - rok výroby 2005	0:16:17	0:17:38
eDRUALIC LUKAS S 788 E2	vzorka 3 - rok výroby 2002	0:16:12	0:18:59
HOLMATRO 3040 NCT	Vzorka 1 – rok výroby 1989	0:13:16	0:13:48
HOLMATRO 3040 NCT	Vzorka 2 - rok výroby 2005	0:13:32	0:16:18
HOLMATRO 3040 NCT	vzorka 3 - rok výroby 2002	0:14:31	0:18:26

Na základe výsledkov experimentu vyplýva, že hydraulický nástroj HOLMATRO 3040 NCT dosahuje v priemere kratšie časy odstrihnutia stĺpikov v porovnaní s nástrojom eDRUALIC LUKAS S 788 E2. Tento rozdiel však nie je výrazný a môže byť ovplyvnený viacerými faktormi, ako napríklad individuálne rozdiely v manipulácii a pod. Z pohľadu stĺpika typu „A“ a „B“ je možné konštatovať, že stĺpik „B“ vo väčšine prípadov vykazuje dlhší čas odstrihnutia. Tento rozdiel môže byť spôsobený odlišnou hrúbkou materiálu, umiestnením stĺpika v konštrukcii vozidla alebo inými konštrukčnými vlastnosťami. Okrem toho údaje neumožňujú jednoznačne konštatovať vplyv roku výroby vozidla na čas odstrihnutia.

3. ODPORÚČANIA PRE VÝBER VYSLOBODZOVACIEHO ZARIADENIA

Výber hydraulických vyslobodzovacích nástrojov pre hasičské záchranné zložky prešiel v posledných rokoch výraznou transformáciou. Z jednoduchého rozhodnutia medzi niekoľkými základnými konfiguráciami sa stal komplexný proces ovplyvnený rýchlym technologickým vývojom, najmä v oblasti batériových nástrojov. Rastúca diverzita dostupných riešení, hoci prináša nové možnosti, zároveň komplikuje proces zavádzania nových nástrojov do výbavy hasičských jednotiek.

Každá konfigurácia, či už systémy dvoch vysokotlakových hadíc, systém CORE™ s hadicou a čerpadlom, alebo batériové náradia od HOLMATRO EVO 3, LUKAS eDRAULIC napájané z batérií, má svoje špecifiká a prevádzkové aspekty, s ktorými je nutné počítať. Najdôležitejším technickým parametrom pri záchranných nástrojoch je bezpochyby výkon na prednom čape, kde sa nachádzajú strihacie nože alebo ramená rozperného nástroja. Táto sila umožňuje efektívne prekonať prekážky a zachraňovať životy. Od rozsiahleho rozšírenia batériového náradia sa pozornosť často sústredila skôr na zdroj energie ako na samotné technické parametre. Mnohí sa zameriavajú na kapacitu batérie, pričom výkon nástroja sa stáva druhoradým hľadiskom. Je síce jednoduché diskutovať o výhodách a nevýhodách akumulátorového a hadicového náradia, ale je kľúčové zdôrazniť, že bez ohľadu na typ napájania je najdôležitejším faktorom výkon zariadenia. Výber správneho vyslobodzovacieho zariadenia s vhodným náradím je rozhodujúci pre úspešný prístup k zranenej osobe, rýchle a bezpečné vyslobodenie z vraku a záchranu života. Bez ohľadu na to, či si vyberiete hadicový systém CORE™ alebo batériový systém, výkon na prednej časti čapu je u oboch typov identický. To znamená, že nástroje disponujú rovnakou silou, dosahujú rovnako vysoké skóre EN a NFPA a ponúkajú optimálny výkon pri zásahoch na moderných vozidlách.

Výber vhodného hydraulického vyslobodzovacieho zariadenia predstavuje komplexnú úlohu, ktorá si vyžaduje dôkladnú analýzu špecifických požiadaviek zásahovej jednotky. Okrem typov zásahov, ktoré jednotka vykonáva, je nevyhnutné zohľadniť aj prevádzkové podmienky, v ktorých budú nástroje nasadené. Pri rozhodovaní medzi hadicovými a akumulátorovými systémami je potrebné zvážiť kompromis medzi mobilitou, výkonom, výdržou batérie, časom nabíjania a nárokmi na údržbu. Zvolený systém musí byť schopný zabezpečiť maximálnu účinnosť pri záchranných prácach aj v tých najnáročnejších podmienkach, pričom musí byť zároveň spoľahlivý a ľahko použiteľný. Mnohé hasičské jednotky sa preto rozhodujú pre kombináciu oboch systémov, čo im umožňuje flexibilne reagovať na rôzne typy zásahov.

