SWARM

SAFETY, WORK AND RESCUE MAGAZINE

Ročník 2

Číslo 2/2025

OBSAH

TABLE OF CONTENTS

Úvodník / Editorial 3

Michal Kantor

Problematika pádu ľudského subjektu z výšky s dôrazom na výšku zábradlia 4
Issue of falling of a human subject from height with emphasis on railing height
(Přehledový článek)

Eduard Kolla, Veronika Adamová, Lukáš Szabo

Smrtelné nehody českých a slovenských potápěčů (1965-2025) 12
Diving Fatalities of Czech and Slovak Divers (1965-2025)
(Původní práce)

Jiří Hovorka, Ondřej Belica

Pády z výšky a jejich dělení z pohledu prevence rizik 21
Falls from a height and their sorting in terms of risk prevention
(Přehledový článek)

Ondřej Belica, Klára Zelinková

Rizika spojená se zachycením pádu 28
The risks related with fall arrest
(Původní práce)

Klára Zelinková

Pokyny pro autory 34
Instructions for authors

SWARM

SAFETY, WORK AND RESCUE MAGAZINE

Vydává
CRAA – Ústav bezpečnosti práce ve výškách, z. ú.
Nušlova 49
158 00 Praha 5
IČO: 09934910
www.craa.cz
info@craa.cz

Předseda redakční rady
Ing. Michal Kantor

Vychází 2 × ročně online
Toto číslo je vydáno dne 21. 8. 2025

ISSN 3029-7508
DOI: 10.71319

Rukopisy a příspěvky zasílejte na adresu
swarm@craa.cz

Zaslané příspěvky a fotografie se nevracejí.
Publikované příspěvky nejsou honorovány. Autoři neplatí žádné poplatky.
Texty neprocházejí redakční ani jazykovou úpravou.

Redakční rada
Ing. Michal Kantor
Mgr. Igor Jadvidžák
Ing. Ondřej Novák, DiS., Ph.D.
Ing. David Michovský

ÚVODNÍK

Vážení čtenáři,

s upřímnou radostí oznamuji, že sice s drobným zpožděním proti původnímu plánu, ale přesto vychází druhé číslo odborného vědeckého časopisu SWARM – *Safety, Work And Rescue Magazine*.

První číslo, které vyšlo v prosinci 2024, zapůsobilo jako blesk z čistého nebe – přišlo nečekaně a zasáhlo každého, kdo v dotčených oborech něco znamená. To je na jednu stranu potěšující, na druhou stranu to přináší závazek udržet nastavenou laťku, případně ji posunout ještě výš. A to se asi daří.

Zatímco články v prvním čísle pocházely z drtivé většiny od autorů z CRAA, ve druhém čísle přibyly články z pera „externistů". Potěšující je, že RNDr. Jiří Hovorka, nestor a živoucí legenda českého (speleo)potápění, který 60 let dokumentuje nehody československých potápěčů, se rozhodl podělit se s čtenáři SWARMu o své poznatky a v článku přináší přehled těchto nehod. Dále např. doc. Ing. Eduard Kolla, PhD., Ing. Veronika Adamová, PhD. a Ing. Lukáš Zsabo z Žilinské university ve svém článku pojednávají o vlivu výšky zábradlí na pád osoby přes něj. Neméně zajímavé jsou i články ostatních autorů, což ostatně sami uvidíte. Každý z nich stojí za přečtení. Ačkoliv to nebylo záměrem, převažujícím tématem celého čísla je **pád**.

Časopis SWARM je volně dostupný v elektronické podobě na webu swarm.craa.cz.

Máte-li jakékoliv podněty či připomínky, budu rád, pokud mi je zašlete emailem na swarm@craa.cz.

Zatím Vám přeji pohodové čtení

Michal Kantor

předseda redakční rady

EDITORIAL

Dear Readers,

it is with great pleasure that I announce the release of the second issue of the scientific journal SWARM – *Safety, Work And Rescue Magazine*. Although it comes with a slight delay compared to the original plan, we are delighted to present it to you.

The first issue, published in December 2024, struck like a bolt from the blue – unexpected, yet it reached and impressed everyone of relevance in the field. While this was gratifying, it also created a commitment to maintain, or even raise, the high standard that was set. And it seems we are succeeding.

Whereas most of the articles in the first issue came from authors within CRAA, this second issue also includes contributions from external experts. We are particularly honored that Jiří Hovorka – a doyen and living legend of Czech (cave)diving, who has been documenting accidents of Czechoslovak divers for 60 years – decided to share his findings with SWARM readers. His article provides an overview of these incidents. Another contribution, by Eduard Kolla, Veronika Adamová and Lukáš Zsabo from the University of Žilina, examines how the height of railings influences the risk of falling over them. Equally engaging are the articles of the other authors, each of which is well worth reading. Although it was not intentional, the recurring theme of this issue has become **falls**.

The SWARM journal is freely available in electronic form at swarm.craa.cz.

If you have any suggestions or comments, I would be happy to hear from you via email at swarm@craa.cz.

For now, I wish you a pleasant reading.

Michal Kantor

Chairman of the Editorial Board

Ročník 2, číslo 2, 2025
swarm.craa.cz, ISSN 3029-7508
Safety, Work And Rescue Magazine, doi.org/10.71319/swarm2502.04-11
https://swarm.craa.cz/problematika-padu-ludskeho-subjektu-z-vysky-s-dorazom-na-vysku-zabradlia

Problematika pádu ľudského subjektu z výšky s dôrazom na výšku zábradlia
Issue of falling of a human subject from height with emphasis on railing height

Eduard Kolla[1], Veronika Adamová[2], Lukáš Szabo[3]

[1] Ústav znaleckého výskumu a vzdelávania, Žilinská univerzita v Žiline; eduard.kolla@uniza.sk
[2] Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra bezpečnostného manažmentu, Žilinská univerzita v Žiline; veronika.adamova@uniza.sk
[3] Lukáš Szabo; lukas.szabo666@gmail.com

Typ článku
Přehledový článek

Klíčová slova
Biomechanika, pád z výšky, PC-Crash, rekonštrukcia, simulácia, viactelesový model, zábradlie.

Abstrakt
Predložený článok predstavuje forenznú biomechanickú rekonštrukciu pádu ľudského subjektu z balkóna hotelovej izby, s osobitným dôrazom na vplyv výšky zábradlia. Rekonštrukcia integruje metódy z oblasti súdneho inžinierstva, kriminalistiky, biomechaniky, numerickej simulácie a 3D dokumentácie. Pomocou multitelového simulačného modelu v softvéri PC-Crash, v kombinácii s metricky presným 3D modelom miesta vytvoreným z mračna bodov, je umožnené objektívne a kvantitatívne vyhodnotenie dynamiky tejto udalosti. Práca porovnáva zrekonštruovanú trajektóriu pádu s legislatívnymi normami pre výšku zábradlia a poukazuje na možné nedostatky v oblasti bezpečnosti. Zistenia ukazujú, ako môže vedecky podložená numerická rekonštrukcia podporiť odborné posudky v právnych konaniach a prispieť k návrhu preventívnych opatrení v stavebníctve a tým minimalizovať riziko pádov ľudí z výšok v dôsledku nedostatočného konštrukčného riešenia stavebných prvkov.

Type of Paper
Review

Keywords
Biomechanics, fall from height, guardrail, multibody model, PC-Crash, reconstruction, simulation.

Abstract
The presented paper describes a forensic biomechanical reconstruction of a human fall from a hotel balcony, with special emphasis on the effect of railing height. The reconstruction integrates methods from forensic engineering, criminal science, biomechanics, numerical simulation, and 3D documentation. By using a multibody simulation in PC-Crash combined with a metrically accurate 3D model of the scene derived from a point cloud, the study enables an objective, quantitative evaluation of the incident dynamics. The paper compares the reconstructed fall trajectory with legislative standards for railing height, highlighting potential safety deficiencies. The findings demonstrate how scientifically based numerical reconstruction can support expert opinions in legal proceedings and contribute to the design of preventive measures in construction, thereby reducing the risk of human falls from height due to insufficient structural design of building elements.

Open Access článek s CC BY licencí

ÚVOD

Predložený článok má za cieľ poukázať na významné riziko pádov (smrteľných pádov) spojených s nedostatočným konštrukčným riešením stavebných prvkov, konkrétne zábradlí. Úvodná časť článku obsahuje stručné pojednanie o problematike pádov z výšky, ako aj vymedzenie pojmu forenzná biomechanika, z dôvodu jej aplikácie na demonštratívny príklad pádu ľudského subjektu. Teoretický rámec je ďalej doplnený o prehľad vybraných doposiaľ publikovaných vedeckých a odborných prác zameraných na problematiku pádov ľudských subjektov. Nasledujúca praktická časť sa zameriava na odprezentovanie reálneho prípadu. Na uvedenom prípade sa demonštruje kvantitatívna biomechanická rekonštrukcia a analýza forenzne relevantnej udalosti – pádu ľudského subjektu z balkóna hotelovej izby. V rámci prípadu sa autori zaoberajú skúmaním vplyvu výšky zábradlia na celkový priebeh skúmanej udalosti a možnosťami zabránenia fatálnym smrtiacim následkom. Sekundárnym cieľom článku je poukázať na súčasne možnosti forenznej rekonštrukcie pádu z výšky realizovanej pomocou nasadenia simulačného softvéru PC-Crash, konkrétne viactelesového modulu a aplikácie techniky 3D modelovania a 3D laserového skenovania (3D mračno bodov).

1 TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ

1.1 Pády z výšky

Pády z výšky predstavujú z pohľadu forenznej biomechaniky komplexný problém, na ktorého riešenie je možné aplikovať rekonštrukčné techniky a analýzy interakcie medzi ľudským telom a prostredím počas pádu, s cieľom určiť mechanizmus a následky udalosti, t. j. pôsobenie síl na telo počas rôznych fáz pádu. Takáto analýza následne dokáže v súlade so súdno-lekárskym posúdením objasniť interakciu ľudského tela s prostredím a určiť pravdepodobnú technickú príčinu vzniku forenzne relevantnej udalosti [1,2,3,4]. Kľúčové faktory, ktoré sa pri analýze a rekonštrukcii pádu zohľadňujú sú najmä: výška pádu, poloha tela počas pádu, typ povrchu dopadu, uhol a smer dopadu, hmotnosť a stav kostrovo-svalového systému osoby a iné. Na základe týchto parametrov je následne možné:

- určiť/predpokladať pravdepodobný mechanizmus zranenia,
- analyzovať, či bol pád náhodný, úmyselný alebo spôsobený cudzím zavinením,
- rekonštruovať pozíciu tela pred, počas a po dopade. [3]

Z pohľadu pracovných úrazov patria pády z výšky k najčastejším príčinám smrteľných aj nefatálnych úrazov celosvetovo. Podľa údajov Medzinárodnej organizácie práce ročne zomrie viac ako 2,78 milióna ľudí v dôsledku pracovných úrazov alebo chorôb súvisiacich s prácou, pričom až 374 miliónov osôb utrpí nefatálne poranenia. Pády predstavujú po dopravných nehodách druhú najfrekventovanejšiu príčinu smrteľných neúmyselných úrazov. V sektore stavebníctva ide o jednu z hlavných príčin smrteľných úrazov, čo potvrdzujú štatistiky zo Spojených štátov (38,8 % všetkých úmrtí) a Veľkej Británie (20 % úmrtí pri práci). [5] Počet registrovaných pracovných úrazov na Slovensku sa pohybuje od roku 2015 do roku 2024 približne na úrovni 8 600 prípadov ročne, z toho tvoria v priemere 34 prípadov smrteľné pracovné úrazy a priemerne 78 prípadov tvoria úrazy s ťažkou ujmou na zdraví. Pády ako zdroje smrteľných pracovných úrazov sa pohybujú na úrovni 7 prípadov ročne, pričom Národný inšpektorát práce [6] kategorizuje pracovné, pripadne cestné dopravné priestory ako zdroje pádov zamestnancov do troch podskupín a to:

- Vnútropodnikové pracoviská (komunikačne priestory) akejkoľvek úrovne.

- Ostatné zvýšené pracoviská - pády zamestnancov z výšky (najpočetnejšia podskupina).
- Priehlbiny, jamy, nezakryté otvory (pri pracovisku akejkoľvek úrovne) - pády zamestnancov do hĺbky. [6]

1.2 Forenzná biomechanika

Prvé poznatky z oblasti biomechaniky sa začali uplatňovať približne od 70. rokov 20. storočia, najprv v kontexte kriminalistiky a neskôr pod názvom forenzná biomechanika. Jej využitie závisí od povahy forenzne a kriminalisticky relevantného deja – predovšetkým od toho, či obsahuje informácie o pohybe a telesných vlastnostiach človeka, ako je napríklad jeho svalovo-kostrový systém. Z praxe vyplýva, že osoba, ktorá stopu zanechala, spôsobí na mieste takú materiálnu zmenu, ktorá odráža jej telesné vlastnosti a pohybové správanie. Takéto zmeny v prostredí predstavujú funkčný a dynamický prejav pôsobiaceho človeka. Forenzná biomechanika využíva fyzikálne zákony, matematické výpočty a počítačové modely a ako interdisciplinárna veda prepája poznatky mechaniky, anatómie, biológie a fyziológie. Vďaka tomu dokáže analyzovať príčiny rôznych zranení, napríklad následkom pádov, pošmyknutí či zakopnutí. Skúma mechaniku ľudského pohybu riadeného svalovým aparátom a vypracúva odborné posudky, napríklad pri určovaní okolností vzniku zranení pri násilných útokoch, dopravných nehodách, pádoch či samovraždách. Rovnako posudzuje, či bol konkrétny pohyb alebo úkon možný bez zásahu inej osoby. V občianskoprávnych sporoch sa uplatňuje najmä pri analýze pádov bez svedkov.[3] Forenzná biomechanika vychádza z biomechaniky ako materskej disciplíny, no postupne si buduje vlastnú bázu poznatkov, špecializované metódy a výskumné smery. Skúsenosti zo znaleckej praxe prispievajú k presnejšiemu vymedzeniu jej možností pri znaleckom dokazovaní. Ako dynamicky sa rozvíjajúca súčasť forenzných vied významne prispieva k objasňovaniu a riešeniu otázok v trestnoprávnych aj občianskoprávnych konaniach, najmä pri hodnotení telesných zranení a analýze stôp na mieste činu. Pri forenznom skúmaní je mimoriadne prínosná najmä pri trestno-právnom skúmaní v rámci technickej analýzy forenzne relevantných dejov, najmä cestných dopravných nehôd a pádov z výšok, ďalej pri stanovovaní výšky a miesta pádu, životaschopnosti po dopade, hodnotení vierohodnosti výpovedí svedkov alebo obvinených a posudzovaní kompatibility zranení s uvádzaným scenárom. Kľúčovú úlohu zohráva tiež realizácia biomechanických rekonštrukcií a analýz pomocou matematicko-fyzikálnych a výpočtových modelov, 3D simulácií, rekonštrukcií pohybu či experimentálnych skúšok, napríklad s figurínami alebo senzormi. [1,2,3,4]

Na účely trestného konania v podmienkach Slovenskej republiky sa znalecké úkony vykonávajú ad hoc, spravidla interdisciplinárne, a to v rámci znaleckých ústavov alebo univerzitných pracovísk, ako je napríklad Ústav znaleckého výskumu a vzdelávania Žilinskej univerzity v Žiline.

