



# METÓDY ZÁCHRANY OSÔB POMOCOU LEZECKEJ TECHNIKY V OPUSTENÝCH BANIACH PRÍSLUŠNÍKMI HAZZ

## ROPE-BASED RESCUE METHODS FOR PEOPLE IN ABANDONED MINES USED BY THE FIRE AND RESCUE SERVICE

MAREK PLAVČKO, IVANNA BETUŠOVÁ, MIROSLAV BETUŠ

**ABSTRACT:** *This paper addresses the rescue of persons from abandoned underground mines using rope techniques employed by members of the Fire and Rescue Corps of the Slovak Republic. Abandoned mine workings pose a significant safety risk, particularly due to their deteriorated technical condition, unstable geological environment, and the frequent presence of unauthorized individuals. The aim of the research was to test and evaluate selected rescue methods directly in the environment of the former Bankov magnesite mine near Košice. Several experimental rescue exercises were conducted, during which various rope techniques were applied under real conditions. The evaluation criteria included evacuation time, the amount of equipment required, the level of technical difficulty, and overall safety for both rescuers and rescued persons. The results showed that some techniques are better suited for inclined or vertical mine passages, while others are more effective in horizontal workings. Based on these findings, recommendations were formulated for the practical application of the most effective methods by Fire and Rescue Corps units. The study contributes to increasing preparedness and operational efficiency in underground rescue situations, where time is a critical factor in saving human lives.*

**KEYWORDS:** *Rescue. Rope Techniques. Abandoned Mines. Fire and Rescue Corps.*

### ÚVOD

Bezpečnosť v podzemných priestoroch je jednou zo základných podmienok ochrany života a zdravia obyvateľstva. Opustené banské diela, ktoré vznikli v minulosti ako súčasť ťažobnej činnosti, sa postupne menia na rizikové prostredie. Ich technický stav sa v dôsledku prirodzených geologických procesov a chýbajúcej údržby neustále zhoršuje (Sanmiquel et al., 2018; Stojadinović et al., 2012; Singo et al., 2022).

Tieto priestory sú zároveň čoraz častejšie navštevované neodbornou verejnosťou, najmä v rámci tzv. urbex aktivít. Takéto konanie so sebou prináša značné nebezpečenstvá – riziko pádu, zasypania, straty orientácie, podchladenia alebo udusenía v dôsledku nedostatku kyslíka či prítomnosti nebezpečných plynov (Brodny & Tutak, 2018; Kowalska et al., 2021; Li et al., 2023).

V prípade ohrozenia života alebo zdravia je nevyhnutné, aby zasahujúce zložky disponovali účinnými metódami záchrany. V podzemných priestoroch nemožno využiť štandardné spôsoby evakuácie, preto je nutné testovať a aplikovať špecifické lezecké techniky. Ich cieľom je umožniť bezpečný a rýchly presun ohrozených osôb do bezpečia pri zachovaní maximálnej ochrany zasahujúcich príslušníkov (Hildebrandt et al., 2019; Su & Hu, 2024; Naeini & Badri, 2023; Qiang et al., 2025).

Cieľom tejto práce je analyzovať a porovnať vybrané metódy záchrany osôb z opustených baní pomocou lezeckej techniky. V rámci experimentov sa hodnotil najmä čas potrebný na evakuáciu, náročnosť jednotlivých postupov a ich vhodnosť pre podmienky banského prostredia.

### 1. MATERIÁLY A METÓDY

Samotný výskum bol realizovaný v podzemných banských priestoroch bývalej magnezitovej bane Bankov, ktorá sa nachádza v blízkosti mesta Košice. Lokalita bola zvolená z dôvodu vhodných podmienok na simuláciu záchranných zásahov – šachty a horizontálne chodby umožnili overiť použiteľnosť rôznych postupov.

V rámci výskumu boli definované tieto hodnotiace kritériá:

- čas potrebný na záchranu – od začiatku zásahu po úspešnú záchranu,
- technická náročnosť – zložitosť jednotlivých krokov a potreba špecializovaných zručností,
- materiálno-technické zabezpečenie – množstvo a typ potrebného lezeckého vybavenia,
- bezpečnosť – riziká pre zasahujúcich hasičov a aj zachraňované osoby.