4. ZÁVER

Dôkladná znalosť automobilovej konštrukcie je pre hasičské jednotky nevyhnutným predpokladom pre úspešné zásahové operácie. Táto znalosť im umožňuje efektívnu komunikáciu, koordináciu a rozhodovanie v náročných situáciách, ako sú dopravné nehody. Pri výbere vhodných vyslobodzovacích zariadení je potrebné zohľadniť množstvo premenných, vrátane typu vozidla, jeho konštrukcie a použitých materiálov. Experimentálne porovnanie dvoch systémov vyslobodzovacieho zariadenia ukázalo, že výkon na prednej časti čapu je u oboch typov identický. Avšak, ďalšie parametre, ako je mobilita, rýchlosť nasadenia a špecifické vlastnosti jednotlivých systémov, môžu ovplyvniť celkovú účinnosť zásahu. Detailná analýza získaných dát umožňuje identifikovať kritické faktory ovplyvňujúce čas a náročnosť strihania jednotlivých komponentov vozidla. Tieto poznatky môžu poslúžiť ako východisko pre optimalizáciu zásahových postupov.

POĎAKOVANIE

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

LITERATÚRA

BALLAY, M., B., LEITNER a L., JAKUBOVIČOVÁ, 2023. Design and Optimization of the Training Device for the Employment of Hydraulic Rescue Tools in Traffic Accidents. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline. [cit. 2024-05-02]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2227-9717/11/4/1103>

- BUECHER, Janik, et al. Firefighter Stress Monitoring: Model Quality and Explainability. In: 2022 44th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC). IEEE, 2022. p. 4653-4657.
- B-pillar 'tailor rolled' to 8 different thicknesses [online]. Elektronický portál boronextrication.com [cit. 2024-04-19]. Dostupné z: <https://www.boronextrication.com/2012/11/06/b-pillar-tailor-rolled-to-8-differentthicknesses/>
- CORDLESS RESCUE TOOLS: THE CHALLENGES OF BATTERY MANAGEMENT [online]. Elektronický portál holmatro.com [cit. 2024-05-02]. Dostupné z: <https://www.holmatro.com/en/rescue/blog/cordless-rescue-toolschallenges-battery-management>
- DESINCARCERATIOON [online]. Elektronický portál glaroche85.free.fr, [cit. 2024-04-09]. Dostupné z: http://glaroche85.free.fr/matos/desincar_gallin.pdf
- CHEN, Xiaokai; LI, Bangguo. Crashworthiness and mass-reduction design of vehicles based on enhanced RSM. In: 2009 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference. IEEE, 2009. p. 1755-1758.
- LUKAS. 2024. eDRAULIC Cutter – Technical Data. [cit. 2024-04-09]. Dostupné z: <https://lukas.com/manuals/public/downloads/1643800333.pdf>
- Materiály používané v karosériach automobilov [online]. Elektronický portál elearnHaZZ.sk, [cit. 2024-04-19]. Dostupné z: <https://elearnhazzsk.webnode.sk/konstrukcia-osobnych-automobilov/karoseriaautomobilu/materialy-pouzivane-v-karoseriach-automobilov/>
- MALLOUHY, Roxane Elias, et al. Predicting fire brigades' operations based on their type of interventions. In: 2022 International Wireless Communications and Mobile Computing (IWCMC). IEEE, 2022. p. 606-610.
- MORRIS. B., 2006. Holmatro's Vehicle Extrication Techniques. Netherlands. ISBN 2-910725-34-0.
- ÖZTÜRK, İsmail. Optimization of a B-pillar with tailored properties under impact loading. International Journal of Automotive Science And Technology, 2022, 6.2: 202-206.
- RODRIGUES, Susana, et al. Psychophysiological stress assessment among on-duty firefighters. In: 2018 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). IEEE, 2018. p. 4335-4338.
- SUMMALA, Heikki. Risk control is not risk adjustment: The zero-risk theory of driver behaviour and its implications. Ergonomics, 1988, 31.4: 491-506.
- SUN, Guangyong, et al. Parallelized multiobjective efficient global optimization algorithm and its applications. Structural and Multidisciplinary Optimization, 2020, 61: 763-786.
- Štruktúra karosérie automobilu [online]. Elektronický portál elearnHaZZ.sk, [cit. 2024-04-08]. Dostupné z: <https://elearnhazz-sk.webnode.sk/konstrukciaosobnych-automobilov/karoseria-automobilu/struktura-karoserie-automobilu/>
- TOBISOVÁ, A., et al. Proposal of testing process of firefighters on the issue of air accidents to increase the competence of Fire and rescue services members. In: 2019 New Trends in Aviation Development (NTAD). IEEE, 2019. p. 185-188.
- YANG, Zhitian; PENG, Qian; YANG, Jikuang. Lightweight design of B-pillar with TRB concept considering crashworthiness. In: 2012 Third International Conference on Digital Manufacturing & Automation. IEEE, 2012. p. 510-513.

Michal Ballay, Ing., PhD., LL.M.

Katedra požiarneho inžinierstva, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 8215/1, Žilina, Slovensko

e-mail: michal.ballay@uniza.sk

Michal Kapusňak, Ing.

Okresné riaditeľstvo HaZZ Žilina. Nám. Požiarikov, 1 010 01 Žilina.
