

# VYUŽITÍ VIRTUÁLNÍ REALITY VE VZDĚLÁVÁNÍ PRACOVNÍKŮ V OBLASTI BEZPEČNOSTI PRÁCE A OCHRANY ZDRAVÍ: PŘEHLED LITERATURY

## THE USE OF VIRTUAL REALITY IN EMPLOYEE TRAINING IN OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY: A LITERATURE REVIEW

Monika Kristl Volfová<sup>1</sup>, Dana Egerová<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ing. Monika Kristl Volfová, mvolfova@kpm.zcu.cz, ORCID 0000-0002-7512-410X

<sup>2</sup> doc. PaedDr. Dana Egerová, Ph.D., egerova@kpm.zcu.cz, ORCID 0000-0003-1824-9288

**Abstract:** One of the top priorities of any company is to solve problems related to occupational safety. Significant investments are made to reduce work-related risks, including training employees in safety procedures. Today, technological advances and the widespread adoption of visual technology offer an exciting opportunity to improve the quality of workplace safety training. One technology that is gaining significant acceptance in the safety field, and which can offer a number of advantages over traditional training programs, is virtual reality. Virtual reality provides companies with the ability to train employees on safety procedures and risk situations in a safe and controlled environment, which could reduce costs and also enhance the effectiveness of training. The rapid evolution of technology has caused newer, cheaper and more universal virtual reality goggles to create new opportunities for the use of this technology in many industries, from construction to healthcare, mining to chemical industries. This paper analyses the current published academic literature reporting on the use of virtual reality in occupational safety and attempts to evaluate the advantages and disadvantages that arise from the use of this technology in this particular area of employee training. It also identifies and analyses the areas in which the use of virtual reality for occupational safety and health is most frequently investigated.

**Keywords:** Virtual reality, Occupational Safety, Work Safety, Training, Employee, Safety

**JEL Classification:** O33, O39

---

### ÚVOD

Využití moderních technologií, jako je např. virtuální realita, se ve stále větší míře stává standardem v mnoha řešeních. Rychlý vývoj novějších, levnějších a všestrannějších brýlí pro virtuální realitu vytváří nové příležitosti v různých průmyslových odvětvích, od stavebnictví přes výrobu až po těžební průmysl. Jednou z oblastí, kde nachází čím dál širší uplatnění, je bezpečnost a ochrana zdraví při práci. Bezpečnost a ochrana zdraví při práci (BOZP) je interdisciplinární nebo též mezivědní obor, který lze definovat také jako legislativou stanovená pravidla nebo opatření, jejichž úkolem je předcházet ohrožení nebo poškození lidského zdraví při pracovním procesu (Mansdorf, 2019). Řešení problémů spojených s bezpečností pracovních postupů je jednou z hlavních priorit každého moderního odvětví a jsou na ní vynakládány nemalé investice. S bezpečnostními předpisy na pracovišti se za svůj život setká každý zaměstnanec i samotný zaměstnavatel. I přesto, že si každá pracovní pozice přizpůsobuje BOZP přesně na míru své pracovní náplně, platí, že všichni zaměstnavatelé musí své zaměstnance seznámit se zásadami bezpečnosti práce ze zákona povinně. Neznalost nebo nedodržování bezpečnostních předpisů jsou jednou z příčin zranění a nehod na pracovišti (Státní úřad inspekce práce, 2021). Jedním z prostředků, jak eliminovat neznalost bezpečnostních předpisů, je využití virtuální reality v rámci školení zaměstnanců. Virtuální realita si díky jedinečným vizuálním efektům

získá během školení BOZP plnou pozornost zaměstnance, který se tak ničím nerozptyluje a plně se soustředí na bezpečnostní přípravu. Zároveň virtuální realita poskytuje podnikům možnost školit zaměstnance o bezpečnostních postupech a rizikových situacích v bezpečném a kontrolovaném prostředí.

Tento přehled analyzuje současnou publikovanou vědeckou literaturu informující o využití virtuální reality v oblasti bezpečnosti práce a ochrany zdraví a hodnotí výhody a nevýhody, které z používání této technologie vyplývají. Dále uvádí a analyzuje odvětví použití virtuální reality týkající se BOZP.