2 PREHĽAD PUBLIKÁCIÍ K RIEŠENEJ PROBLEMATIKE

V minulosti vzniklo viacero publikácii venovaných tejto alebo obdobnej problematike, napr.:

- Lau, Ooi a Phoon (1998) analyzovali smrteľné pády z výšky v Singapure a potvrdili súvislosť medzi výškou pádu, vekom a závažnosťou zranení. [7]
- Adamec a kol. (2010) využili modely ľudských tiel v programe MADYMO na rekonštrukciu pádov z výšky 13,8 m a do jamy hlbokej 2,5 m. [8]
- Wach a Unarski (2014) rekonštruovali pád na schodisku bytového domu pomocou PC-Crash a parametrických simulácií, čím určili najpravdepodobnejšiu polohu pred pádom. [9]

- Zhou a kol. (2016) vytvorili model hlavy 10-ročného dieťaťa, validovaný testami a použitý rekonštrukcii pádu detského subjektu na betónový povrch. [10]
- Meng a kol. (2017) predstavujú výsledky experimentálneho výskumu pádov ľudského tela s cieľom identifikovať významné charakteristiky a parametre. Výskum sa zameriava na najčastejšie typy pádov – pády dopredu a dozadu. Diskutované sú výsledky testov, ktoré poskytujú údaje o správaní a hodnotách biomechaniky pádu. [11]
- Zlatar a kol. (2019) analyzovali prípady pádov z výšky s cieľom zistiť, ktoré opatrenia na riadenie rizík najčastejšie chýbali alebo boli nedostatočne uplatnené, a aké to malo dôsledky v závislosti od výšky pádu. Zistilo sa, že vo väčšine prípadov bolo možné pádom predísť, najmä lepšou aplikáciou postupov práce, zábradlí, hodnotenia rizík a používania plošín či lešení. [5]
- Kolla a Malinová (2021) sa venujú forenznej biomechanickej analýze fyzických útokov, najmä prípadom strčenia, kde svedkovia uvádzajú odlišné verzie pádu obete. Skúmajú, či a do akej miery môže byť človek útokom strčením odhodený. [12]
- Kolla a kol. (2024) predstavujú metodiku 3D modelovania pre rekonštrukciu a biomechanickú analýzu pádu človeka do stiesneného priestoru betónovej skruže. Zameriavajú sa na tvorbu 3D modelu miesta činu a simulačného modelu tela s vyššou biomechanickou vernosťou. [4]

3 REÁLNY PRÍPAD PÁDU Z VÝŠKY

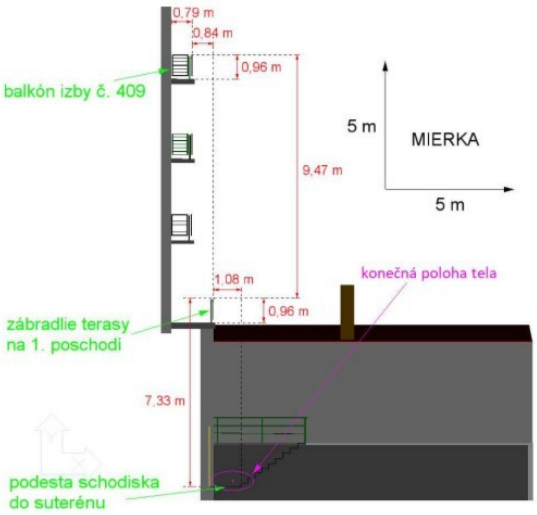
V tejto časti článku bude odprezentovaný príklad simulačnej rekonštrukcie pádu ľudského subjektu z výšky (z balkóna hotelovej izby) vo virtuálnom prostredí prostredníctvom simulačného programu pre analýzu dopravných nehôd PC-Crash [13]. V rámci základných informácií o prípade je nevyhnutné zmieniť nasledovné: došlo k pádu 28-ročnej ženy (výška - 170 cm, váha - 60 kg) z balkóna na 4. poschodí hotela, pričom utrpela smrteľné poranenia v oblasti drieku a hlavy, v krvi jej namerali 2,73 g/kg etanolu. Okrem konečnej polohy tela a zranení bolo zdokumentované aj poškodené zábradlie na terase 1. poschodia a výška zábradlia balkóna bola 0,96 m, miesto činu bolo spracované do 3D modelu. Bližšie informácie o prípade a vstupných údajoch pre rekonštrukciu pádu sú uvedené v [1,2].

3.1 Metodika spracovania prípadu

V rámci získania veľmi presného a pre účely simulačnej rekonštrukcie vhodného polohopisu miesta činu bolo realizované 3D laserové skenovanie vonkajšej časti hotela prístrojom Faro FocusS 350 s presnosťou ± 1 mm. Bližšie informácie k popisu polohopisu miesta činu/pádu sú uvedené článku Komparatívna analýza vplyvu výšky zábradlia na priebeh pádu [2]. Na Obr. 1 je znázornený pohľad na vytvorené mračno bodov a priestorový pohľad na CAD model predmetnej časti hotela a na Obr. 2. je znázornený bočný pohľad na výškové parametre polohopisu miesta činu. V súvislosti s nadväznou analýzou vplyvu výšky zábradlia hotelovej izby na pád sa zdôrazňuje, že výška balkóna v čase dokumentácie miesta činu bola 0,96 m (Obr. 2.).

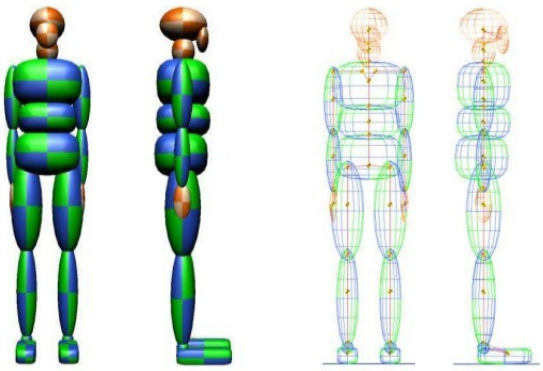
Obrázok 1: Pohľad na mračno bodov exportované z prístroja Faro Focus^{S} 350 (vľavo) a na vytvorený 3D CAD model (vpravo) predmetnej časti hotela [1]

Rekonštrukcia pádu bola realizovaná simulačne v programe PC-Crash [13] s využitím modulu viactelesového systému. Pre tento účel bol vytvorený presnejší biomechanický model poškodenej podľa metodiky [14, 15], so zlepšenou presnosťou v kľúčových oblastiach.



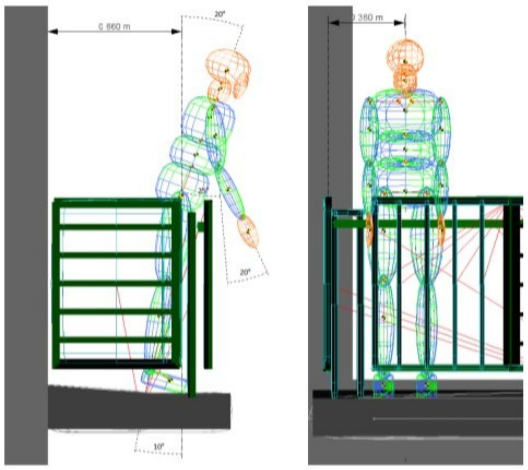
Obrázok 2: Bočný pohľad na výškové parametre polohopisu miesta činu [1]

Podrobnosti k modelu sú uvedené v článku *3D modelovanie pre potreby simulačnej rekonštrukcie pádu ľudského subjektu z výšky* [1]. Na Obr. 3 sú zobrazené pohľady na model spredu a zboku, výška modelu vo vzpriamenej polohe je 1,72 m a hmotnosť 60 kg a polohy ťažísk segmentov a anatomických kĺbov.



Obrázok 3: Pohľad na model a na vnútornú štruktúru modelu ľudského tela poškodenej [1]

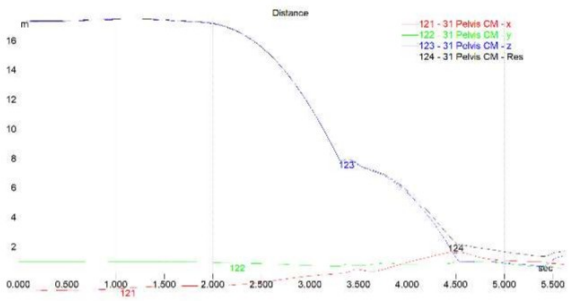
Simulačná rekonštrukcia pádu prebiehala iteratívne a parametricky až do dosiahnutia zhody so zadokumentovanými stopami. Výpočty boli realizované s integračným krokom 0,1 ms. Geometrické okrajové parametre výsledku sú znázornené na Obr. 4.



Obrázok 4: Pohľad na polohu modelu tela poškodenej na začiatku simulácie sprava (vľavo) a spredu (vpravo) [2]

3.2 Výsledky rekonštrukcie

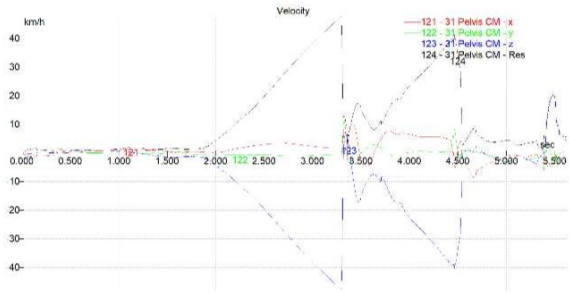
Priestorový pohľad na simulačný výpočet pádu modelu tela poškodenej je odprezentovaný v publikácii *Komparatívna analýza vplyvu výšky zábradlia na priebeh forenzne relevantného deja pádu z výšky* [2]. Na nasledujúcich grafoch (Obr. 5 a Obr. 6) je znázornený graf dráha – čas a rýchlosť – čas pre ťažisko panvy modelu tela poškodenej.



Obrázok 5: Graf dráha – čas pre ťažisko modelu tela poškodenej [2]

Na základe rekonštrukcie bolo zistené, že k pádu došlo samovoľným preklopením tela dopredu cez zábradlie, pričom ťažisko tela

(panvy) prekonalo zvislú dráhu približne 16,7 m. Nárazová rýchlosť driekovej oblasti do zábradlia terasy bola približne 13,2 m/s (47,6 km/h), pričom po náraze došlo k poklesu rýchlosti, takže pri dopade na schodisko mala poškodená rýchlosť približne 11,1 m/s (40 km/h).



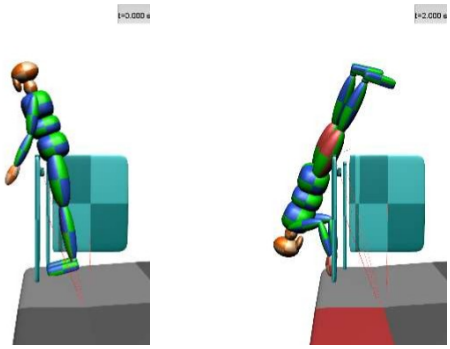
Obrázok 6: Graf rýchlosť – čas pre ťažisko modelu tela poškodenej [2]

4 PRESKÚMANIE VPLYVU VÝŠKY ZÁBRADLIA NA PÁD

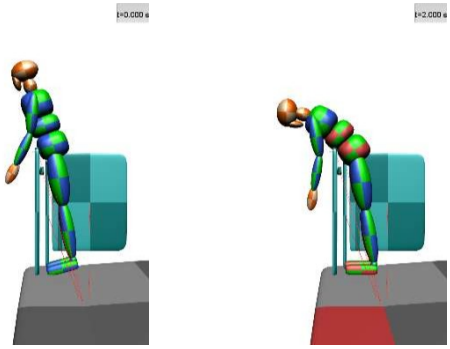
V kontexte Vyhlášky č. 532/2002 Z. z. musí byť každá pochôdzna plocha, kde hrozí pád osôb (napr. aj balkón), zabezpečená ochranným zábradlím alebo inou zábranou, ktorá odolá zaťaženiu vo vodorovnom aj zvislom smere. [16]

Zábradlia sa štandardne navrhujú a zhotovujú podľa noriem STN 74 3305:2014 a v prípade dočasných systémov podľa STN EN 13374+A1. Vyhláška ďalej stanovuje minimálne výšky zábradlia a to základná výška (1 000 mm), znížená výška (900 mm, pri hĺbke voľného priestoru do 3 m), zvýšená výška (1 100 mm, pri hĺbke nad 12 m alebo pri zvažujúcich sa plochách) a zvláštna výška (1 200 mm, pri hĺbke nad 30 m). [2, 17, 18]

Rekonštrukcia potvrdila, že k prepadnutiu poškodenej došlo pri výške zábradlia 0,96 m a analogicky rovnako by k nemu došlo aj pri výške 0,9 m. Na Obr. 7 je zobrazené simulačné porovnanie pohybu tela pri výške zábradlia 0,96 m a 1,00 m, pri zachovaní ostatných parametrov výpočtu. [2]



Variant 1: Výška zábradlia 0,96 m



Variant 2: Výška zábradlia 1,00 m

Obrázok 7: Zľava doprava zhora nadol: Poloha tela na začiatku výpočtu a 2,00 s od začiatku výpočtu pre variant 1 a variant 2 [2]

5 ZHRNUTIE A ZÁVER

Hlavným cieľom predloženého článku bolo odprezentovať prístup situačnej rekonštrukcie pádu ľudského subjektu z výšky a poukázať na významné riziko pádov spojených s nedostatočným konštrukčným riešením stavebných prvkov, v tomto prípade s nedostatočnou výškou zábradlia balkóna hotelovej izby. Ako bolo odprezentované v kapitole 3 tohto článku, je nesporné, že výška zábradlia má signifikantný vplyv na riziko prepadnutia cez zábradlie, pričom je na základe výsledkov možné konštatovať a zovšeobecniť nasledujúce poznatky:

- K prepadnutiu poškodenej došlo pravdepodobne samovoľným

dopredným pádom cez hornú hranu zábradlia vo výške 0,96 m.
- Pri výške zábradlia 1 m a viac (t. j. 1,1 m alebo 1,2 m) by za rovnakých podmienok k pádu nedošlo.
- Výška 0,96 m bola v súlade s legislatívou (Vyhláška č. 532/2002 Z. z.), (min. 0,9 m).
- Z technického hľadiska však táto výška leží pod úrovňou ťažiska tela značnej časti populácie, pri výške poškodenej (1,7 m) a hmotnosti 60 kg je to ešte prijateľné, avšak pre viac než polovicu mužskej populácie SR s väčšími telesnými parametrami by už nebola bezpečná ani z pohľadu biomechanickej statiky. [2]

V druhom rade mal predložený článok za cieľ predstaviť a priblížiť postup vytvorenia 3D modelu miesta činu a jeho nepochybné významné miesto a efektívne praktické nasadenie v tejto oblasti a taktiež vytvorenie matematicko-fyzikálneho modelu ľudského tela ako podklad pre simulačnú rekonštrukciu pádu z výšky. Tieto modely sa následne použili v iteratívnom numerickom výpočte, aby sa dosiahla zhoda so zadokumentovanými stopami a technická logika pádu. Výhodou je, že opísaná metóda je univerzálne využiteľná pri forenznom posudzovaní pádov s použitím softvéru PC-Crash. [1]

POĎAKOVANIE

Tento príspevok bol vypracovaný v rámci projektu APVV-20-0626: Biomechanicky verná náhrada ľudského tela pre zvýšenie objektivity forenznej analýzy cestných dopravných nehôd.

This work was created within the project APVV-20-0626: Biofidelic human body surrogate to increase the objectivity within the forensic analysis of road traffic accidents.