Testované boli tri základné lezecké techniky:

- Jednoduchá lanovka – základná metóda, pri ktorej je osoba spustená po nosnom lane z vyššie položenej časti bane do nižšej úrovne. Výhodou je rýchla príprava a krátky čas zásahu, nevýhodou obmedzená použiteľnosť len pri menších vzdialenostiach.
- Tirolský traverz – metóda využívajúca nosné lano natiahnuté medzi dvomi pevnými bodmi, po ktorom je osoba transportovaná horizontálne alebo šikmo. Výhodou je univerzálne použitie aj vo väčších priestoroch, nevýhodou vyšší čas potrebný na osadenie systému.
- Tirolský traverz motorovým navijakom – rozšírená verzia Tirolského traverzu, kde pohyb osoby zabezpečuje motorový navijak. Tento systém umožňuje plynulejší presun na väčšie vzdialenosti a znižuje fyzickú záťaž záchranárov. Nevýhodou je potreba dodatočného technického vybavenia a dlhší čas na prípravu.

Každá z metód bola odskúšaná niekoľkokrát pri rôznych priestorových podmienkach. Pri experimentoch sa simulovala reálna situácia, keď je potrebné dostať osobu z ohrozeného úseku podzemného diela na bezpečné miesto. Výsledky meraní boli spracované do tabuliek a použité na porovnanie efektívnosti jednotlivých postupov.

## 2. VÝSLEDKY

V rámci experimentov uskutočnených v magnezitovej bani Bankov sa testovali tri vybrané metódy záchrany osôb: jednoduchá lanovka, tirolský traverz a tirolský traverz s motorovým navijakom. Pre každú metódu sa sledovali nasledovné parametre:

- čas príchodu a prieskumu,
- čas potrebný na vybudovanie lanového systému,
- čas samotnej záchranej činnosti,
- celkový čas zásahu.

Výsledky meraní sú zhrnuté v tabuľkách 1 až 4.

Tabuľka 1 Časový priebeh udalosti (vlastné spracovanie)

Parameter	Čas (min)
Čas od vzniku udalosti po spozorovanie ( $t_{obs}$ )	2
Čas ohlásenia udalosti ( $t_{report}$ )	4
Čas spracovania hovoru ( $t_{call}$ )	3
Čas príchodu hasičov na miesto ( $t_{d1}$ )	7
<b>Spolu (<math>t_{event}</math>)</b>	<b>16</b>

Tabuľka 2 Časový prieskumnej skupiny (vlastné spracovanie)

Parameter	Čas (min)
Čas obliekania výstroja (t_gear)	3
Čas kotvenia lana (t_anchor)	5
Čas zostupu k zranenej osobe (t_reach1)	3
Čas vyšetrenia a určenia spôsobu záchrany (t_eval)	4
<b>Spolu (t_survey)</b>	<b>15</b>

Tabuľka 3 Časy lezeckej činnosti podľa jednotlivých metód (vlastné spracovanie)

Parameter	Metóda 1 (jednoduchá lanovka) (min)	Metóda 2 (tirolský traverz) (min)	Metóda 3 (tirolský traverz s navijakom) (min)
Čas druhého zostupu k osobe (t_reach2)	5	3	3
Čas imobilizácie (t_immob)	4	4	4
Čas nakladania do nosidiel (t_load)	7	6	6
Čas samotnej evakuácie (t_extract)	29	8	4
<b>Spolu (t_climb)</b>	<b>45</b>	<b>21</b>	<b>17</b>

Tabuľka 4 Celkový čas lezeckej záchrany podľa metód (vlastné spracovanie)

Parameter	Metóda 1 (min)	Metóda 2 (min)	Metóda 3 (min)
Čas prieskumu (t_survey)	15	15	15
Čas budovania systému (t_setup)	5	17	17
Čas lezeckej činnosti (t_climb)	45	21	17
<b>Celkový čas záchrany (t_rescue_total)</b>	<b>65</b>	<b>53</b>	<b>49</b>

Okrem meraní časových parametrov sa zohľadňovali aj ďalšie faktory, ktoré významne ovplyvňujú efektívnosť zásahu. Vybrané kritériá zahŕňali počet zasahujúcich hasičov, množstvo použitého vybavenia, subjektívne hodnotenie náročnosti zásahu a budovania systému, ako aj komfort zachraňovanej osoby počas evakuácie.