## 1. VIRTUÁLNÍ REALITA A BOZP

Virtuální realita (VR) je počítačová technologie, která slouží k simulaci reálných i imaginárních objektů, se kterými mohou uživatelé interagovat ve virtuálním prostředí (Burdea & Coiffet, 2003). Hlavní charakteristiky, které odlišují aplikace VR od ostatních technologií, jsou: pohlcení, interakce a představivost (Burdea & Coiffet, 2003). Ponoření je definováno jako pocit přítomnosti, který účastníci pociťují při interakci s virtuálním prostředím (Grassini & Laumann, 2020). Interakce jako další důležitá charakteristika může obohatit uživatelský zážitek (Mikropoulos & Natsis, 2011). V neposlední řadě je VR také považována za dobrý nástroj pro stimulaci uživatelské schopnosti vytvářet kreativní nápady nebo vizualizovat neexistující věci (Burdea & Coiffet, 2003). Luciani (2007) definuje virtuální realitu jako simulované prostředí vytvořené prostřednictvím počítačových algoritmů.

Zařízení pro virtuální realitu se v minulosti zaměřovala na stimulaci zrakového vjemu, avšak novější technologie nositelných náhlavních souprav VR (brýle pro VR) vynakládají značné úsilí na integraci zvuku a zpětné vazby (pomocí sluchátek). Na trhu je k dispozici široká škála nástrojů, které dokáží zprostředkovat pohlcující zážitky ve virtuální realitě. Mezi nejoblíbenější patří brýle pro virtuální realitu, které se zaměřují především na zábavné využití, například při hraní her. S brýlemi může uživatel komunikovat s virtuálním světem pomocí ovladačů v ruce. Tato samostatná zařízení zlepšují své standardy rychle a zaplňují tak kvalitativní mezeru mezi nimi a zařízeními založenými na práci s počítačem a nabízejí mnoho výhod ve srovnání s ostatními alternativami. Jsou výkonnější než displeje na chytrých telefonech a ve srovnání s alternativami na počítačích a konzolách jsou přenosnější a snadněji se používají. Kromě toho skutečnost, že samostatné brýle nevyžadují ke svému fungování výkonný počítač, je činí obecně cenově výhodnějšími, což zvyšuje možnost přijetí této technologie širším publikem, například společnostmi a organizacemi, které běžně nepatří mezi první uživatele moderních vizualizačních technologií. Byla navržena i další zařízení, která vytvářejí multisenzorické podněty s cílem zvýšit pocit přítomnosti uživatele během simulace. Například použití speciálně navržených běhounů může ve VR vytvořit iluzi různých pohybů (Siniński et al., 2018).

Virtuální realita je vhodným nástrojem pro simulaci krizových situací, které umí věrohodně napodobit. Zaměstnanci se tak bezprostředně mohou ocitnout v situaci, kdy se musí vypořádat s požárem v hale nebo kanceláři, úrazem kolegy nebo explozí na pracovišti. Mají tak možnost ihned otestovat nejen své reakce, ale také své znalosti toho, jak v nebezpečné situaci postupovat. Díky simulovaným podmínkám se zaměstnanci naučí eliminovat nejčastější chyby, dokážou snížit riziko úrazu nebo podobným scénářům úplně předcházet. To vše se mohou naučit s využitím virtuální reality již při samotném školení o zásadách bezpečnosti práce. Výzkum podporující zavádění virtuální reality na pracovišti často uvádí výsledky, které ukazují, že školení s využitím VR může být cenným nástrojem pro vzdělávání zaměstnanců v oblasti bezpečnosti práce (Sacks a kol., 2013).