Tento príspevok bol vypracovaný v rámci projektu VEGA: 1/0775/24: Zvýšenie presnosti stôp pre účely kriminalisticko-technickej a expertíznej činnosti.

This work was created within the project VEGA: 1/0775/24: Increasing the accuracy of 3D trace documentation for the purposes of forensic-technical and expert activities

Financované EÚ NextGenerationEU prostredníctvom Plánu obnovy a odolnosti SR v rámci projektu č. 09I03-03-V05-00002.

Funded by the EU NextGenerationEU through the Recovery and Resilience Plan for Slovakia under the project No. 09I03-03-V05-00002.

POUŽITÁ LITERATÚRA

[1] KOLLA, Eduard, Veronika ADAMOVÁ. 3D modelovanie pre potreby simulačnej rekonštrukcie pádu ľudského subjektu z výšky. *Krízový manažment.* Žilina: EDIS, vydavateľstvo UNIZA, 22, 2/2023, s. 55-63. ISSN 2730-0544.

[2] KOLLA, Eduard, Veronika ADAMOVÁ, Lukáš SZABO. Komparatívna analýza vplyvu výšky zábradlia na priebeh forenzne relevantného deja pádu z výšky. *Krízový manažment.* Žilina: EDIS, vydavateľstvo UNIZA, 2024, 23, 2/2024, s. 83-91. ISSN 2730-0544.

[3] STRAUS, Jiří. *Forenzní biomechanika Teoretické, experimentální a empirické metody.* Praha: VŠFS, 2021. ISBN 978-80-7408-219-1.

[4] KOLLA, Eduard, Veronika ADAMOVÁ, František ŠTULLER. 3D modelovanie pre potreby simulačnej rekonštrukcie pádu ľudského subjektu do betónovej skruže. *Forenzní vědy, právo, kriminalistika*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a.s., 2024, 9, 1/2024, s. 54-70. ISSN 2533-4395.

[5] ZLATAR, Tomi, Eliane Maria Gorga LAGO, Willames de Albuquerque SOARES, João dos Santos BAPTISTA a Béda BARKOKÉBAS JUNIOR. Falls from height: analysis of 114 cases. *Production* [online]. 2019, 29. ISSN 1980-5411. Dostupné z: doi:10.1590/0103-6513.20180091

[6] Štatistika úrazov. cit. [13-08-2025]. Dostupné na:

https://ebts.besoft.sk/odborne-informacie/statistika-urazov.

[7] LAU, G. a kol. Fatal falls from a height: The use of mathematical models to estimate the height of fall from the injuries sustained. *Forensic Science International*, roč. 93, č. 1, 1998, 33-44, ISSN 0379-0738, DOI: 10.1016/S0379-0738(98)00027-9.

[8] ADAMEC, J. a kol. Forensic Biomechanical Analysis of Falls from Height Using Numerical Human Body Models. *Journal of Forensic Sciences*. 2010, ISSN: 1556-4029. DOI: 10.1111/j.1556-4029.2010.01445.x.

[9] WACH, W. a kol. Fall from height in a stairwell – mechanics and simulation analysis. *Forensic Science Internationa*l. Volume 244, 2014, 136-151, ISSN 0379-0738, DOI: 10.1016/j. forsciint.2014.08.018.

[10] ZHOU, Z. a kol. Numerical simulations of the 10-year-old head response in drop impacts and compression tests. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. 2016. č. 131, s. 13-25, ISSN 0169-2607, DOI: 10.1016/j. cmpb.2016.04.013.

[11] MENG, Libo a kol. A Falling Motion Strategy for Humanoids Based on Motion Primitives of Human Falling. *Ferraresi*, C., Quaglia, G. (eds) Advances in Service and Industrial Robotics. RAAD 2017. *Mechanisms and Machine Science*. č. 49. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-319-61276-8_29.

[12] KOLLA, Eduard, Katarína MALINOVÁ. Experimentálna verifikácia vzdialenosti odhodenia ľudského tela pri útoku strčením. *Trilobit*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky. 2021. 3/2021. ISSN 1804-1795.

[13] PC-Crash 11.1, operačný a technický manuál, DSD, Linz, Rakúsko,2017.

[14] KOLLA, Eduard (2016). Biofidelic human body modelling using mutlibody approach. In Proceedings from X. international science-technical conference Automotive Safety 2016, Kielce, Poland.

[15] KOLLA, Eduard, Pavol KOHÚT. (2015) Virtual human body model for PC-Crash. In Proceedings from 24th annual congress of the EVU. Edinburgh, UK.

[16] Vyhláška MŽP SR č. 532/2002 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o všeobecných technických požiadavkách na výstavbu a o všeobecných technických požiadavkách na stavby užívané osobami s obmedzenou schopnosťou pohybu a orientácie.

[17] STN 74 3305: 2014 Ochranné zábradlia.

[18] STN EN 13374+A1 Dočasné bočné ochranné a záchytné systémy

Ročník 2, číslo 2, 2025
swarm.craa.cz, ISSN 3029-7508
Safety, Work And Rescue Magazine, doi.org/10.71319/swarm2502.12-20
https://swarm.craa.cz/smrtelne-nehody-ceskych-a-slovenskych-potapecu-1965-2025

Smrtelné nehody českých a slovenských potápěčů (1965-2025)
Diving Fatalities of Czech and Slovak Divers (1965-2025)

Jiří Hovorka[1], Ondřej Belica[2]

[1] Svaz potápěčů České republiky; hovorka_jiri324@centrum.cz
[2] CRAA – Ústav bezpečnosti práce ve výškách, z. ú.; obelica@lezectvi.cz

Typ článku
Původní práce

Klíčová slova
Potápění, potápěč, nehoda, úmrtí.

Type of Paper
Original Research

Keywords
Accident, diver, diving fatality, scuba diving.

Open Access článek s CC BY licencí

Abstrakt
Článek se zabývá 185 fatálními potápěčskými nehodami českých a slovenských potápěčů, k nimž došlo za posledních 60 let u nás i v zahraničí. Přináší jejich základní přehled a seskupuje je podle nejčastějších příčin, jimiž jsou rozdělení buddy týmu či sólo ponor, zdravotní indispozice, ponory v prostředí bez volné hladiny, neodpovídající výstroj a nádechové potápění.

Abstract
The article deals with 185 diving fatalities involving Czech and Slovak divers that have occurred in the last 60 years in their countries and abroad. It provides a basic overview of accidents and groups them according to the most common causes, which are buddy team separation or solo diving, health conditions, overhead environment, inappropriate equipment and freediving.

Úvod

Ačkoliv jsou Česká republika i Slovensko vnitrozemské státy bez přímého přístupu k moři, pro mnoho jejich obyvatel, napříč generacemi, je potápění oblíbenou sportovní či zájmovou aktivitou. Mnozí z nich se aktivně potápějí celoročně, jiní pouze občas rekreačně v průběhu letní dovolené. Věnují se jak nádechovému potápění (freediving), šnorchlování, tak v neposlední řadě i přístrojovému potápění. Navíc v souvislosti s vodními díly a jejich údržbou vykonávají desítky potápěčů pracovní potápění jako svou profesi (s přívodem dýchacího média z hladiny). Potápěním se v souvislosti s plněním služebních úkolů zabývají i příslušníci policie, hasičského záchranného sboru a ozbrojených sil.

Do roku 1989 se českoslovenští potápěči potápěli (až na výjimky) převážně v bývalém Československu, zejména v jezerech, zatopených lomech, přehradách, řekách či jeskyních. Teprve až po revoluci mohli začít za potápěním cestovat, a to nejen na Balt či Jadran, ale i do (sub)tropů či za polární kruh. Přesto se české a slovenské potápěčské lokality stále těší značné oblibě u mnohých potápěčů a dokonce je navštěvují i potápěči ze sousedních států.

Pohyb člověka pod vodní hladinou je však pobytem v nedýchatelném prostředí a veškeré dýchací médium nezbytné k přežití musí nést s sebou, případně mu musí být dodáváno z hladiny. Odvod tělesného tepla prouděním a vyšší okolní tlak kladou značné požadavky na lidský organismus. Potápěč je tak vystaven zvýšenému riziku ohrožení života nebo zdraví. Nedostatečný výcvik, špatný zdravotní stav (příp. momentální zdravotní

indispozice), lidská chyba, ztráta dýchacího média, selhání výstroje, zamotání se do překážek a mnoho dalších faktorů se mohou snadno stát příčinou nehody. Ta nezřídka končí úmrtím potápěče.

1 MATERIÁLY A METODY

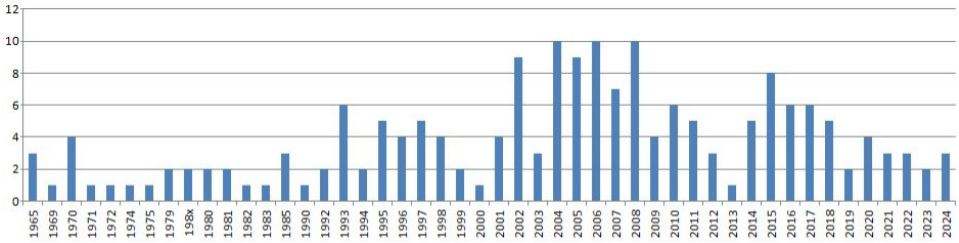
Článek se zabývá výhradně smrtelnými nehodami českých a slovenských potápěčů (včetně šnorchlařů a freediverů), k nimž došlo jak na území České republiky a Slovenska (příp. Československa), tak i v zahraničí. Nezahrnuje nehody zahraničních potápěčů, k nimž došlo na území České republiky, Slovenska, příp. Československa, přestože k takovýmto smrtelným nehodám také dochází [1]. Nejsou v něm uvedeny ani úmrtí při zoufalých pokusech o útěk za železnou oponu v období totality, o něž se pod vodou pokusili například J. Škop či B. Bartoněk [2, s. 100] a další nešťastníci, o nichž na svých přednáškách hovořil PhDr. Ivo Pejčoch, Ph.D. z Vojenského historického ústavu. Nezabývá se potápěčskými nehodami, které jsou sice vážné, avšak naštěstí nekončí úmrtím potápěče [3].

Při hodnocení fatálních potápěčských nehod našich potápěčů vycházím z databáze, kterou vedu od roku 1965 dodnes. Záznam není jistě úplný, zvláště v posledních letech, nicméně ze 185 případů lze zjistit určité závislosti. Moji statistiku doplňují některé zahraniční práce.

Z dostupných informací v databázi byla extrahována veškerá relevantní data o demografických údajích, zdravotním stavu, zkušenostech a okolnostech ponoru (byť závěry mohou být pouze přibližné, neboť vstupní data nemusí být úplná a není jich mnoho). Dále byly analyzovány možné příčiny nehod, vnější faktory, limitující okolnosti a okamžik, kdy k nehodě došlo (zda v průběhu ponoru nebo až po jeho ukončení). Pozornost byla věnována i způsobu, jakým se poškozený potápěč dostal zpět na povrch.

Pro potřeby porovnání podle pohlaví, věku, příčin a okamžiků nehod byly nehody seskládány do skupin a z nich vypočteny průměry (vč. směrodatných odchylek) a mediány.

Limitujícími faktory byla vstupní data, neboť v ČR ani na Slovensku neexistuje dostupný centrální registr potápěčských nehod (ani jednotný způsob vedení záznamů či členění do kategorií[1], jak je tomu zvykem někde v zahraničí [4, s. 223]). Je tak možné, že některé potápěčské nehody v použité databázi vůbec nejsou, neboť zdrojem dat databáze jsou informace získané v rámci potápěčské komunity, či dostupné z médií. V některých případech chybí jakékoliv bližší informace o nehodě, o zúčastněných osobách (včetně zesnulého), o průběhu a bližších okolnostech nehody.



Obrázek 1: Vývoj nehodovosti českých a slovenských potápěčů

2 VÝSLEDKY

V letech 1965-2025 (do poloviny roku 2025) byly zaznamenáno 185 smrtelných potápěčských nehod českých a slovenských

[1] Predispozice (relevantní faktory předcházející ponoru a/nebo mimořádné události pod vodou), spouštěče (to, co proměnilo ponor v nouzovou situaci), omezující faktory (činnosti nebo okolnosti spojené se spouštěčem, které způsobily zranění nebo onemocnění) zneschopňující stavy (stav, který vedl přímo k úmrtí anebo zneschopnil potápěče takovým způsobem, že utonul) a příčina smrti (tak, jak je uvedena v pitevní zprávě)[4, s. 223].

potápěčů. K 21 z těchto nehod došlo v Československu, k 55 nehodám došlo v České republice a ke 12 nehodám došlo na Slovensku. Zbývajících 97 nehod připadá na zahraničí (41 - HR; 12 - EG; 9 - AT; 6 - F; 5 - I; 3 - DDR - 3, GR, ID; 2 - MV, PH, USA; 1 - CO, CY, DE, JO, NO, PL, PT, TH a YU).

U nás došlo k nejvíce nehodám ve Svobodných Heřmanicích (13), na Barboře (7), Orlíku (5), Dalešicích (3) a na Slapech a Miličíně (v obou případech po 2 nehodách). K 10 nehodám došlo v československých jeskyních (jeskyně 13C, Amatérská jeskyně, Hranická propast, Lopač, Teplica, jaskyňa Slobody, Morské oko – Tornala, Zlatá diera) a ke 3 v dolech (Čermná, Chrustenická štola). Ke dvěma úmrtím došlo v bazénech.

2.1 Složení poškozených

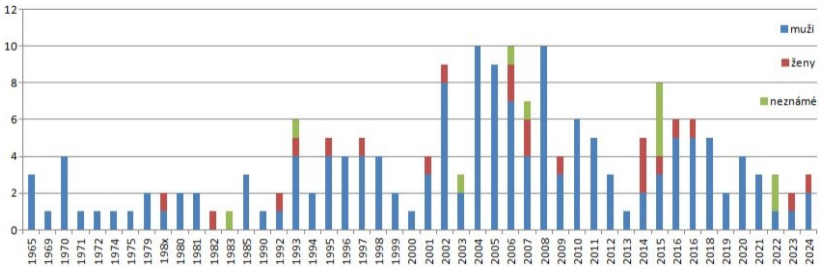
Ve 153 případech se jednalo o muže, ve 21 případě o ženu a v 11 případech se autorům nepodařilo zjistit pohlaví oběti.

U známých případů byl průměrný věk zesnulých potápěčů 38,87 let (medián 38 let). U mužů průměrný věk činil 37,97 let (medián 37 let), u žen 43,5 let (medián 42,5 let) a v osmi případech z jedenácti, u nichž není autorům známo pohlaví, pouze věk, byl věkový průměr 41,75 let (medián 47 let). Věkové složení zobrazuje tabulka 1.

Tab. 1: Nehodovost v závislosti na věku

Věkové rozmezí	Počet nehod	Podíl
15-19	7	3,8 %
20-29	28	15,1 %
30-39	31	16,8 %
40-49	27	14,7 %
50-59	15	8,1 %
60-69	10	5,4 %
>69	1	0,5 %
neznámý věk	66	35,7 %

Ve dvou případech byla doložena nadměrná konzumace alkoholu večer a krátce před ponorem, v jednom případě požití silných sedativ (v dalším analgetik/barbiturátů), v jednom z případů špatná kondice potápěče, v dalším značně vysoký cholesterol a v jednom z případů i astma. Jelikož ale nejsou k dispozici data u všech případů, nelze vliv alkoholu, sedativ, fyzické kondice, cholesterolu či astmatu statisticky zohlednit na všechny české a slovenské potápěčské nehody.