Výsledky tohto hodnotenia sú uvedené v tabuľke 5. Z tabuľky vyplýva, že metóda jednoduchá lanovka bola síce technicky najmenej náročná na vybudovanie, avšak z pohľadu času, komfortu a fyzickej záťaže hasičov vyšla ako najmenej vhodná. Naopak, tirolský traverz (s motorovým navijakom aj bez neho) vykazoval výrazne lepšie hodnoty v parametroch komfortu a bezpečnosti.

Na určenie váhy jednotlivých kritérií bola aplikovaná metóda Fullerovho trojuholníka. Tento prístup umožnil stanoviť, ktoré kritériá sú rozhodujúce pri výbere najefektívnejšej metódy záchrany. Výsledky párového porovnania kritérií sú uvedené v tabuľke 6. Ako najdôležitejší faktor bol identifikovaný celkový čas záchrany, nasledovaný počtom zasahujúcich hasičov a množstvom použitého vybavenia.

Na základe váhového hodnotenia sa ako najefektívnejšia ukázala metóda 3 – Tirolský traverz s motorovým navijakom, ktorá dosiahla najlepšie skóre vo väčšine kritérií.

Tabuľka 5 Hodnotenie záchranných metód podľa kritérií (vlastné spracovanie)

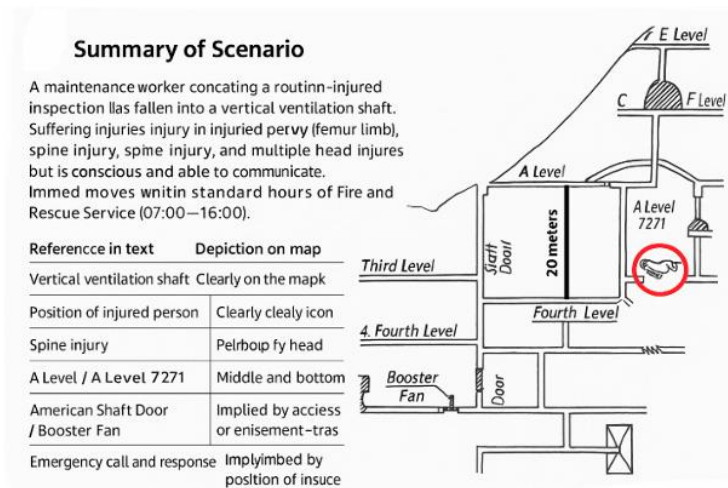
Kritérium	Metóda 1 (jednoduchá lanovka) (min)	Metóda 2 (tirolský traverz) (min)	Metóda 3 (tirolský traverz s navijakom) (min)
Celkový čas záchrany (t_rescue_total) [min]	65	53	49
Počet zasahujúcich hasičov	11	10	9
Množstvo lezeckého vybavenia	3	1	1
Náročnosť zásahu (1–10)	8	6	4
Náročnosť budovania systému (1–10)	2	6	6
Komfort pre zachraňovanú osobu (1–10)	2	9	9

Tabuľka 6 Fullerov trojuholník – váhy kritérií (vlastné spracovanie)

Kritérium	Počet „vítazstiev“ v párovom porovnaní	Váha kritéria (Wi)
Celkový čas záchrany (K1)	5	najvyššia
Počet hasičov (K2)	3	vysoká
Množstvo vybavenia (K3)	2	stredná
Náročnosť zásahu (K4)	1	nízka
Náročnosť budovania systému (K5)	2	stredná
Komfort pre zachraňovaného (K6)	1	nízka

Po vyhodnotení časových parametrov (tab. 1 – 4) a viac-kritériálneho hodnotenia (tab. 5 – 6) boli výsledky doplnené aj o obrazovú dokumentáciu priebehu experimentov. Obrázky ilustrujú jednak podmienky v bani Bankov, jednak samotné metódy záchrany.