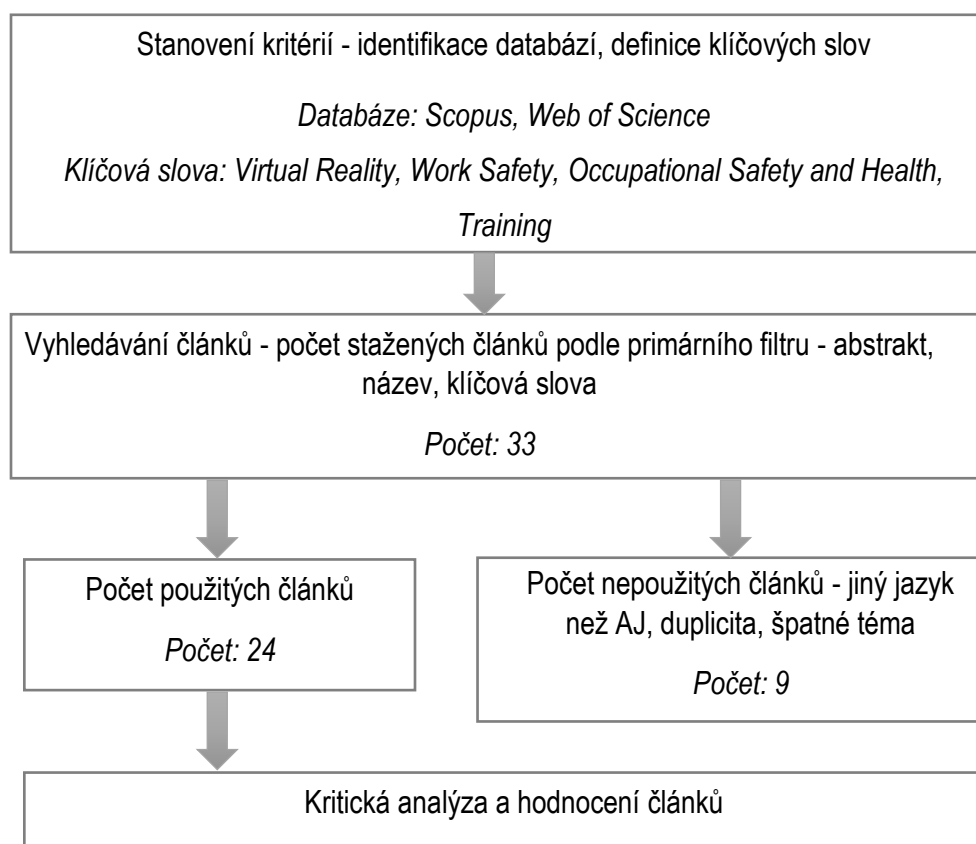
Je třeba vzít v úvahu teoretický pohled i na bezpečnost jako takovou. Tradičně se bezpečnost popisuje jako stav, kdy je možné dosáhnout co nejnižšího počtu nežádoucích následků (Hollnagel, 2018).

Cílem této prezentované studie je podat přehled současné publikované literatury o využívání virtuální reality při školení zaměstnanců v oblasti bezpečnosti práce, analyzovat výhody a nevýhody spojené s používáním této technologie a uvést odvětví, ve kterém se tato technologie ve spojení se školením o bezpečnosti práce nejvíce zkoumá.

## 2. POUŽITÉ METODY

Byla provedena rešerše literatury s cílem porozumět využití virtuální reality v oblasti bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a jejím výhodám a nevýhodám. Odborné publikace byly vyhledány během července 2022 v následujících databázích vědeckého výzkumu: Web of Science a Scopus. Autorka se zaměřila pouze na publikované odborné články, nikoliv konference. Články byly vyhledávány pomocí kombinací klíčových slov: "VR", "Virtual AND Reality", "Work AND Safety", "Occupational AND Safety AND Health", "Training". Vyhledávání článků bylo omezeno na období od roku 2014 do roku 2022, aby byly vybrány pouze ty nejnovější publikace technologie VR, jelikož je toto téma velmi citlivé na technologický vývoj. Právě v roce 2014 se začínaly objevovat odborné publikace směřující i do jiných odvětví než jen zdravotnictví. Zahrnuty byly pouze články specificky zkoumající bezpečnost a ochranu zdraví při práci, a to pouze v anglickém jazyce.

Obr. 1: Schéma studie



Zdroj: Vlastní zpracování, 2022

V tomto článku bylo použito celkem 24 publikací (přehled jejich výsledků viz Tab. 1).