Obrázek 2: Nehodovost CZ/SK potápěčů v závislosti na pohlaví

2.2 Predispozice

K naprosté většině nehod došlo při přístrojovém potápění. Konkrétně k 154, z toho 5 při použití směsí a 10 při ponoru s rebreatherem. Ke 3 nehodám došlo při provádění potápěčských prací (z toho 1 při ponoru na nádech). Dále 14 nehod bylo při nádechovém potápění[2] (z nichž jedna při pracovním potápění, viz předchozí věta) a 6 nehod při šnorchlování. V případě 7 nehod nejsou bližší okolnosti známy a u 1 nehody zasáhla vyšší moc (převrácená loď před ponorem).

Nehody se nevyhnuly ani těm nejzkušenějším potápěčům. V 7 případech se jednalo o instruktory potápění (z nichž u 2, shodou okolností instruktor trenérů, instruktorů jeskynního a technického potápění se problém projevil až po vynoření), o 6 potápěčů třetího kvalifikačního stupně (vedoucí potápěč), o 6 jeskynních potápěčů, 4 rebreatherové a/nebo trimixové potápěče a 5 potápěčů s hasičskou potápěčskou kvalifikací. Na

[2] Leckde v zahraničí jsou nehody nádechových potápěčů a šnorchlařů samostatnou kategorií potápěčských nehod [5, s. 1].

druhou stranu (přinejmenším) v 8 případech potápěč žádnou kvalifikaci neměl, 31 z nich měl základní kvalifikační stupeň a v 8 případech se jednalo o potápěče ve výcviku. U 81 potápěče nejsou dostupné žádné informace o jejich kvalifikacích, byť přinejmenším v 7 případech se jednalo o dlouholeté, zkušené, příp. technické potápěče.

Za úmrtí necertifikovaných potápěčů lze považovat i takové, kdy zemřeli při překračování limitů své stávající kvalifikace. Například při použití směsí, nebo potápění pod ledem či v jeskyni bez odpovídajícího výcviku. V jednom případě tělo potápěče bez jeskynní kvalifikace po nehodě kolegové solidárně přepravili do nedalekého vodního díla.

2.3 Průvodní jevy

Ne vždy k nehodě došlo pod vodou. Pod tou došlo ke 127 nehodám. U dalších 4 pod vodou nastala nějaká mimořádná událost, v jejímž důsledku se potápěč rychle vynořil na hladinu a následně se propadl pod vodu. Ve 3 případech se potápěč v pořádku vynořil a poté se propadl dolů. V 7 případech problém nastal po vynoření na hladinu, tedy až po ponoru. K 9 nehodám došlo na hladině. Ještě před ponorem došlo ke 2 nehodám, po nichž následoval pád do hloubky. V 1 případě nastala mimořádná událost ještě na hladině před ponorem, takže k ponoru ani nedošlo. U 32 událostí chybí bližší informace.

Úmrtí pod vodou nastalo s největší pravděpodobností v 88 případech (z toho v 71 případě tato pravděpodobnost téměř hraničí s jistotou). Ve 44 případech k úmrtí došlo pravděpodobně až na hladině. Dalších 13 úmrtí nastalo až v nemocnici. U 40 případů chybí informace.

V 1 z případů došlo k nehodě ještě před ponorem, takže potápěč se pod vodu ani nedostal. V 31 případě se potápěč na hladinu dostal sám. Ve 22 případech jej na hladinu dopravil buddy. Po 83 událostech bylo nezbytné tělo nejprve pod vodou vyhledat a na hladinu jej vynést až dodatečně. Ve 3 případech nebyl potápěč nikdy nalezen. U 45 případů chybí informace.

Ne vždy se jednalo o nehodu jednotlivce. V 15 případech došlo ke smrtelné nehodě dvou potápěčů společně najednou[3], v 1 případě dokonce tří potápěčů najednou. Minimálně v 5 případech musel být buddy zesnulého potápěče následně po nehodě hospitalizován (přinejmenším v jednom případě to na něm zanechalo doživotní následky).

Značná část nehod byla způsobena zdravotním stavem (viz dále diskuse). Zajímavostí jsou nehody, pravděpodobně způsobené zdravotním stavem, k nimž došlo až po bezpečném vynoření na hladinu (6+2), stejně tako nehoda, u níž ke kolapsu došlo ještě před ponorem. Souvislost s potápěním spíše okrajová je nehoda potápěče v případě převrácené lodi cestou na lokalitu/z lokality, stejně tak jako nehoda dvojice potápěčů, kteří byli za silného vlnobití vysazeni příliš blízko útesu, o něhož je vlnobití následně utlouklo. Minimálně ve 3 případech bylo příčinou nehody přejetí člunem na hladině (z toho v jednom případě poškozenému člun amputoval končetinu, a ten vykrvácel).

V několika případech mohla mít na nehodě podíl další osoba, ať už domněle zkušenější potápěč, jemuž zesnulý slepě důvěřoval, nebo v jiném případě jeřábník vytrhl štětovnici, takže se celé hrazení prolomilo a potápěče to vtáhlo do výpusti. U některých případů je možné, že se nejednalo o nehodu, ale o záměrnou věc, existují totiž 3 podezření na sebevraždu a 1 podezření na pojišťovací podvod.

[3] jeden ze zesnulých není výše ve statistice zahrnut, jednalo se o zahraničního potápěče, který byl zesnulému českému potápěči předělen jako buddy pro ponor na zahraniční dovolené.

3 DISKUSE

Statistické hodnocení potápěčských nehod se může zdát kontroverzní: vyšší počet případů sice zpřesňuje vyhodnocení, ale na druhou stranu tvoří negativní položku, kterou chtějí jak instruktoři, tak samotní potápěči z logických důvodů snížit. Nicméně z těch 185 případů lze vyvodit nějaké závěry. Základem je tabulka okolností nehod (viz tabulka 2), která ovšem musí být komentovaná. *Tento komentář mohu při své 65leté potápěčské a 49leté instruktorské praxi nabídnout.*

Tab. 2: Přehled okolností nehod

Průvodní okolnost/pravděpodobná příčina nehody	Počet nehod
sólo ponor nebo rozdělení dvojice	65
zdravotní problémy (infarkt)	32
potápění v jeskyních	21
potápění na nádech (freediving)	20
nepoužití nebo nevhodné úpravy DT	10
potápění pod ledem	9

V některých případech příčina zjištěna nebyla, případně byla překryta jinou nebo příčin bylo více, ty pak jsou zachyceny vícenásobně.

Rovněž s ohledem na omezené informace o mnohých z nehod nelze jednoznačně stanovit jejich příčinu (tedy nelze určit, zda příčinou nehody byly např. momentální zdravotní indispozice, ztráta dýchacího média, ztráta orientace, selhání techniky atp.). O málo více poznatků je o okolnostech nehod, které samy o sobě příčinou nehody nejsou, ale ke vzniku nehody přispěly (např. ponor bez přístupu na hladinu, rozdělení buddy teamu, absence odpovídající kvalifikace atp.). Proto s ohledem na omezená vstupní data následující text nebude striktně rozlišovat mezi příčinou a okolností nehody.

Nejčastější příčinou problémů je **sólo ponor** či **rozdělení** partnerů. Pokud by byli v okamžiku nehody dva, tak ten druhý může pomoci. U GUE[4] systému se např. vychází z toho, že pokud jsou na ponoru tři, mohou si lépe pomoci. To je sice myšlenka aplikovatelná na Floridě, odkud tento výukový systém pochází, ale v našich podmínkách, v našich lomech, by ten třetí už nebyl vidět. Sólo ponor jako takový nevede automaticky k fatálním problémům, ale v kombinaci s ostatními možnými problémy, které si potápěči neuvědomují, zvyšuje pravděpodobnost nehody.

Jednou mi starší potápěčka přinesla na servis starý Poseidon, typ Cyklon. Byl nesmírně zanedbaný, všude úsady, ale nejvíce mne zarazilo, že na něm byl jen jeden druhý stupeň. Při předávání servisované automatiky jsem se ptal na další automatiku možného dvojčete. Odpověď mne překvapila: „já se potápím zásadně sama, abych se nemusela o někoho starat.“ Obrácená situace ji očividně nenapadla.

Podobná situace byla u potápěče v roce 2022, na přehradě-rybníku Rozkoš. Je to velice mělká lokalita, max. 14 m, a koncem června i velice teplá. Potápěč měl na sobě suchý oblek s podoblekem, celo-obličejovou masku a dvojče 2 × 15 l. Vzhledem k jeho nevalnému zdravotnímu stavu a technickému stavu výstroje, našly po několika hodinách jeho bezvládné tělo vodní skautky na hladině. Neměl nikoho, kdo by mu ponor rozmluvil nebo jej hned zachránil.

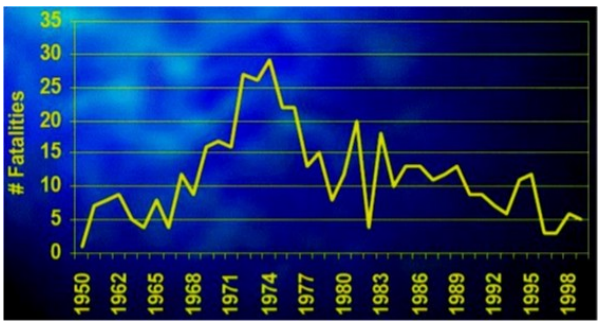
Pokud jde o rozdělení v průběhu ponoru, dochází k němu relativně často. Všechny výcvikové systémy radí: ½–1 minutu hledat, pak vystoupit nahoru a hledat bubliny, případně se za nimi zanořit. Před pár lety došlo k podobnému oddělení na dně Vltavy. Postiženému potápěči došel vzduch v hlavní automatice, přestože manometr ukazoval plný stav. Potápěč měl (dříve se to dělo často) uzavřený ventil italského manifoldu, zapomněl jej otevřít a výstroj před ponorem zkontrolovat.

[4] Global Underwater Explorers

Nastalou situaci řešil ve 40 m po oddělení partnera zoufalým přechodem na stage S80, kde měl EAN40[5] s MOD[6] = 25 m. Byl nalezen až druhý den policejními potápěči.

Zdravotní problémy potápěčů přibývají s jejich věkem. Zde je třeba ocenit přístup SPČR[7], který před zahájením kurzu vyžaduje provedené lékařské prohlídky s platností 1 rok. Většina systémů se spokojí s proškrtáváním x neproškrtáváním seznamu kontraindikací k potápění na formuláři prohlášení. To je sice stvrzeno podpisem účastníka, ale ne každý svůj zdravotní stav skutečně zná, případně může něco zamlčet jen proto, aby se mohl potopit. S přibývajícím věkem přibývá i počet infarktů. Takto zahynul na Korsice v roce 2004 populární zpěvák K. Z. z kapely Spirituál kvintet. Po výstupu zkolaboval a nepodařilo se ho oživit. Bylo mu 55 let a neměl čas se zastavit na objednané vyšetření v nemocnici na Vinohradech, byť o svém kardiovaskulárním problému několik let věděl, leč jej přičítal hraní na kytaru.

Potápění v jeskyních je velmi specifická kategorie. S rozvojem potápění v 50. letech v USA začalo přibývat potápěčů i jejich fatálních nehod, a to i nehod v jeskyních, viz obrázek 3.



Obrázek 3: Přehled smrtelných nehod při potápění v jeskyních v letech 1950–1998 (ze 475 případů jich bylo 401 v USA a 19 – AU, MX; 10 – ZA; 8 – BS; 5 – DE; 2 – BZ, HN, WLS; 1 – CA, JM, NZ, PR, RH, SU, YU)[6, s. 6,8]

Vrchol fatálních případů začátkem 70. let byl způsoben ponory v jeskyních, kterých je na Floridě velké množství a kde se potápěli lidé se zkušenostmi v moři. Jenže ty se od podmínek v jeskyni liší, byť ve floridských jeskyních jsou podmínky relativně dobré, tedy až na strop a tmu. Proto ve zmíněných letech skupina velmi zkušených potápěčů začala se specifickým výcvikem zaměřeným na potápění v jeskyních. Byly vytvořeny Bezpečnostní a výcvikové směrnice pro jeskynní ponory a přístup do jeskyní byl až na výjimky omezen pouze na certifikované potápěče. To vedlo k postupnému snižování počtu fatálních případů v jeskyních i při zvyšování počtu potápěčů.

Počet nehod v jeskyních v případě potápěčů z otevřené vody je oproti počtu nehod kvalifikovaných jeskynních potápěčů asi 20násobný [7, s. 4]. U certifikovaných potápěčů jsou nejčastějšími problémy hloubka, nedostatečný výcvik, nová výstroj, problémy se šňůrou a sólo ponory.

U našich potápěčů je poměrně vysoké množství fatálních nehod v podzemí (v jeskyních a v dolech), celkem 21 případ, ale jen asi u 4 případů lze v jejich případě uvažovat o odpovídající jeskynní kvalifikaci a z těchto sotva polovina odpovídá komplikaci způsobené přímo jeskyní (tma a strop). Za úmrtím jeskynních potápěčů M. Š. a M. Z. v Amatérské jeskyni v roce 1970 stál náhlý vzestup hladiny za sifonem po hlášeném přívalovém dešti [8, s. 1].

Necertifikovaní potápěči měli většinou problémy s vodicí šňůrou nebo jejím nepoužitím (60 %), s neodpovídající nebo nedostatečnou výstrojí, příp. se špatným plánováním zvláště spotřeby vzduchu, a to vše podpořené silnou objevitelskou motivací. Prvním případem v roce 1965 je potápění J. Š. na nádech v kulisách jeskyně 13C a posledním pak pravděpodobně zdravotně problematický J. L. v roce 2018 ve francouzské jeskyni Cabouy. Hodně diskutovaným případem je úmrtí T. S., velice zkušeného instruktora, který se

[5] Enriched Air Nitrox se 40 % O_2
[6] maximum operating depth
[7] Svazu potápěčů České republiky

v roce 2016 ponořil v ponorné řece Ginnie springs na 4,5 hod s RB Liberty. Příčina není jasná, možná šlo o nějakou nedokončenou část dekompresní zastávky na kyslíku, možná o zvýšenou námahu při pohybu s velkým fotoaparátem a dost možná o neodpovídající přednemocniční a nemocniční péči, než na jakou jsou při poskytování potápěči zvyklí u nás.

V 90. letech po otevření hranic začalo mnoho Čechů a Slováků jezdit na Jadran. To vedlo k mnoha krizovým situacím. Celé chorvatské pobřeží je z vápence, zkrasovělé a množství podmořských jeskyní láká potápěče velice čistou vodou. Mnozí z nich ale nevědí, že se na stěnách i na dně usazují nejjemnější sedimenty. Viditelnost, která je při vplutí do jeskyně fantastická, se po proplutí návštěvníkem mění v neprůhlednou bílou stěnu. A vodicí šňůra nikde. Závisí pak pouze na zásobě vzduchu, paměti pro zpětný návrat, a notné dávce štěstí, aby nedošlo k nehodě. J. P. takové štěstí u ostrova Lirica na Žuljaně v roce 1974 neměl.