Schéma na obrázku 1 zobrazuje polohu zranenej osoby vo vetracej šachte a príslušných priestoroch. Jasne sú vyznačené horizontálne chodby, portál a naklonená plošina, na ktorej sa zranený nachádzal.



Obrázok 1 Náčrt miesta nehody (vlastné spracovanie)

Na obrázku 2 je znázornený pohľad na zabezpečený portál s oceľovým zábradlím, ktoré bolo v havarijnom stave a znemožňovalo jeho využitie pri záchranných prácach.



Obrázok 2 Vstup do vetracej šachty (vlastné spracovanie)

Obrázok 3 zobrazuje vstupnú časť do vetracej šachty so železným zábradlím. Tento priestor slúžil ako nástupný bod pre lezecké skupiny.



Obrázok 3 Nástupný priestor pre lezecké skupiny (vlastné spracovanie)

Na obrázku 4 sú znázornené hodnoty (rýchlosť vetra, teplota, vlhkosť, rosný bod). Počas cvičenia bola teplota 3,9 °C, vlhkosť 70,6 % a maximálna rýchlosť vetra 13,2 km/h.



Obrázok 4 Meteorologické podmienky počas zásahu (vlastné spracovanie)

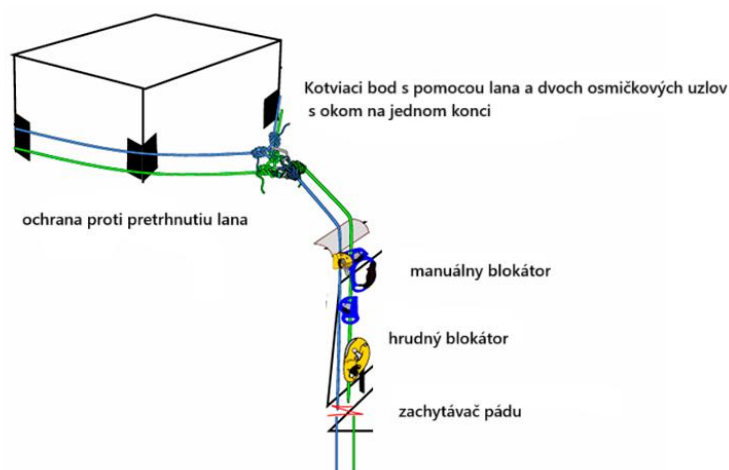
Na obrázku 6 sú znázornené hodnoty nameraných plynov vo vetracej šachte. Merania koncentrácie CO, CO<sub>2</sub> a H<sub>2</sub>S ukázali, že hodnoty boli v norme a nebolo potrebné použitie autonómnych dýchacích prístrojov.



Obrázok 5 Hodnoty nameraných plynov vo vetracej šachte (vlastné spracovanie)