Tab. 1: Přehled publikací zabývajících se využitím virtuální reality v oblasti bezpečnosti práce

Autoři	Rok publikování	Název publikace	Účel studie	Výzkumná metoda	Odvětví využití VR	Výhody a nevýhody využití VR
Nickel, P. & Lungfiel, A.	2018	Improving Occupational Safety and Health (OSH) in Human-System Interaction (HSI) Through Applications in Virtual Environments	Ověřit pomoci VR možné řešení na zvýšení bezpečnosti práce při práci na mobilních pracovních plošinách.	Experiment		+ Uspadnění analýzy, návrhu a hodnocení BOZP v pracovních systémech, odhalení potenciálních hrozb pracovních scénářů a informace o vývoji opatření ke snížení rizik v počátečním stádiu vývoje.
Bhoir, S. & Esmaili, B.	2015	State-of-the-Art Review of Virtual Reality Environment Applications in Construction Safety	Identifikace kladů a záporů používání virtuální reality ve stavebnictví.	Literární rešerše	Stavebnictví	- Významná bariéra používání VR pro vzdělávání BOZP ze strany zkušených pracovníků.
Shamsudin, N., Mahmood, N., Rahim, A. R. A. & Fathi, M. S.	2018	Virtual Reality for Construction Occupational Safety and Health Training: A Review	Přehled vývoje, vlastností i možných použití virtuální reality při školení BOZP ve stavebnictví. V článku je také navržen nový přístup aplikování VR pro školení BOZP.	Literární rešerše	-	+ Uživatelsky přívětivé prostředí a jednoduché ovládání. Nízké náklady na školení.
Zhao, D., Mccoy, A. O., Kleiner, B. M. & Feng, Y.	2016	Integrating Culture Safety into OSH Risk Mitigation: A Pilot Study on the Electrical Safety	Demonstrace prototypu aplikace pro školení BOZP založený na technologii mobilní virtuální reality (MVR).	Experiment, dotazníkové šetření	Stavebnictví	+ Zmírňuje rizika ve stavebním průmyslu prostřednictvím lepšího pochopení obsahu bezpečné práce.
Darragh, A. R., Lavender, S., Polivka, B., Sommerich, C. M., Wills, C. E., Stredney, D. L.	2016	Gaming Simulation as Health and Safety Training for Home Health Care Workers	Popis procesu vývoje a evaluace interaktivního virtuálního simulačního tréninkového systému (VSTS) pro odborníky na domácí zdravotní péči.	Rozhovory, dotazníkové šetření, Focus Group	Zdravotnictví	+ Okamžitá zpětná vazba, poutavé prostředí pro výcvik, podněcuje kritické myšlení a rozhodování v souvislosti s hodnocením rizik.
Manca, D., Nazir, S., Colombo, S. & Kluge, A.	2014	Procedure for Automated Assessment of Industrial Operators	Vytvoření scénáře pro testování pracovníků ve virtuální realitě v oblasti rozhodování při bezpečnosti práce.	Experiment	Chemický průmysl	+ Zlepšení operátorovy reakce a přesnosti úkonů.
Shamsudin, N. M. & Majid, F. A.	2019	Effectiveness of Construction Safety Hazards Identification in Virtual Reality Learning Environment	Ověřit účinnost virtuálního výukového simulačního prostředí.	Literární rešerše	Stavebnictví	+ Efektivní angažovanost pracovníků ve výukových aktivitách (prostřednictvím interakce a