Potápění na nádech (freediving - FD) je poměrně bezpečné, ovšem potápěč nesmí být sám a nadměrně hyperventilovat. Při hyperventilaci se do plic a krevního oběhu nedostane více kyslíku (O_2), jak se někteří domnívají, ale poklesne obsah oxidu uhličitého (CO_2), který nutí k nádechu, na tak nízkou úroveň, že časově dříve nastoupí mdloby z nízkého obsahu kyslíku. K tomu dochází při tréninku i na závodech. Tam kromě hloubkových potápěčů s dýchacím přístrojem nastupují na posledních asi 20 m nádechoví potápěči s ABC a jistí závodníka, kdyby náhodou omdlel, aby ho mohli hned vytáhnout. Zrádné bývá sólo potápění nebo trénink jako např. v roce 2017, kdy úspěšný freediver M. V. trénoval v jilemnickém bazénu. Tehdy si těch pár lidí s plavčíkem, kteří tam ten večer byli, až za delší dobu všimlo, že jej nevidí delší dobu, než je obvyklé. Bohužel už bylo pozdě.

To je důvod, proč v některých zemích začali na dna bazénů instalovat čidla, která spustí poplach, když se na dně něco nehýbe. Má to význam zejména tehdy, když pro množství osob v bazénu není pořádně vidět na dno.

Nevhodná nebo **chybějící výstroj** je také častým jevem, v horším případě příčinou nehody. Nejčastěji se jedná o chybějící vodicí šňůru, nevhodné úpravy automatik, chybějící servis, nedůsledné ošetření výstroje po ponoru a i chybějící výstroj. To ostatně bylo mj. příčinou skonu V. Ž. v Demänovské dolině a M. N. ve vyvěračce Teplica [9, s. 11], obojí v roce 1994 při jeskynním potápění. Svévolný neodborný zásah do automatiky byl spolupříčinou fatálního konce potápěče K. K. na Vševilech v roce 2015.

Obrázek 4: Vyprošťování těla M. N. z vyvěračky Teplica v roce 1994 [19, s. 58]

S tím úzce souvisí potápění **pod ledem**. Už se zpravidla nechodí ±20–25 m od vstupního otvoru na laně jako dříve, což mělo tu výhodu, že potápěč v nouzi nebo který se nehlásil, mohl být násilím vytažen. Záleželo pouze na tom, zda měl každý svého návodčího nebo byl jeden přivázán k druhému asi dvoumetrovým lanem. Potíž

je v tom, že dále než asi 25 m nelze předávat/přijímat domluvené signály lanem. Jen 2 výukové systémy mají možnost používat vodicí šňůru odvíjenou z navijáku, mj. také Svaz potápěčů. To klade větší nároky na potápěče i instruktora, musí umět s vodicí šňůrou dobře zacházet. Problém je ovšem v poslední době s potápěním na známých lokalitách, kde potápěči často chodí zcela bez vodicí šňůry i bezpečnostních cívek, neboť se domnívají, že to tam dobře znají.

Obrázek 5: Vynášení těla M. N. z jeskyně v roce 1994 [10, s. 58]

Dalším rizikem je zamrzání automatiky, ať vnější či vnitřní, jak prvního, tak druhého stupně. Zásady jsou jasné: suchý vzduch do suché lahve a suchá automatika s protimrazovou úpravou. A nepoužívat současně při nádechu plnění kompenzátoru a suchého obleku. Také nedýchat z automatiky nad vodou. A jakmile k „rozjetí" automatiky dojde, vědět, co dělat a kdy od ponoru raději upustit. To vše se potápěči dozvědí na solidním kurzu potápění pod ledem, včetně nácviku s vodicí šňůrou na suchu. Kombinace nepoužití vodicí šňůry a zamrznutí automatiky vedla k úmrtí P. M. v roce 2004 na Svobodných Heřmanicích [11, s. 23].

Ačkoliv by to možná vydalo na samostatnou kategorii, z pohledu potvrzení příčiny je poněkud ošemetné **přecenění vlastních schopností**. Nejeden potápěč měl značně zkreslené představy o svých schopnostech a dovednostech a potápěl se v podmínkách (hloubkách), v nichž neměl co dělat, případně neměl odpovídající výstroj pro daný ponor. Tím se vystavil zbytečným rizikům, ta podcenil, a nebyl schopen adekvátně reagovat na vzniklou krizovou situaci.

Výše uvedený text sice uvádí počty jednotlivých nehod, avšak z logických důvodů nemůže tyto hodnoty dát do souvislosti s celkovým počtem (českých a slovenských) potápěčů (a podílu potápěček). Zároveň ani nejsou známy informace o počtech ponorů daného typu, stejně tak ani o počtech ponorů dotčených potápěčů. Absence těchto dat poněkud snižuje výpovědní hodnotu informací o počtu nehod. Proto by autoři chtěli apelovat na potápěče, aby v případě, že mají informace o potápěčské nehodě (ať už minulé či budoucí) či jejich účastnících, aby se o tyto informace podělili s potápěčskou veřejností, případně aby je alespoň soukromě autorům poskytnuli. Tato získaná data mohou nejen zpřesnit výstupní informace o potápěčských nehodách, ale zároveň mohou pomoci najít shodné příčiny a okolnosti potápěčských nehod, a tím jim předcházet.

4 SHRNUTÍ A ZÁVĚR

K nehodám dochází, a to i k těm potápěčským. Skutečnost, že se o mnohých mlčí, případně mlží, neznamená, že k nim nedochází. Pokud se o nich nebude mluvit, nebude možné se z nich poučit. A 185 lidských životů není málo. Jejich

připomenutí si může pomoci předejít příštím nehodám. A to je smyslem tohoto článku.

Obecnou prevencí krizových situací a nehod tedy je:

- pravidelná lékařská prohlídka,
- pravidelná údržba a servis výstroje,
- pravidelný potápěčský trénink,
- pravidelný nácvik krizových situací,
- správné plánování ponorů, hlavně spotřeby a kontroly (což je jak součástí výcviku, tak i ponoru).

Neštěstí nechodí po horách, ale… Pod vodou neplatí, že odvážnému štěstí přeje. Přeje pouze dobře a po všech stránkách připravenému a certifikovanému potápěči podle výše uvedených kritérií.

POUŽITÁ LITERATURA

[1] KUDELA, Roman. Smrtelná nehoda potápěče v důsledku vadného vysokotlakého manometru. *CRAA – Ústav bezpečnosti práce ve výškách, z.ú.* [online] 2024. ISSN 2571-0656. Dostupné z: https://craa.cz/2024/03/01/smrtelna-nehoda-potapece-v-dusledku-vadneho-vysokotlakeho-manometru/.

[2] PEJČOCH, Ivo. *Hrdinové Železné opony: útěky do svobodného světa s pomocí neobvyklých technických prostředků v letech 1949-1989*. Cheb: Svět křídel, 2008. ISBN 978-80-86808-52-9.

[3] KUDELA, Roman. Nehoda potápěče v důsledku vdechnutí cizího tělesa. *Safety, Work And Rescue Magazine*. 2024. roč. 1, č. 1, s. 13-21. ISSN 3029-7508. https://doi.org/10.71319/swarm2401.13-21. Dostupné z: https://swarm.craa.cz/nehoda-potapece-v-dusledku-vdechnuticiziho-telesa/.

[4] LIPPMANN, John M. a James CARUSO. The investigation of diving accidents and fatalities. *Diving and Hyperbaric Medicine*. 2024. roč. 54, č. 3, s. 217-224. doi: 10.28920/dhm54.3.217-224. PMID: 39288927; PMCID: PMC11659060.

[5] LIPPMANN, John M. Snorkelling and Breath-Hold Diving Fatalities in Australia—A Review of 317 Deaths. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2025. roč. 22, č. 1 (119). ISSN: 1660-4601. https://doi.org/10.3390/ijerph22010119.

[6] BOZANIC, Jeffrey, HALPERN, Rebekah. *Cave Diving Fatalities A Summary* [prezentace]. Dostupné z: https://iucrr.org/wp-content/uploads/2023/04/fatalities.pdf

[7] BOZANIC, Jeffrey. Cave divers are mortal! Recent Trends in Cave Diving Fatalities. *Underwater Speleology*. 2005. roč. 32, č. 4, s. 4-5.

[8] DANĚK, Jan. Akce Moravský kras. *Záchranář – listovka pro důlní záchranáře a pro vedoucí techniky důlních závodů*. Ostrava: Hlavní báňská záchranná stanice v Ostravě – Radvanicích, 1970. roč. 7, č. 8 (74). s. 1, 6, 7. Dostupné také z: https://zachranar.cz/download/zachranar-1970-8/?wpdmdl=2844&refresh=686456b97d8bc1751406265.

[9] NOSEK, Pavel. Tisovecká vyvěračka (Tragická nehoda při průzkumu sifonu v j. Teplica u Tisovce). *Speleo*. Praha: Česká speleologická společnost, 1996. roč. 4, č. 17. s. 2-11. ISBN 80-85304-42-2.

[10] HOLÚBEK, Peter. *Po stopách temnoty 2. časť – Zo Svätého Kríža, Ploštína, Liptovského Mikuláša a Okoličného*. Liptovský Mikuláš: Peter Holúbek. 2014.

[11] KLEINOVÁ, Karolína. *Analýza smrtelných nehod při potápění s přístrojem na území ČR od roku 1997 do současnosti*. Diplomová práce, vedoucí Vondrášek, David. Praha: Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Technické a úpolové sporty, 2017.

The English version of this article is available at:
https://swarm.craa.cz/en/smrtelne-nehody-ceskych-a-slovenskych-potapecu-1965-2025/

Ročník 2, číslo 2, 2025
swarm.craa.cz, ISSN 3029-7508
Safety, Work And Rescue Magazine, doi.org/10.71319/swarm2502.21-27
https://swarm.craa.cz/pady-z-vysky-a-jejich-deleni-z-pohledu-prevence-rizik

Pády z výšky a jejich dělení z pohledu prevence rizik
Falls from a height and their sorting in terms of risk prevention

Ondřej Belica[1], Klára Zelinková[2]

[1] CRAA – Ústav bezpečnosti práce ve výškách, z. ú.; obelica@lezectvi.cz
[2] Vysoká škola zdravotnická v Praze; klarka.zelik2701@gmail.com

Typ článku
Přehledový článek

Klíčová slova
Decelerace, dělení pádů, pád z výšky, poranění, prevence pádu.

Type of Paper
Review article

Keywords
Deceleration, fall classification, fall from a height, fall prevention, injury.

Open Access článek s CC BY licencí

Abstrakt
Článek se zabývá problematikou pádů z výšky nebo do hloubky. Definuje základní pojmy jako pád, délku pádu, pád z výšky a do volné hloubky a bezpečnou výšku. Přináší základní informace o mechanice pádu a o následcích dopadu. Dále vysvětluje dělení pádů podle forenzní biomechaniky, podle VÚBP, podle následků pádu a podle prevence rizik BOZP. Tyto dělí na dokonaný pád, nedokonaný (zachycený) pád a kyvadlový pád, včetně podskupin.

Abstract
The article deals with the issue of falls from a height. It defines basic terms such as fall, fall distance, fall from a height and into depth and fall clearance. It provides basic information on the mechanics and consequences of a fall. It explains the sorting of falls according to biomechanics, to the OSRI (VÚBP), to the consequences of a fall and to the OHS risk prevention. These are sorted into completed falls, incomplete (arrested) falls and pendulum falls, including subgroups.

ÚVOD

„*Zaměstnavatel je povinen organizovat práci a stanovit pracovní postupy tak, aby byly dodržovány zásady bezpečného chování na pracovišti a aby zaměstnanci byli chráněni proti pádu nebo zřícení*“ [1; § 5 odst. 1 písm. c)]. Tento obecně formulovaný, na druhou stranu naprosto nekompromisní požadavek dává tušit, že pád je něco nežádoucího. Přesto však v rámci prevence rizik v oblasti bezpečnosti a ochrany zdraví při práci (BOZP), na rozdíl od forenzních oborů, chybí jakékoliv jednotné rozdělení pádů z výšky nebo do hloubky.

1 ZÁKLADNÍ POJMY

V prováděcím předpisu k obecnému požadavku o zabránění pádu, kterým je nařízení vlády č. 362/2005 Sb. [1; § 23] zákonodárce po zaměstnavateli požaduje, aby přijal příslušná opatření k zabránění pádu z výšky nebo do hloubky nebo k bezpečnému zachycení pádu [2; § 3 odst. 1]. Při použití osobních ochranných prostředků (OOP) proti pádu pak dokonce umožňuje, aby k pádu sice došlo, ale ten byl v dostatečné výšce bezpečně zachycen, a zachycený pracovník byl neprodleně a bezpečně vyproštěn[8] [2; Příloha část II bod 3 písm. c)].

[8] V okamžiku zachycení pádu může dojít k různým poraněním (např. zhmoždění tkání v místě kontaktu s postrojem, poranění krční páteře v důsledku prudkého pohybu hlavy, nebo v důsledku nárazu do překážky). I nezraněný pracovník je zpravidla neschopen se sám vyprostit a je závislý na pomoci ostatních. Déle trvající vis v postroji (často nesprávně nastaveném) je přinejmenším bolestivý,

Pádem se, ve vztahu k výše uvedenému, rozumí nechtěný/nežádoucí a nekontrolovaný vertikální pohyb lidského těla vlastní tíží směrem k zemskému povrchu. V některých případech (např. zakopnutí, strčení, aktivní skok či odraz) může být charakterizován složeným pohybem – kombinací vodorovného pohybu a „volného pádu" [3; s. 59, 65, 66, 98].

Délkou pádu se rozumí svislá vzdálenost mezi místem, odkud byl pád zahájen (odkud osoba spadla) až do nejnižšího místa, kde byl pád zastaven [4; s. 100]. Místem zastavení pádu může být buď dopad na povrch, nebo zachycení pádu do osobního ochranného prostředku proti pádu, případně do záchytné sítě apod.

Pracovištěm **ve výšce** (pracovištěm s nebezpečím pádu z výšky) je pracoviště nacházející se v úrovni nad okolním terénem/povrchem, vyžadující, aby se na něj pracovník dopravil směrem vzhůru. Naproti tomu pracoviště **nad volnou hloubkou** (pracoviště s nebezpečím pádu do hloubky) je takové pracoviště, na němž se pracovník pohybuje pod úrovní okolního terénu, nebo pod úroveň okolního terénu může spadnout v případě nehody. Za pracoviště ve výškách a nad volnou hloubkou se považují i pracoviště nad vodní hladinou nebo látkou, která v případě pádu ohrožuje člověka možností utopení, udušení, popálení, poleptání nebo akutní otravy [2; § odst. 1 písm. a)].

Jak v případě pádu z výšky, tak v případě pádu do hloubky dochází (může dojít) k mnohačetným deceleračním poraněním[9]. Rozlišování mezi výškou a hloubkou má význam zejména při přípravě záchranného plánu (realizaci záchranných prací), kdy po pádu z výšky tělo dopadne na zem a je dosažitelné pro zasahující zachránce (záchranáře), nebo v případě zachycení pádu je možné zachyceného pracovníka spustit dolů. V případě pádu do hloubky musí zachránci/záchranáři nejprve překonat svislou vzdálenost směrem dolů, aby se k postiženému dostali, a teprve poté mohou tělo/pacienta vyzvednout směrem vzhůru. V případě, že se jedná o zachycený pád (nad hloubkou), je (až na výjimky) nutné zachyceného pracovníka vyprostit směrem vzhůru.

Pojem **bezpečná výška** se používá zejména v systému zachycení pádu (při použití OOP určených k zachycení pádu). Rozumí se jí taková výška, u níž nehrozí, že uživatel dopadne na povrch (nebo pevnou překážku) pod sebou dříve, než jej OOP zachytí [5; čl. 4.2.4, s. 13]. Její délka[10] je, kromě umístění kotvení vůči poloze uživatele, dána součtem délky spojovacího prostředku včetně příslušenství (příp. zatahovacího zachycovače pádu), plně rozvinutého tlumiče pádové energie, výšky pracovníka, průvěsu postroje (stisknutí měkkých tkání těla) a bezpečnostní rezervy.