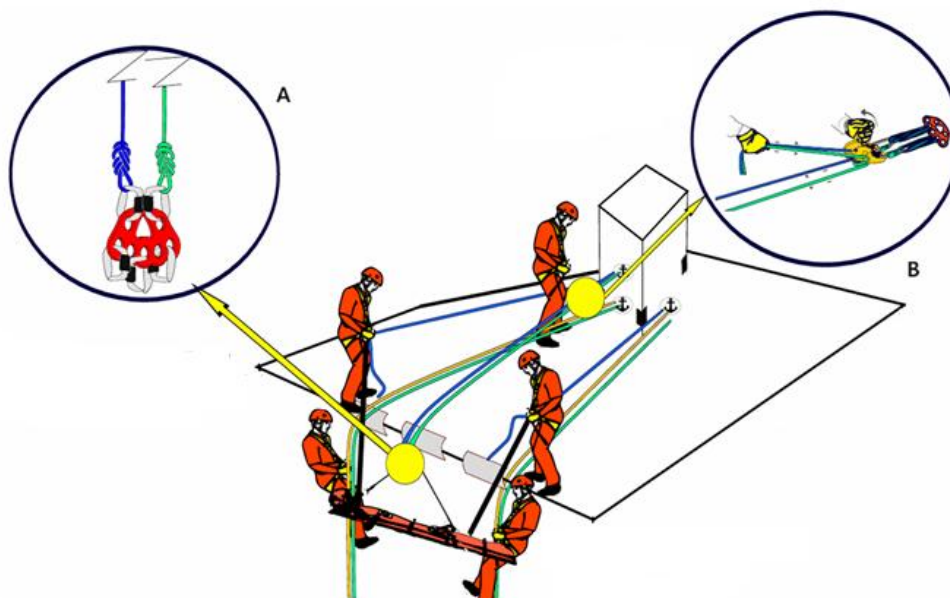
Okrem všeobecných údajov o prostredí a časových parametroch zásahu sa osobitná pozornosť venovala samotným lezeckým technikám, ktoré boli predmetom skúmania. V rámci experimentov sa testovali tri vybrané metódy – jednoduchá lanovka, tirolský traverz a tirolský traverz s motorovým navijakom. Každá z nich bola prakticky nasadená v reálnych podmienkach a následne vyhodnotená z pohľadu času, technickej náročnosti, komfortu zachraňovanej osoby a bezpečnosti zasahujúcich. Nasledujúce obrázky dokumentujú priebeh a charakteristické znaky jednotlivých metód.

Na obrázku 6 je znázornený systém záchrany – jednoduchá lanovka, kde zasahujúci hasič sa spúšťa na nosnom lane k zranenej osobe. Výhodou metódy je rýchla príprava a nízka technická náročnosť, avšak limitovaná použiteľnosť na väčšie vzdialenosti.



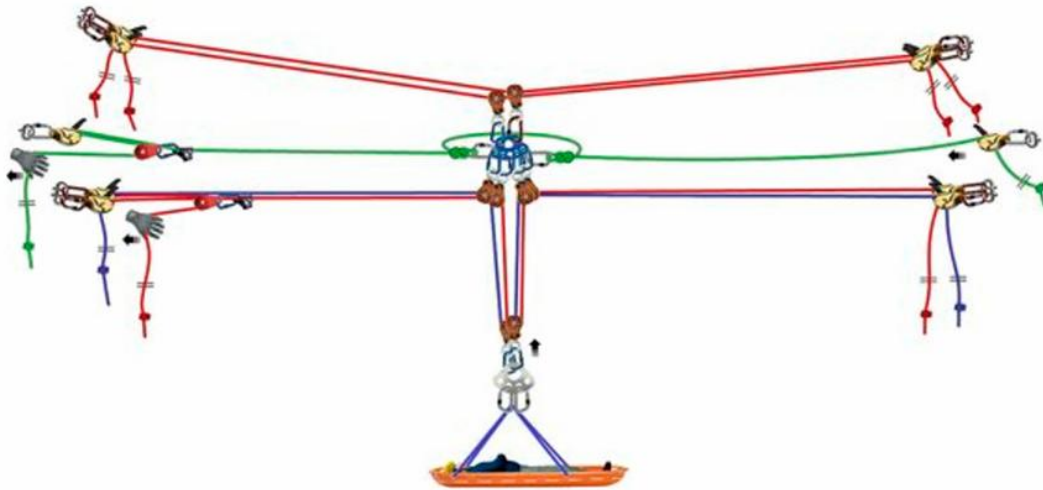
Obrázok 6 Jednoduchá lanovka – zostup k zranenej osobe (vlastné spracovanie)

Na obrázku 7 je znázornenie transportu zranenej osoby smerom nadol po nosnom lane pomocou nosidiel. Komfort zachranňovaného je nízky a pohyb je menej plynulý.