							<p>imerzních VR prvků). Pozitivní vliv na učení.</p> <p>- Míra imerze ("vtáhnutí") s sebou nepřinášela žádný významný efekt.</p> <p>+ Lepší interpretace náplně vzdělávání = lepší pochopení ze strany pracovníků.</p> <p>+ Aplikace tzv. zkušenostního učení i v situacích, kdy by toto v reálném prostředí představovalo přílišnou hrozbu či takřka neproveditelnost.</p> <p>- "Cyber sickness" a diskutabilní míra účinnosti.</p>			
Shamsudin, N., Mahmood, N., Rahim, A. R. A. & Fathi, M. S.	2018	Virtual Reality Training Approach for Occupational Safety and Health: A Pilot Study	Otestování navrženého tréninkového přístupu založeného na VR.	Experiment	Stavební ctví					
Lawson, G., Roper, T., Shaw, E. & Hsieh, M. K.	2020	Multimodal Virtual Environments: an opportunity to improve Fire Safety Training?	Uvedení do problematiky VR tréninku v oblasti požárů. Představení potenciálních přínosů při využívání virtuálního tréninkového prostředí pro evakuaci při požáru.	Literární režerše	-					
Zhao, D. & Lucas, J.	2015	Virtual reality simulation for construction safety promotion	Popis současného stavu školení BOZP v USA v oboru stavebnictví. Demonstrace vývoje a využití VR tréninkového programu.	Literární režerše	Stavební ctví					
Gonzales, D. O., Martín-Gorriz, B., Berrocal, I., Morales, M. A., Adolfo, G., Hernandez, B. M., Nykänen, M., Puro, V., Tiikkaja, M., Kannisto, H., Lantto, E., Simpura, F., Uusitalo, J., Lukander, K., Räsänen, T., Heikkilä, T. & Teperi, A.	2017	Development and assessment of a tractor driving simulator with immersive virtual reality for training to avoid occupational hazards	Předvedení vytvořeného simulátoru ve VR pro BOZP v oblasti řízení a užívání traktorů (spojené zejména s rizikem převrácení a ROPS – systém ochrany při převrácení).	Experiment, dotazní- kové šetření	Zemědě- lství					
	2020	Implementing and evaluating novel safety training methods for construction sector workers: Results of a randomized controlled trial	Evaluace dopadu nových metod školení BOZP na bezpečnostní kompetence dělníků ve stavebnictví – hodnocení VR tréninkového programu a HFST (human factors safety training – bezpečnostní školení zabývající se lidskými faktory) programu na stavebních pracovištích.	Experiment, dotazní- kové šetření	Stavební ctví					
Jin, G. & Nakayama, S.	2014	Virtual Reality Game for Safety Education	Představení 3D hry ve VR určené ke zlepšení vzdělání a tréninku v oblasti BOZP. Pilotní studie zkoumající efektivitu 3D hry.	Experiment	-					

Dhalmahapatra, K., Maiti, J. & Krishna, O. B.	2021	Assessment of virtual reality based safety training simulator for electric overhead crane operations	Zhodnocení efektivity vytvořeného VR tréninkového simulátoru pro obsluhu elektrických mostových jeřábů (EOT).	Experiment, dotazníkové šetření	Stavební ctví	+ Vyšší účinnost oproti alternativním metodám, vyšší efektivita u VR brýlí ve srovnání s desktopovým VR simulátorem. - Při nadměrném užívání možné negativní projevy, např.: nevolnost, závratě nebo bolesti hlavy.  + Systém je schopen zahrnout komplexní detaily a realistické scénáře, které zlepšují učení. Prokázána účinnost v podpoře aktivního učení – dokáže školené osoby zaujmout a motivovat, navíc podporuje prostorové poznávání. Předpokládá se snížení nákladů.  - Limitující faktor současných řešení pro školení BOZP – scénáře vytváří programátoři s omezeným vhladem do problematiky.
Pedro, A., Le, Q. T. & Park, Ch.	2016	Framework for Integrating Safety into Construction Methods Education through Interactive Virtual Reality	Návrh nového přístupu, respektive frameworku, pro vzdělávání v oblasti stavebnictví – vývoj VSES (virtual construction safety education system – virtuální bezpečnostní systém v oblasti stavebnictví).	Experiment, dotazníkové šetření, rozho- vory	Stavební ctví	+ Poskytování podrobné a včasné zpětné vazby. Scénáře pokrývají různá témata. Zlepšení znalostí všech školených zaměstnanců.  - Délka vývoje.
Mo, Y., Zhao, D., Du, J. & Liu, W.	2018	Data-Driven Approach to Scenario Determination for VR-Based Construction Safety Training	Představení způsobu, jenž slouží ke zvýšení efektivity tréninkových systémů zaměřených na bezpečnost (BOZP).  Představení frameworku podporujícího integraci znalostí o bezpečnosti, BIM (informační model budovy) a víceuživatelskou interakci. Vývoj multi-player VR edukační platformy.	Experiment	Stavební ctví	+ Minimalizuje rozptylování, výkon snadno dostupný, možnost opakování cvičení. - Neodpovídá skutečným podmínkám (zápach, teplota, soumrak), neumožňuje fyzickou aktivitu.
Luo, X., Wong, Ch. & Chen, J.	2016	A Multi-player Virtual Reality-based Education Platform for Construction Safety	BOZP, VR a 360stupňové panorama. Vyvinutí a porovnání tréninkových (a evaluačních) platform pro BOZP založených na VR, respektive 360stupňovém panoramatu.	-	Stavební ctví	
Eiris, R., Gheisari, M. & Esmaeli, B.	2019	Desktop-based safety training using 360-degree panorama and static virtual reality techniques: A comparative experimental study	Ověření, do jaké míry je virtuální výcvikové prostředí schopno řešit potřeby výcviku v těžebním průmyslu, respektive překonávat místní výcviková omezení (v reálném světě).	Experiment, dotazníkové šetření	-	
Pedram, S., Perez, P., Pamisano, S. & Farrelly, M.	2018	A Qualitative Evaluation of the Role of Virtual Reality as a Safety Training Tool for the Mining Industry		Experiment, dotazníkové šetření	Těžební průmysl	