2 PÁDY Z VÝŠKY (DO HLOUBKY)

V počáteční fázi pádu má tělo padajícího nulovou rychlost a kromě tíhové síly (tíhové energie) na něj žádná síla nepůsobí. Postupně získává tělo určitou rychlost, jíž se pohybuje směrem k povrchu a v okamžiku dopadu dojde k prudkému zpomalení/zastavení (deceleraci).

Původní tíhová energie se v průběhu pádu mění na kinetickou energii. V souladu se zákonem o zachování energie zůstává

v horším případě může tlak postroje na dolní končetiny vést k poškození tkání či k omezení krevního oběhu. Proto je nezbytné pádu předcházet a v případě, že k pádu dojde, minimalizovat dobu, kdy pracovník visí v postroji.

[9] Poranění, k nimž dochází v důsledku prudkého zpomalení/zastavení, např. po pádu nebo při dopravní nehodě.

[10] Pro stanovení bezpečné výšky nelze vycházet z místa aktuálně vykonávané práce, ale je nutné zohlednit skutečnou vzdálenost kotevního bodu od nejbližší hrany pádu a její svislou vzdálenost od k povrchu/pevné překážce.

mechanická energie konstantní (tedy nemůže zaniknout, ale může se proměnit v jinou formu energie). Při dopadu na povrch (prudkém zpomalení/zastavení) se mění na potenciální energii pružnosti (příp. další formy energie[11]). Ta vyžaduje pružnou deformaci těles, která se střetnou, tedy lidského těla a dopadové plochy na povrchu. Míra, jíž je schopna energie pružnosti dosáhnout, závisí na pružnosti dotčených těles a na velikosti jejich deformace (včetně schopnosti vrácení se do původního stavu před deformací).

Mechanické vlastnosti povrchu (tuhost/neformovatelnost) ovlivňují, jakou část této energie pohltí povrch a jakou lidské tělo. Tolerance lidského těla na působení takového množství energie je omezena, při překročení určité hodnoty dochází k poranění (např. ke zhmoždění měkkých tkání, poranění vnitřních orgánů, traumatickému poranění šlach, vazů či kloubů až ke zlomeninám kostí, tzv. deceleračních poranění). Nezřídka dochází k současným poraněním dvou a více tělních systémů, tzv. polytraumatům.

Rozsah poranění těla po pádu je dán délkou pádu a s ní spojenou rychlostí těla při dopadu, kontaktních plochách těla a povrchu při dopadu, poloze těla při dopadu, tvaru a sklonu povrchu, úhlu dopadu a v neposlední řadě na charakteru zasažených tkání [3; s. 61]. Neméně významný je i celkový zdravotní stav padající osoby, její pohlaví, věk a tělesná stavba, neboť mnohé osoby jsou při stejném druhu úrazu ohroženy vyšším rizikem poranění [6; s. 135]. Děti jsou, vzhledem k vyšší elasticitě tkání, schopny odolat následkům decelerace lépe než dospělí [7; s. 10, 16].

Zdrojem poranění při pádu není pouze primární dopad (tedy první část těla, která se střetne s povrchem [3; s. 61], ale i sekundární dopad (následný dopad dalších částí těla), byť část energie již byla rozptýlena při primárním dopadu [3; s. 61]. Míru poranění po dopadu na zem mohou do určité míry ovlivnit i použité osobní ochranné (pracovní) prostředky.

Podle dostupných informací jsou pády (hned po nehodách způsobených v silniční dopravě) druhou nejčastější příčinou vážných úrazů [8, 9]. Například jen v roce 2023 došlo v ČR k 16 smrtelným pracovním úrazům v důsledku pádu z výšky [10; s. 18] (ve 12 případech došlo k okamžitému úmrtí, ve 4 se jednalo o závažný pracovní úraz, později smrtelný [10; s. 26]), dále ke 3 pádům ze strojů a pak ke 2 pádům z přírodního útvaru/sloupu/stohu [10; s. 43].

3 DĚLENÍ PÁDŮ

Problematika pádů z výšky a jejich následků se týká mnoha různých oborů. Jedním z nich je zdravotnictví, které se bez ohledu na příčinu pádu zabývá následky pádu (příp. soudní lékařství, které zkoumá, co bylo příčinou úmrtí po pádu). V rámci kriminalistických a forenzních oborů studium pádů (příp. jejich podstaty a mechanismu) podle polohy a umístění těla po dopadu umožňuje objasnit, zda se jednalo o trestný čin (vraždu, příp. opomenutí zákonné povinnosti[12]), sebevraždu nebo nehodu [13; s. 1, 2]. V rámci prevence rizik BOZP jsou pády významné zejména z pohledu jejich

[11] Např. potenciální polohovou energii při provedení parakotoulu, nebo na tepelnou, zvukovou a další pro dopad nevýznamné formy energie.

[12] Povinnost zajišťovat BOZP, včetně vyhodnocování rizik a přijímání opatření, coby nedílná a rovnocenná součást jejich práce, se vztahuje na všechny vedoucí pracovníky bez ohledu na stupeň řízení [11; § 101 odst. 2, § 102 odst. 4]. Usmrcení, těžké ublížení na zdraví i ublížení na zdraví z důvodu porušení důležité povinnosti vyplývající z funkce (navíc přímo stanovené zákonem), je trestné [12; § 143 odst. 2, § 147 odst. 2 a § 148 odst. 1], zejména pokud tím hrubě poruší zákony o bezpečnosti práce [12; § 143 odst. 4] a navíc se to dotkne minimálně dvou osob [12; § 147 odst. 3, § 148 odst. 2].

předcházení (a v případě, že k nim dojde, zjišťování příčin jejich vzniku a přijímání opatření, aby k nim budoucnu nedošlo).

Přesto doposud chybí jednotné dělení, či jednotná klasifikace pádů. Nejvíce používaným dělením pádu se tak vzhledem ke značné publikační činnosti odborníků v uvedených oborech, stává dělení pádů z pohledu biomechaniky (resp. forenzní biomechaniky). Dále v souvislosti se zveřejňováním statistik (analýz) smrtelné pracovní úrazovosti pak i klasifikace podle VÚBP.

3.1 Členění používané ve forenzní biomechanice

V kriminalistice a forenzních vědách se pády dělí podle biomechaniky, kdy kinematika pádu a možná poranění slouží k objasnění okolností předcházejících pádu samotnému. Pády se tedy dělí na:

- **Pád ze stoje** – je charakteristický pro překlopení těla (ať už vpřed nebo vzad) z polohy odchylující se od původní osy chodidel do polohy rovnoběžné s původní osou chodidel. Je specifický tím, že před zahájením pádu se hlava nachází v nejvyšší vzdálenosti od dopadového povrchu [14; s. 72].
- **Pád z výšky** – takový pád, u něhož se tělo před zahájením pádu nachází na vyšší (výškové) úrovni, než je plocha dopadu. Do této kategorie se řadí pády *„z relativně malých výšek*[13]*, tedy výšek do sto padesáti metrů*" [14; s. 72]. V případě pádu z výšky padající tělo po celou dobu pádu až do prvního kontaktu s povrchem/překážkou zrychluje (potenciální energie se mění na kinetickou) Pády z výšky se pak dělí na:
    - Volný pád z výšky, nekoordinovaný pád, u něhož tělo/padající osoba padá z místa zahájení pádu až do místa zastavení pádu.
    - Stupňovitý (kaskádovitý) pád je takový pád, při němž v průběhu pádu dojde k nárazu těla na překážku na trase, v důsledku čehož může dojít k sekundární rotaci těla, případně ke zpomalení pádu [3; s. 61–62].
- **Volný pád** je pádem z výšek nad 150 m nad povrchem. Po překročení vertikální vzdálenosti 152 m dosáhne rychlost pádu svého maxima a odpor vzduchu stabilizuje rychlost pádu, která tak zůstává konstantní až do dopadu na povrch/nárazu na překážku. [14; s. 73].

3.2 Členění podle úrazového děje

Někdejší Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i. – VÚBP (v současnosti Výzkumný institut práce a sociálních věcí, v. v. i. – RILSA) třídí nehody vedoucí k úrazům do skupin podle interních kódů tak, aby co nejlépe vystihovaly úrazový děj. Tyto kódy jsou dvojciferné s tím, že první číslo značí skupinu nehody (např. havárie, zachycení/zasažení, popálení, nárazy, působení klimatických podmínek atp.), zatímco druhé číslo specifikuje poddruh nehody (např. havárie letadla, plavidla, silničního motorového vozidla atp.) [10; s. 43].

V případě pádů se jedná o kódy „5" (pády osob) a 1–8 (to, odkud osoba spadla). Podle interní databáze VÚBP se pády dělí na:

- 51 – **Pád osoby na rovině** (včetně nedokončeného),
- 52 – **Pád osoby na stroji** (v ložném, cestovním prostoru, na lávce, plošině, rámu ap.),
- 53 – **Pád osoby na schodech a ze schodů**,
- 54 – **Pád osoby ze žebříku, stoupaček**,

[13] Takováto definice „relativně malé výšky" takto vychází z fyzikálního označení, neboť do výšky 152 m se nezohledňuje odpor vzduchu působící na padající osobu.

- 55 – **Pád osoby ze stroje** (včetně ze stupaček, lávek, plošin, které jsou součástí stroje),
- 56 – **Pád osoby z lešení, podesty, lávky, plošiny, z části budovy, stavby a pád do prohlubně**,
- 57 – **Pád osoby z přírodního útvaru, sloupu, stohu předmětů a ze samostatného předmětu**,
- 58 – **Pád osoby z nábytku, sportovního nářadí, zařizovacího předmětu** [10; s. 43].

3.3 Členění podle následků pádu

Pády lze dělit i podle závažnosti následků po pádu, zejména z pohledu evidence pracovních úrazů (a částečně i pro statistické účely). Za pracovní úraz se v případě pádu z výšky rozumí takový pád, k němuž došlo nezávisle na vůli pracovníka při plnění pracovních úkolů (či v přímé souvislosti s nimi), u něhož došlo k poškození zdraví nebo úmrtí [11; § 271k]. Ty lze dělit na:

- **Smrtelný pád** – takový, kde pád způsobí zranění natolik závažná, že osoba bezprostředně po dopadu nebo následně v důsledku poranění způsobených pádem zemře. Pro statistické účely se smrtelným pádem rozumí takový, kde pracovník na poranění vzniklá v důsledku pádu umírá do jednoho roku od pádu samotného [15, § 3].
- **Velmi závažný pád** – pád způsobí zranění, které vyžaduje hospitalizaci a lékařskou péči delší než 5 dní a vede k doživotní pracovní neschopnosti.
- **Závažný pád** – pád způsobí zranění, které si vyžaduje hospitalizaci a lékařskou péči delší než 5 dní a vede k dočasné pracovní neschopnosti.
- **Pád s poraněním vedoucím k dočasné pracovní neschopnosti** (ostatní pracovní úraz) – pád způsobí zranění vedoucí k pracovní neschopnosti delší než tři kalendářní dny (kromě dne, kdy došlo k pádu).
- **Pád s drobným poraněním a omezením pracovních schopností** – pád vede ke vzniku poranění vyžadujících buď dočasnou pracovní neschopnost (kratší tří dní) anebo krátkodobé omezení vykonávat konkrétní pracovní úkony.
- **Pád bez okamžitých následků** – pád nevede k žádným okamžitým nebo následným zdravotním následkům, bolestivosti či diskomfortu a pracovník se může po vyšetření vrátit zpět k práci.

3.4 Členění podle prevence rizik BOZP

Z praktického důvodu, tedy zejména z pohledu charakteru pádu, a v podstatě i z vzhledem k největšímu množství možným pádem dotčených osob, lze pády dělit podle přijímání opatření k jejich odstranění (či minimalizaci na přijatelnou úroveň) z pohledu prevence rizik BOZP. Takovéto dělení rozlišuje pády na:

- **Dokonaný pád** – pád není nijak zastaven a padající osoba dopadne na zem nebo povrch. Většina poranění vzniká v důsledku pádu (resp. dopadu) a zachraňující se mohou k padajícímu dostat v místě dopadu (pokud to místní podmínky umožní) a zahájit život zachraňující úkony, příp. zajistit transport do zdravotnického zařízení.
- **Nedokonaný (zachycený) pád** – k pádu sice dojde, ale je (bezpečně) zachycen prostřednictvím OOP proti pádu, příp. v záchytné síti. V horším případě v průběhu pádu dojde ke střetu s překážkou a teprve poté k zachycení do postroje/sítě atp. Padající osoba zůstává viset v postroji (ležet v záchytné síti) a kromě poranění vzniklých při pádu (po jeho zachycení) může být ohrožena i patofyziologickými jevy doprovázející bezvládný vis v postroji nebo vynucenou polohou. Před zahájením poskytování

přednemocniční péče je nutné osobu nejprve vyprostit a dopravit na povrch.

- **Kyvadlový pád** – je obdobný jako nedokonaný pád, od něhož se liší tím, že k němu nejčastěji dochází v důsledku nesprávného umístění kotevního bodu, který není v ose nad uživatelem. Při prvotním zachycení pádu dojde ke kyvadlovému pohybu, v jehož průběhu může dojít k nárazu do překážek. Pokud se tělo nezastaví nárazem do překážky, ještě nějaký čas pokračuje v kývavém pohybu až do úplného zastavení. Stejně jako v případě nedokonaného pádu je před poskytnutím první pomoci rovněž nutné zajistit vyproštění zachycené osoby.

Zároveň každý z výše uvedených pádů lze dělit. A to na prostý pád (ekvivalent volného pádu z výšky u forenzní biomechaniky), tedy takový pád, kde osoba nepřerušovaně padá z místa, kde byl pád zahájen, až do místa, kde je pád zastaven/zachycen. A na stupňovitý (kaskádovitý) pád, což je pád, při němž se padající v průběhu pádu střetne s překážkou, která jej vychýlí z původního směru, případně jej zpomalí. Zvláštní kategorií stupňovitého pádu je vícečetný pád, tedy pád, u něhož krátce po zastavení dojde k dalšímu pádu (např. pracovník spadne ze střechy na lešení a následně z lešení na zem, případně po pádu z lešení spadne do výkopu, anebo po zachycení pádu se postroje/sítě dojde v důsledku jejich selhání k dalšímu pádu až na zem).

4 SHRNUTÍ A ZÁVĚR

Pády z výšky nebo do hloubky lze dělit z mnoha pohledů. V rámci BOZP, kde se pracovníci pohybují od výšek nízko nad zemí, až po několik desítek metrů na zemí[14], je nutné rozlišovat mezi dokonaným pádem a nedokonaným (zachyceným) pádem, stejně jako kyvadlovým pádem. Každý z nich lze pak dělit na prostý pád a stupňovitý (kaskádovitý) pád, případně vícečetný pád.

V závislosti na následcích pádu lze pády považovat za smrtelný pád, velmi závažný pád, závažný pád a pády od potenciálu způsobit pracovní neschopnost, až po bezvýznamné pády bez jakýchkoliv následků. Při šetření příčin úrazu je nezbytné rozlišovat, zda se jednalo o pád s využitím osobních ochranných prostředků proti pádu z výšky anebo bez nich a dále odkud pracovník spadl (např. ze stroje, ze schodů, z žebříku, z lešení, z plošiny, z přírodního útvaru, ze zařizovacího předmětu atp.).