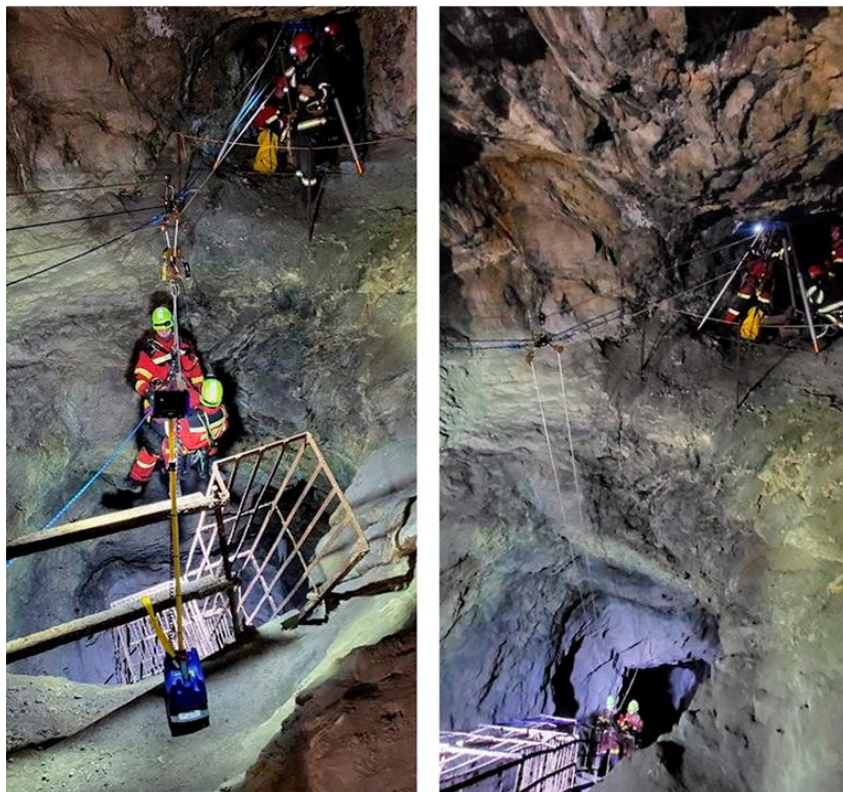
Obrázok 7 grafické znázornenie prechodu cez hranu s evakuačnými nosidlami z priestoru vetracej šachty (A – znázornenie kotviacej dosky na ktorej sú napojené evakuačné nosidlá, B – znázornenie kladkostroja na vyťahovanie nosidiel) (vlastné spracovanie)

Na obrázku 8 je znázornená metóda Tirloského traverzu, kde metóda je založená na manipulácii s bremenom (v tomto prípade s evakuačnými nosidlami) vo vertikálnom aj horizontálnom smere. Tento spôsob záchran je však náročnejší na čas, vybudovania kotviacich stanovísk, traverzu, počet použitých pomôcok ale aj počet lezcov, ktorí zostavujú tento lanový systém. Po vykonaní prieskumu pomocou jednoduchej lanovej dráhy dvomi lezcami a po určení spôsobu záchranu použitím tyrolského traverzu môže byť osoba vyslobodená rýchlejšie a bezpečnejšie.



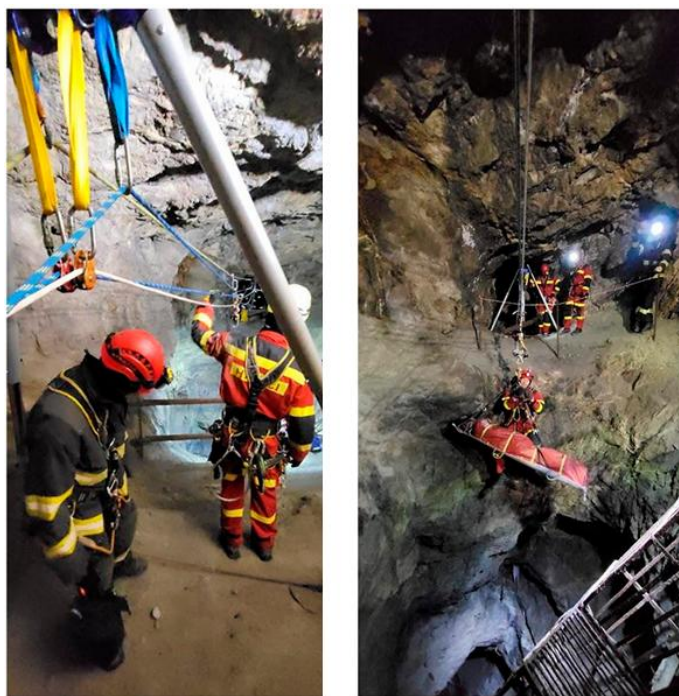
Obrázok 8 Tirolský traverz (vlastné spracovanie)

Na obrázku 9 je znázornená samotná záchrana pomocou Tirolského traverhu.