Jednotné členění pádů usnadní nejen jejich šetření, ale hlavně pak komunikaci při plánování a realizaci prevence pádů.

POUŽITÁ LITERATURA

[1] ČESKO. Zákon č. 309/2006 Sb., zákon, kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy (zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci) - znění od 1. 1. 2024. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010–2025. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-309.

[2] ČESKO. Nařízení vlády č. 362/2005 Sb., o bližších požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na pracovištích s nebezpečím pádu z výšky nebo do hloubky - znění od 4. 10. 2005. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010–2025. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2005-362.

[3] STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. *Teorie forenzní biomechaniky*. Sciencepress. Praha: Vysoká škola finanční a správní, 2017. ISBN 978-80-7408-140-8.

[4] BELICA, Ondřej. *Práce a záchrana ve výškách a nad volnou hloubkou*. Praha:

[14] Pouze některá, velmi specifická pracoviště se nachází v takové výšce, aby v případě pádu z nich naplnil takovýto pád požadavky na fyzikální definici volného pádu, tedy překročil délku 152 m.

Grada Publishing, 2014. ISBN 978-80-247-5055-2.

[5] ČSN EN 363 *Prostředky ochrany osob proti pádu – Systémy ochrany osob proti pádu*. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2019. Třídicí znak 832650.

[6] ČAPEK, Lukáš, Petr HÁJEK a Petr HENYŠ. *Biomechanika člověka*. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0367-6.

[7] DVOŘÁK, Josef. *Člověk mezi životem a smrtí*. 2. doplněné a přepracované vyd. Praha: Spektrum, 1990. ISBN 8071070106.

[8] BASAK, Debojit, Aroke Anna ANTHONY, Niladri BANERJEE, et al. Mortality from fall: A descriptive analysis of a multicenter Indian trauma registry. *Injury* [online]. 2022, 53(12), 3956-3961. ISSN 00201383. Dostupné z: doi:10.1016/j.injury.2022.09.048.

[9] ZLATAR, Tomi, Eliane Maria Gorga LAGO, Willames de Albuquerque SOARES, João dos Santos BAPTISTA a Béda BARKOKÉBAS JUNIOR. Falls from height: analysis of 114 cases. *Production* [online]. 2019, 29. ISSN 1980-5411. Dostupné z: doi:10.1590/0103-6513.20180091.

[10] MRKVIČKA, Petr. *Analýza smrtelné pracovní úrazovosti v ČR v roce 2023*. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2024. Dostupné z: https://www.bozpinfo.cz/file.php?nid=21090&oid=11902003.

[11] ČESKO. Zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce - znění od 1. 6. 2025. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010–2025. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-262.

[12] ČESKO. Zákon č. 40/2009 Sb., trestní zákoník - znění od 11. 2. 2025. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010–2025. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2009-40.

[13] STRAUS, Jiří. *Variabilita biomechanického hodnocení pádu z výšky*. In: Sborník příspěvků konference Expert Forensic Science Brno 2020. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2020. s. 218-227. ISBN 978-80-214-5829-1.

[14] STRAUS, Jiří. *Forenzní biomechanika: teoretické, experimentální a empirické metody*. Sciencepress. Praha: Vysoká škola finanční a správní, 2021. ISBN 978-80-7408-219-1.

[15] ČESKO. Nařízení vlády č. 201/2010 Sb., o způsobu evidence úrazů, hlášení a zasílání záznamu o úrazu - znění od 1. 1. 2015. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010–2025. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2010-201.

Ročník 2, číslo 2, 2025
swarm.craa.cz, ISSN 3029-7508
Safety, Work And Rescue Magazine, doi.org/10.71319/swarm2502.28-33
https://swarm.craa.cz/rizika-spojena-se-zachycenim-padu

Rizika spojená se zachycením pádu
The risks related with fall arrest

Klára Zelinková[1]

[1] Vysoká škola zdravotnická v Praze; klarka.zelik2701@gmail.com

Typ článku
Původní práce

Klíčová slova
Biomechanika, Poranění, Zachycení pádu.

Type of Paper
Original Research

Keywords
Biomechanics, Fall arrest, Injury.

Open Access článek s CC BY licencí

Abstrakt
Článek se zabývá problematikou rizik poranění vzniklých při zachycení pádu do postroje při pracích ve výškách a nad volnou hloubkou. Na základě provedeného experimentu byly změřeny síly působící na tělo při zachycení pádu v celotělovém postroji a zrychlení hlavy. Výsledky poukazují na skutečnost, že tyto síly mnohanásobně stoupají, což může vést k poranění a proto spíše než se spolehnout na zachycení pádu, je výhodnější pádu úplně předejít, například využitím systému pracovního polohování.

Abstract
The article deals with the issue of the risk of injury arising from the fall arrest in a harness when working at heights. Based on the conducted experiment, the forces impacting on the body when arresting a fall in a full-body harness and the acceleration of the head were measured. Results point out the fact that these forces increase many times, which can lead to injury and therefore, rather than relying on fall arrest, it is more advantageous to prevent the fall altogether, for example by using a work positioning system.

ÚVOD

Pády z výšky představují významný podíl v oblasti pracovních úrazů, často s vážnými nebo smrtelnými následky [1]. I přes existenci technických norem a osobních ochranných prostředků proti pádu (OOP) nejsou poranění způsobená pádem zcela eliminována. Použití systému zachycení pádu sice riziko úmrtí/vážného poranění snižuje, avšak plně jej nevylučuje. Kromě obecně známého tzv. „trauma z visu" existuje reálné riziko vzniku poranění v okamžiku zachycení pádu [2].

Jeho zdrojem může být náraz do překážky, prudký pohyb a následné zastavení např. hlavy či některých orgánů anebo zhmoždění měkkých tkání v místě kontaktu s popruhem postroje.

1 ZACHYCENÍ PÁDU

1.1 Rizika zachycení pádu

Zachycený pád (tzv. nedokonaný pád) lze rovněž hodnotit z pohledu jeho následků, které se mohou lišit podle intenzity sil působících na tělo při jeho náhlém zastavení a v závislosti na vnějších faktorech. I přesto, že nedochází ke kontaktu se zemí, může v důsledku kontaktu s překážkou, nevhodnému pohybu krční páteře či v místě kontaktu s popruhy postroje dojít k různě závažným poraněním. Zachycené pády lze rozdělit následovně:

- Smrtelný pád – extrémně vzácný u zachycení pádu, ale teoreticky možný v případě selhání OOP nebo kombinace s jiným traumatem (např. dlouhodobý bezvládný vis s prodlením v záchraně).

- Pád s poraněním vyžadujícím hospitalizaci – typicky se může jednat o poranění páteře, krčního svalstva nebo hrudníku v důsledku prudkého zpomalení, nebo po nárazu do překážky.
- Pád s následnou dočasnou pracovní neschopností – poranění měkkých tkání, zhmožděniny, *whiplash* poranění[15], nebo ortopedické potíže v oblasti bederní páteře.
- Pád bez okamžitých následků – situace, kdy pracovník nevykazuje po zachycení žádné symptomy, avšak stále může být vystaven riziku pozdějšího rozvoje zdravotních komplikací (např. v důsledku přetížení).

Toto členění zdůrazňuje, že i při zachycení pádu – tedy bez dopadu – může dojít k závažnému ohrožení zdraví. Přesto je tato problematika v současnosti mimo okraj obecného povědomí a zájmu a v odborné literatuře nejsou o ní dostupná data.

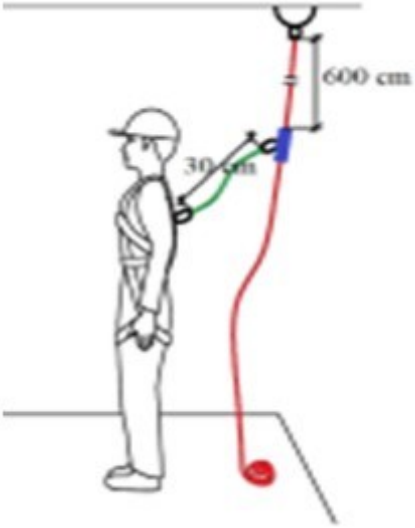
1.2 Systém zachycení pádu

Systém zachycení pádu, tak jak jej definuje ČSN EN 363, je určen pro pracovníky pohybující se v prostředí, kde hrozí riziko pádu. Tento systém nepředchází samotnému pádu, ale aktivuje se ve chvíli, kdy k pádu skutečně dojde. Jeho účelem je pád „bezpečně" zachytit a zároveň nepřipustit překročení rázové síly 6 kN [3] na tělo pracovníka. Po zachycení zůstává pracovník ve visu, v němž může nebo musí setrvat až do provedení záchrany. [3]

2 Materiály a Metody

Za účelem zjištění rizik spojených se zachycením pádu, tedy sil nadměrně působících na tělo pracovníka, byl proveden simulační experiment. Jako zkušební prvek experimentu byla použita cvičná záchranářská figurína *Multitrauma Manikin*, z produkce společnosti *Ruth Lee* o hmotnosti 30 kg (kilogramů). Použité figuríně chyběla pravá horní končetina.

Figurína oblečená do postroje představovala padajícího pracovníka, jehož pád je zachycen prostřednictvím pohyblivého zachycovače pádu nasazeného na poddajné jisticí vedení. Nejprve byly provedeny kontrolní pády (nezbytné k získání referenčních hodnot), při nichž figurína padala z úrovně umístění zachycovače. Následně byly provedeny dvě série pádů z výšek 1, 2 a 3 metry.



Obrázek 1: Princip použití OOP simulovaný v experimentu [3, s. 17, s vlastní úpravou]

V první sérii pádů byla figurína uchycena do ventrálního zachycovacího bodu postroje, ve druhé do dorsálního. Ze stropu lezecké haly byla spuštěna dvě nízko průtažná lana, vzdálená od sebe 100 cm. První z nich sloužilo jako poddajné bezpečnostní vedení (jisticí lano) používané při pracích ve výškách, druhé bylo manipulační – po něm byla figurína zvedána do požadované výšky a pouštěna do bezpečnostního lana.

2.1 Osobní ochranné prostředky

Pro simulaci zachycení pádu s poddajným vedením byly použity následující osobní ochranné prostředky proti pádu:

[15] Whiplash poranění je poranění krční páteře a hlavy prudkým pohybem; hyperextenze.

1. nízko průtažné lano *Contract 10,5 mm*, EN 1891 A (*Beal*);
2. pohyblivý zachycovač pádu *Easy Speed*, EN 353-2 (*Climbing Technology*);
3. smyčka *Quickdraw 30 cm*, EN 566 (*Singing Rock*);
4. spojky *OXY Triple Lock*, EN 362 (*Singing Rock*);
5. zachycovací postroj *BODY II*, EN 361, velikost M, (*Singing Rock*).

2.2 Měřicí technika

Pro sběr a záznam dat byl využit mikrokontroler *Arduino Nano*, s externími měřicími senzory. K měření tlakových a silových parametrů sloužily čtyři odporové fóliové tenzometry s negativní nelineární převodní charakteristikou a rozsahem měření 0–150 kg. Tři z těchto senzorů byly použity k samotnému měření a jeden kontrolní senzor monitoroval vliv teploty na odpor. Zapojení probíhalo do napěťového děliče se 100kΩ odporem na analogový vstup *Arduina*. Kromě tlakových senzorů byly využity také akcelerometry *MPU6050* s gyroskopickým modulem, které umožnily měření zrychlení a úhlové rychlosti figuríny.

Naměřená data byla ukládána na SD kartu prostřednictvím modulu čtečky SD karet pro mikrokontroler *Arduino Nano*. Napájení senzorů a akcelerometrů zajišťovala powerbanka s odpovídající kapacitou.

2.3 Dokumentační technika

Průběh experimentu byl dokumentován za pomoci kamery *GoPro*, která snímala pády figuríny pro následnou analýzu. Dále byl použit zrcadlový fotoaparát Sony, jenž sloužil k pořízení detailních snímků jednotlivých testů.

2.4 Pádové faktory

Pádový faktor je veličina, která udává poměr délky pádu a délky lana, které pád zachycuje. Umožňuje snadno a na pracovišti zjistit, zda je daný pád akceptovatelný či zda už ne. Čím vyšší hodnota pádového faktoru, tím větší je riziko poranění. V praxi se usiluje o to, aby pádový faktor nepřekročil hodnotu 1, přičemž za nejvyšší fyziologicky únosný pádový faktor se obecně považuje f = 2. Ovlivňuje ho délka pádu, délka lana i poloha kotevního bodu vůči osobě. [4]

Figurína byla v rámci experimentu vystavena kontrolnímu pádu a pádům z výšky 1, 2 a 3 metry. Pády byly provedeny s níže uvedenými pádovými faktory:

- f = 0,08 (kontrolní pád),
- f = 0,24 (1m pád),
- f = 0,39 (2m pád),
- f = 0,56 (3m pád).

Jedná se o hodnoty, jakých pracovník dosáhne například při pádu z žebříku či stožáru, pokud je jištěn pomocí pohyblivého zachycovače pádu nasazeného na poddajné vedení (jisticí lano) a při výstupu neposouvá zachycovač po laně. Jinak se jedná o hodnoty, které jsou výrazně nižší, než v případech, kdy je pracovník zajištěn spojovacím prostředkem přímo ke kotevnímu bodu, ať už umístěnému nad sebou (f < 1), na své úrovni (f = 1), či například u nohou (f > 1).

2.5 Umístění měřicích senzorů

Akcelerometr určený pro měření pohybu hlavy byl pevně uchycen do čelní části figuríny, zatímco druhý akcelerometr byl umístěn centrálně na přední straně hrudníku. Čtyři tenzometry byly integrovány k popruhům postroje v místech, u nichž byl předpoklad, že v okamžiku zachycení pádu budou vystaveny největším silám. Jednalo se o oblast klíční kosti (v případě dorsálního připojení, jak lopatky u ventrálního připojení), boku a třísla. Všechna čidla byla propojena s mikrokontrolerem, který byl uložen v ochranném krytu připevněném na hrudní části figuríny. Datové výstupy byly vedeny přes kabelové svazky.

Obrázek 2: Rozmístění senzorů

Čtyři tenzometry byly integrovány k popruhům postroje v místech, u nichž byl předpoklad, že v okamžiku zachycení pádu budou vystaveny největším silám. Jednalo se o oblast klíční kosti (v případě dorsálního připojení, jak lopatky u ventrálního připojení), boku a třísla. Všechna čidla byla propojena s mikrokontrolerem, který byl uložen v ochranném krytu připevněném na hrudní části figuríny. Datové výstupy byly vedeny přes kabelové svazky.

3 VÝSLEDKY

Průměry naměřených hodnot gravitačního zrychlení v jednotkách g a síly v newtonech (převedených z původních kg) reprezentují vždy celý průběh jednoho experimentu. Ve všech případech došlo k zachycení pádu systémem, ale v důsledku nízkého pádového faktoru byly hodnoty sil i zrychlení relativně nízké.

Dosažené výsledky jsou zobrazeny v následujících tabulkách. U pádu z výšky 3 metrů došlo ke zvýšení sil, ale kvůli limitům systému nebylo možné zachytit plné hodnoty – část záznamu byla přerušena. Celkově byla přetížení mírná a odpovídala předpokladu o vlivu délky lana.

3.1 Ventrální (přední) uchycení postroje

Při prvním experimentu byl zachycovač připojen k ventrálnímu připojovacímu bodu na hrudní části postroje.