Obrázok 9 Záchrana pomocou Tirolského traverzu (vlastné spracovanie)

Na obrázku 10 je znázornený systém rozšírenej verzie Tirolského traverzu, kde pohyb nosidiel zabezpečuje elektrický navyjak. Tento prvok znižuje fyzickú záťaž zasahujúcich hasičov a urýchľuje evakuáciu.



Obrázok 10 Záchrana pomocou Tirolského traverzu a motorového navyjaku (vlastné spracovanie)

### 3. DISKUSIA

Výsledky experimentov preukázali výrazné rozdiely medzi jednotlivými metódami záchrany osôb z podzemných priestorov. Najväčší vplyv na efektivitu zásahu mal celkový čas potrebný na evakuáciu, ktorý priamo rozhoduje o šanci na prežitie zachraňovanej osoby.

Metóda jednoduchej lanovky sa ukázala ako najrýchlejšia z hľadiska prípravy systému, no zároveň najdlhšia pri samotnej evakuácii. Tento postup je vhodný najmä pri kratších vzdialenostiach alebo keď nie je k dispozícii zložitejšie vybavenie. Nevýhodou je obmedzený komfort pre zachraňovanú osobu, ktorý môže pri dlhšom transporte viesť k sekundárnym zraneniam či zhoršeniu zdravotného stavu.

Naopak, tirolský traverz poskytol vyššiu mieru bezpečnosti a komfortu, pričom celkový čas zásahu bol kratší ako pri jednoduchej lanovke. Hlavnou nevýhodou však zostáva dlhší čas potrebný na budovanie systému a vyššia technická náročnosť, čo môže byť v prostredí s nestabilnými podmienkami rizikové. Najlepšie hodnotenia dosiahla metóda tirolského traverzu s motorovým navijakom. Táto technika skrátila čas evakuácie na minimum a zároveň znížila fyzickú záťaž hasičov. Motorový navijak zabezpečil plynulý a kontrolovaný presun, čo významne prispelo k vyššiemu komfortu aj bezpečnosti. Nevýhodou je potreba špeciálneho technického vybavenia a dostatočného priestoru na jeho nasadenie.

Z hľadiska počtu zasahujúcich hasičov boli rozdiely medzi metódami relatívne malé, no aj tu metóda s navijakom preukázala miernu výhodu. Hodnotenie pomocou Fullerovho trojuholníka potvrdilo, že rozhodujúcim kritériom je celkový čas zásahu, čo zodpovedá zásade, že pri záchrane v podzemí je kľúčovým faktorom rýchlosť.

Tieto výsledky sú v súlade s doterajšími poznatkami z medzinárodnej praxe, kde sa pri podobných zásahoch uprednostňujú technické systémy umožňujúce rýchlu a bezpečnú evakuáciu, aj za cenu vyššej náročnosti na materiálne zabezpečenie (Sanmiquel et al., 2018; Stojadinović et al., 2012; Singo et al., 2022; Brodny & Tutak, 2018; Kowalska et al., 2021).

### ZÁVER

Výskum realizovaný v podzemných priestoroch bývalej magnezitovej bane Bankov potvrdil, že výber vhodnej lezeckej techniky má zásadný vplyv na úspešnosť a bezpečnosť záchranných zásahov.

Jednoduchá lanovka je síce rýchlo nasaditeľná, no pri dlhšej evakuácii predstavuje vysoké riziko a obmedzený komfort pre zachraňovanú osobu.

Tirolský traverz je univerzálnejší a bezpečnejší, avšak časovo náročnejší na prípravu. Tirolský traverz s motorovým navijakom sa ukázal ako najefektívnejšia metóda, pretože výrazne skrátil celkový čas zásahu, znížil fyzickú záťaž zasahujúcich a zvýšil bezpečnosť aj komfort evakuovanej osoby.