Tab. 1: Ventrální připojení – průměrné síly

Pád	Pádový faktor	Bok [N]	Tříslo [N]	Lopatka [N]
0 m	0,08	26,81	43,5	10,79
1 m	0,24	66,73 ± 5,2	49,05 ± 2,4	36,63 ± 3,8
2 m	0,39	70,3 ± 6,9	74,86 ± 7,2	68,37 ± 3,1
3 m	0,56	98,1 ± 5,9	118,4 ± 36,1	98,77 ± 9,9

Tab. 2: Ventrální připojení – průměrné zrychlení

Pád	Pádový faktor	Hlava [g]	Hrudník [g]
0 m	0,08	2,09	N/A
1 m	0,24	1,42 ± 0,14	1,25 ± 0,15
2 m	0,39	3,44 ± 0,01	2,97 ± 0,14
3 m	0,56	3,45 ± 0,01	3,57 ± 0,15

3.2 Zadní (dorsální) uchycení postroje

Ve druhém experimentu zachycovač připojen za dorsální připojovací bod postroje v oblasti lopatek.

Výsledky zobrazují následující tabulky. Zajímavé je, že při pádu z výšky 3 metrů bylo zaznamenáno paradoxně nižší zrychlení hlavy (1,7 g), což bylo pravděpodobně způsobeno rotací figuríny při pádu. Tato rotace narušila přesnost záznamu a naznačuje omezení validity výsledků při složitějších pohybech.

Tab. 3: Experiment 2 - průměrné síly

Pád	Pádový faktor	Bok [N]	Tříslo [N]	Klíční kost [N]
0 m	0,08	110,85	27,68	11,47
1 m	0,24	205	37,28 ± 10,4	19,62 ± 0,8
2 m	0,39	224,3 ± 60,13	53,63 ± 1,8	28,1 ± 3,4
3 m	0,56	N/A	56,9 ± 1,3	57,9 ± 6,7

Tab. 4: Experiment 2 – průměrné zrychlení

Pád	Pádový faktor	Hlava [g]	Hrudník [g]
0 m	0,08	1,11	N/A
1 m	0,24	1,85 ± 1,5	1,72 g
2 m	0,39	2,9 ± 0,4	3,02 ± 0,7
3 m	0,56	3,45	3,39 ± 0,06

Obrázek 3: Průběh experimentu - zavěšení figuríny

4 DISKUSE

Uvedené hodnoty ukazují, že síly působící na figurínu s rostoucí délkou pádu se nezvyšují exponenciálně, ale lineárně. Rovněž ukazují, že připojení postroje ovlivňuje přenos síly na figurínu, tedy že zavěšení v dorsálním připojovacím zachycovacím oku postroje vykazuje rozdílné hodnoty oproti ventrálnímu připojovacímu zachycovacímu oku. To je něco, co technické normy vůbec nezohledňují. Stanovují pouze požadavek, aby se zkušební torzo při zachycení pádu neodklonilo od svislice o více, než o 50° [3].

Výsledky experimentu ukázaly, že potenciál způsobit poranění nemají pouze pády bez použití OOP, ale i zachycení pádu do OOP. I to může vést k působení sil, které přesahují běžné fyziologické limity.

Tento experiment byl navržen s cílem přiblížit biomechanické zatížení lidského těla při zachycení pádu v reálných podmínkách. Použitá figurína o hmotnosti 30 kg představovala přibližně třetinovou hmotnost dospělého člověka. Lze tedy předpokládat, že skutečné síly působící na tělo člověka s hmotností 90–100 kg by mohly být minimálně trojnásobné. Zatímco naše experimentální pádové faktory byly relativně nízké (f = 0,08; 0,24; 0,39 a 0,56), v praxi se běžně (často z neznalosti) pracuje při pádových faktorech 1 a vyšších. Při nevhodné volbě kotevního bodu se pádový faktor může dostat i nad hodnotu 2, což by vedlo k extrémně vysokému zatížení těla.

Z výsledků je patrné, že naměřené hodnoty se významně liší v závislosti na výšce pádu i místě měření. Celkově data potvrzují komplexnost dynamiky pádů a nutnost dalšího cíleného výzkumu, zejména v oblasti návrhu ochranných systémů s ohledem na lidskou fyziologii.

Porovnáním naměřených hodnot s dostupnými údaji v odborné literatuře o mechanické odolnosti kostí lze pozorovat významné rozdíly v působících silách. Studie uvádějí, že mechanická pevnost humeru při axiálním zatížení dosahuje až 5,89 kN, femuru 7,45 kN, lebky přibližně 6,37 kN, bederního obratle 6,08 kN a tibie ve své podélné ose až 13,24 kN. [5]

Odborná literatura upozorňuje na rizika spojená s pádem, a to jak na úmrtí [6], tak poranění, zejména krční páteře (*whiplash*), zlomeniny nebo zhmoždění měkkých tkání atp. [7]. Tyto poznatky korespondují s výsledky experimentu, byť namísto dopadu na zem byl pád zachycen. I tak je výrazné zrychlení hlavy při náhlém zastavení pádu. Vzhledem k omezením experimentu a použité figuríně je však třeba data interpretovat s opatrností.

5 SHRNUTÍ A ZÁVĚR

Při pracích prováděných ve výškách a nad volnou hloubkou často dochází k mimořádným událostem. I v případech, kdy pracovník používá OOP proti pádu, může dojít k závažným poraněním. Smyslem experimentu bylo poukázat, že zachycený pád sice nekončí úmrtím, přesto však v okamžiku zachycení pádu může dojít k poranění pracovníka. I se zohledněním zkreslení v podobě použití figuríny s nižší hmotností, než je hmotnost dospělého člověka a měkkou strukturou, nárůst rázových sil na tělo v místě kontaktu s postrojem a zrychlení hlavy jsou nezpochybnitelné. Proto místo na spoléhání se na zachycení pádu, je výhodnější pádu předejít použitím například systému pracovního polohování nebo prostředků kolektivní ochrany.

Téma poranění vzniklých zachycením pádu je v současnosti stále málo probádané. V právních předpisech, technických normám i v samotné praxi je věnována pozornost zabránění dopadu (tedy zachycení pádu), avšak klinicky relevantní účinky sil vznikajících při samotném zachycení jsou opomíjeny. Tato problematika má potenciál pro další výzkum, zejména v oblasti klinického hodnocení následků u reálných záchranných situací.

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Vysoké škole zdravotnické v Praze, za zapůjčení figuríny a lezeckému centru SmíchOFF za umožnění provedení experimentu.

POUŽITÁ LITERATURA

[1] BASAK, Debojit, Aroke Anna ANTHONY, Niladri BANERJEE, et al. Mortality from fall: A descriptive analysis of a multicenter Indian trauma registry. *Injury*. 2022. roč. 53, č. 12, s. 3956-3961. ISSN 00201383. Dostupné z: https://www.doi.org/10.1016/ j.injury.2022.09.048.

[2] BELICA, Ondřej. Nebezpečná bezpečnost - systém zachycení pádu. *Bezpečnost a hygiena práce*. 2024. roč. 74, č. 10, s. 26-32. ISSN 0006-0453.

[3] ČSN EN 363 *Prostředky ochrany osob proti pádu – Systémy ochrany osob proti pádu*. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2019. Třídicí znak 832650.

[4] KISSIKOVÁ, Lenka a Ivan DLUGOŠ. Comprehensive evaluation of the work at height. *Acta Metallurgica Slovaca*. 2018. roč. 24, č. 1, s. 100-106. ISSN 1338-1156.

[5] ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 1*.- 3. upravené a doplněné vydání. Praha: Grada publishing, 2011. ISBN 978-80-247-3817-8

[6] CHEN, Hai-Bin, HANG, King H a Zheng-guo. Biomechanics of whiplash injury. *Chinese Journal of Traumatology*. 2009. roč. 12, č. 5, s. 305–314. DOI: 10.3760/cma.j.issn. 1008-1275.2009.05.011 Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/26855692_Biomechanics_of_whiplash_injury. PMID: 19788851.

[7] ZLATAR, Tomi, Eliane Maria Gorga LAGO, Willames de Albuquerque SOARES, João dos Santos BAPTISTA a Béda BARKOKÉBAS JUNIOR. Falls from height: analysis of 114 cases. *Production*. 2019. roč. 29. ISSN 1980-5411. Dostupné z: doi:10.1590/0103-6513.20180091

Ročník 2, číslo 2, 2025
swarm.craa.cz, ISSN 3029-7508
Safety, Work And Rescue Magazine
https://swarm.craa.cz/pokyny-pro-autory/

Pokyny pro autory
Instructions for authors

ZASÍLÁNÍ PŘÍSPĚVKŮ

Rukopisy příspěvků do 3. vydání zasílejte do 1. listopadu 2025 jako přílohu ve formátu MS Word upravené podle šablony článků emailem na adresu swarm @craa.cz. Společně s příspěvkem je nutné poslat jméno a příjmení autora (autorů), vědeckou hodnost, e-mail, kontaktní telefon, příslušnost, identifikátor ORCID atp.

POPLATKY

Za recenzi, procesování ani publikaci článku neplatí autoři žádné poplatky (APC ani jiné). Stejně tak nejsou autorům příspěvky honorovány

REDAKČNÍ ZPRACOVÁNÍ

Autorem zaslané rukopisy nejprve posoudí redakční rada, zda odpovídají zaměření časopisu. Po anonymizaci autora zašle rukopis dvěma vybraným nezávislým recenzentům.

Po souhlasném stanovisku obou recenzentů s přijetím článku a po skončení recenzního řízení odešle redakční rady poznatky recenzentů autorovi k zapracování.

Rukopis se zapracovanými připomínkami připraví k publikaci. V průběhu přípravy jej každý ze členů redakční rady může připomínkovat. Redakční rada neprovádí jazykovou ani gramatickou úpravu. Redakce si přesto vyhrazuje právo na drobné stylistické změny textu.

POVINNOSTI AUTORŮ

Autor (korespondující autor) zasláním příspěvku stvrzuje souhlas a soulad s Publikační etikou a politikou. Na jakýkoliv možný střet zájmů a autor (autoři) povinen upozornit redakční radu.

Připomínky recenzentů autor bezodkladně zapracuje do rukopisu. V případě, že s některou připomínkou, příp. její argumentací nesouhlasí, kontaktuje redakční radu s vysvětlením, proč nesouhlasí se zapracováním dané připomínky.

Zajištění jazykové a gramatické správnosti je povinností autora.

SUBMISSION OF CONTRIBUTIONS

Manuscripts of contributions to the 3rd edition should be sent by November 1, 2025 as an attachment in MS Word format, edited according to the article template, via email to swarm @craa.cz. The submission should include the author's (or authors') full name, academic degree, email address, contact phone number, affiliation, and ORCID, if available.

FEES

Authors are not charged any fees (e.g., APC nor others) for reviews, processing, or publication of their articles. At the same time, authors are not paid for their contributions.

EDITORIAL PROCESSING

Submitted manuscripts are first assessed by the editorial board for alignment with the journal's focus. After anonymizing the author's identity, the manuscript is sent to two selected independent reviewers.

Upon approval of the manuscript by both reviewers and completion of the peer-review process, the editorial board sends the reviewers' comments to the author for revisions. The revised manuscript is then prepared for publication. During preparation, any member of the editorial board may provide further feedback. The editorial board does not perform linguistic or grammatical editing but reserves the right to make minor stylistic changes to the text.

AUTHOR RESPONSIBILITIES

By submitting a contribution, the author (or corresponding author in the case of multiple authors) confirms agreement with the journal's Publication Ethics and Policy. The author(s) must disclose any potential conflicts of interest to the editorial board.

Authors are required to address reviewers' comments promptly. If they disagree with a specific comment or argument, they must contact the editorial board with an explanation of their disagreement.

Providing linguistic and grammatical accuracy is the author's responsibility.

ODESLANÉ RUKOPISY OBSAHUJÍ:

- název (bez použití zkratek),
- jméno a příslušnost autora,
- abstrakt a klíčová slova,
- hlavní text s obrázky, tabulkami, grafy atp. a
- seznam použitých zdrojů.

Zkratky použité v textu je nutné vysvětlit při jejich prvním použití. Klávesa ENTER se používá pouze na konci odstavců. Méně důležitý text se uvádí do kulaté závorky (), případně do číslovaných poznámek pod čarou.

Citace se uvádějí v hranaté závorce [] s číslem v pořadí, v jakém jsou uvedeny v textu (ve stejném pořadí se pak uvádí v seznamu literatury). Za číslem zdroje následuje upřesnění, kde ve zdroji se informace uvádí (např. číslo strany, paragraf atp.). Přímé citace se dávají do uvozovek a píší se 50% světlostí černé barvy.

SUBMITTED MANUSCRIPTS INCLUDE:

- The title (without abbreviations),
- The author's name and affiliation,
- An abstract and keywords,
- The main text with figures, tables, graphs, etc., and
- A list of references.

Abbreviations used in the text must be defined at their first occurrence. The ENTER key should be used only at the end of paragraphs. Less important text can be placed in parentheses () or numbered footnotes.

Sources should be provided in square brackets [] in the order they appear in the text and listed in the same order in the bibliography. After the citation number, specify where in the source the information can be found (e.g., page number, paragraph, etc.). Direct quotes should be placed in quotation marks and written in 50% black.

konference
307P
1. a 2. října 2025
Hotel Buchlov
konference.307P.cz

SWARM vydává:
CRAA – Ústav bezpečnosti práce ve výškách, z. s.
Nušlova 49, 158 00 Praha 5
IČO: 09934910
info@craa.cz
www.craa.cz

Účelem Ústavu je realizace odborného výzkumu v oblasti bezpečnosti a ochrany zdraví při práci na pracovištích s nebezpečím pádu z výšky nebo do hloubky a pod vodní hladinou, provozování společensky a hospodářsky prospěšné vysoce specializované vědecko-výzkumné, vzdělávací a publikační činnosti zaměřené na aktivity ve výškách a nad volnou hloubkou a pod vodní hladinou. Při naplňování svého účelu Ústav navazuje a rozvíjí spolupráci s dalšími subjekty, příslušnými autoritami a orgány působícími v oborech zájmu Ústavu.

Předmět činnosti Ústavu

1. Hlavní činnosti
    a. výzkum a vývoj v oblasti bezpečnosti a ochrany zdraví při práci na pracovištích s nebezpečím pádu z výšky nebo do hloubky, osobních ochranných prostředků proti pádu z výšky a potápění,
    b. základní výzkum (záměrná experimentální a/nebo teoretická práce vedoucí k získání nových poznatků o základních principech jevů a pozorovatelných skutečností) zaměřený na problematiku činností ve výškách, nad volnou hloubkou a pod vodní hladinou,
    c. veřejné šíření výsledků základního výzkumu (nových vědomostí o základních principech jevů, procesů či pozorovatelných skutečnostech) formou výuky, publikací, příp. transferu znalostí.
2. Další činnosti
    a. osvětová a edukační činnost,
    b. poskytování odborných služeb v oblasti bezpečnosti a ochrany zdraví při práci,
    c. znalci v řadách Ústavu zpracovávají znalecké posudky,
    d. poradenská a konzultační činnost,
    e. zpracování odborných studií, posudků, specializovaných analýz, odborných stanovisek,
    f. zpracování vydávávání odborných publikací,
    g. vytváření metodik a manuálů,
    h. zpracování, posuzování a připomínkování technických norem.

ISSN 3029-7508
9 773029 750003 >