Na základe zistení možno odporučiť, aby jednotky HaZZ v podmienkach podzemných banských diel uprednostňovali práve techniky s využitím mechanizovaných prvkov, ktoré dokážu výrazne urýchliť priebeh zásahu. Zároveň je potrebné zabezpečiť dostatočný výcvik príslušníkov v používaní týchto systémov a pravidelne preverovať ich pripravenosť v reálnych podmienkach.

Výsledky prispievajú k zvýšeniu úrovne pripravenosti a efektívnosti zásahov HaZZ v prostredí opustených baní, kde je čas rozhodujúcim faktorom pri záchrane ľudských životov.

## LITERATÚRA

- Brodny, J., & Tutak, M. (2018). Analyzing similarities between the European Union countries in terms of the structure and volume of energy production from renewable energy sources. *Energies*, 11, 2407. <https://doi.org/10.3390/en11092407>.
- Hildebrandt, R., Marszowski, R., Lubosik, Z., & Jarosławska-Sobór, S. (2023). Transforming underground coal mine workings into critical cyber security facilities in the perspective of the European Green Deal plan. *Scientific Papers of Silesian University of Technology. Organization and Management Series*, 182, 79–97. <https://doi.org/10.1111/j.0361-3666.2003.00237.x>
- Kowalska, D., Jarosławska-Sobór, S., & Brodny, J. (2021). Occupational health and safety management in the mining sector—A multiple case study. *Resources*, 10, 65. <https://doi.org/10.3390/resources10060065>.
- Li, X., Zhou, Z., Li, X., Zhang, L., & Zhou, J. (2023). Investigation on coal miners' unsafe behavior and management system optimization based on grounded theory and SEM. *Sustainability*, 15, 11803. <https://doi.org/10.3390/su151511803>
- Su, G., & Hu, E. (2024). Research on coal mine safety risk evolution and key hidden dangers under the perspective of complex network. *Scientific Reports*, 14, 20624. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-71004-2>
- Naeini, S. A. B., & Badri, A. (2023). Identification and categorization of hazards in the mining industry: A systematic review of the literature. *International Review of Applied Sciences and Engineering*, 15, 1–19. <https://doi.org/10.1556/1848.2023.00621>
- Sanmiquel, L., Bascompta, M., Rossell, J. M., Anticoi, H. F., & Guash, E. (2018). Analysis of occupational accidents in underground and surface mining in Spain using data-mining techniques. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15, 462. <https://doi.org/10.3390/ijerph15030462>
- Stojadinović, S., Svrkota, I., Petrović, D., Denić, M., Pantović, R., & Milić, V. (2012). Mining injuries in Serbian underground coal mines—A 10-year study. *Injury*, 43, 2001–2005. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2011.08.018>
- Singo, J., Isunju, J. B., Moyo, D., Bose-O'Reilly, S., Steckling-Muschack, N., & Mamuse, A. (2022). Accidents, injuries, and safety among artisanal and small-scale gold miners in Zimbabwe. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, 8663. <https://doi.org/10.3390/ijerph19148663>
- Qiang, X., Li, G., Fan, C., Zhao, W., & Wang, Q. (2025). The full lifecycle evolution model of accidents: A case study of underground metal mines in China. *Applied Sciences*, 15, 4004. <https://doi.org/10.3390/app15074004>

---

### **Marek Plavčko, pplk., Ing., Bc.**

*Krajské riaditeľstvo Hasičského a záchranného zboru v Košiciach, Požiarnická č. 4, 040 01, Košice*

*e-mail:marek.plavcko@minv.sk*

### **Ivanna Betušová, Ing.**

*Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií, Technická univerzita v Košiciach, Letná č. 1/9, blok A, 2. posch., 042 00, Košice*

*e-mail:ivanna.betusova@tuke.sk*

### **Miroslav Betuš, pplk., Ing., PhD.**

*Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií, Technická univerzita v Košiciach, Letná č. 1/9, blok A, 2. posch., 042 00, Košice*

*e-mail:miroslav.betus@tuke.sk*

---