Shaiq, M. T. & Afzal, M.	2020	Potential of Virtual Design Construction Technologies to Improve Job-site Safety in Gulf Corporation Council	BOZP ve stavebnictví, prezentace přehledu technologií pro školení BOZP, respektive zlepšení bezpečnosti – VR, AR, BIM (informační model budovy), "Game technologies" a podobně.	Dotazníkové šetření	-	+ Efektivní trénink - Nizká znalost používání VR, někteří zaměstnanci odmítají nové technologie
Pena, A. M. & Ragan, E. D.	2017	Contextualizing Construction Accident Reports in Virtual Environments for Safety Education	Formulace rámcových pokynů pro tvorbu virtuálních prostředí s účelem výuky BOZP v oblasti stavebnictví.	Experiment, dotazníkové šetření	-	- Potíže s ovládním, respektive s pohybem v prostředí. Účastníci by také ocenili vyšší míru vedení.
Le, Q. T., Pedro, A. & Park, Ch. S.	2014	A Social Virtual Reality Based Construction Safety Education System for Experiential Learning	Problematika edukace/tréninku BOZP ve stavebnictví, trénink pomocí VR. Návrh online sociálního VR systému umožňujícího „role-playing“, dialogické vyučování a sociální interakci v oblasti stavební bezpečnosti a zdravotní výchovy. Ověření aplikovatelnosti vytvořeného VR systému.	Případová studie	Stavební čtvrti	+ Zlepšení zkušenostního učení. - Časová i finanční náročnost ve fázi tvorby jednotlivých scénářů, animací a podobně.
Buttussi, F. & Chittaro, L.	2018	Effects of Different Types of Virtual Reality Display on Presence and Learning in a Safety Training Scenario	Evaluace efektivity jednotlivých zobrazovacích zařízení ve VR v oblasti tréninku BOZP.	Experiment, dotazníkové šetření	-	+ Významný nárůst znalostí sebedůvěry ve vlastní schopnosti (self-efficacy) po VR tréninku (srovnáváno za využití předtestového dotazování a potestového dotazování). + Nákladová efektivita, efektivita učení (dobré zapamatování) i tři měsíce po absolvování experimentu.
Grabowski, A. & Jankowski, J.	2015	Virtual Reality-based pilot training for underground coal miners	Hodnocení virtuální reality jako nástroje pro vzdělávání horníků.	Experiment	Těžební průmysl	

Zdroj: Vlastní zpracování, 2022

### 3. VÝSLEDKY A DISKUZE

Uvedené články (viz Tab. 1) ukázaly, že využití VR jako součásti školení bezpečnosti a ochrany zdraví při práci má základní potenciál pomoci zaměstnancům lépe provádět bezpečnostní postupy a vyhnout se tak nebezpečným situacím na pracovišti.

#### 3.1 Odvětví zkoumaných publikací

Velká část recenzovaných článků se zaměřuje na stavebnictví (viz např. Zhao a kol., 2016; Shamsudin & Majid, 2019; Luo a kol., 2016). Dle Nykänen a kol. (2020) je stavebnictví jedním z odvětví s nejvyšší mírou úmrtnosti a úrazovosti na celém světě. Studie ukázaly, že jedním z klíčových faktorů, které přispívají k nehodám ve stavebnictví, je lidská chyba. Přestože je lidská chyba nevyhnutelná, pracovníci ze stavebnictví mohou prostřednictvím školení a zkušeností získat řadu dovedností a znalostí, které zlepšují schopnost identifikovat a vyhodnocovat rizika. Pokrok v oblasti virtuální reality nabízí možnosti, jak zajistit efektivní přístup ke školení v oblasti bezpečnosti.

V oblasti těžebního průmyslu ukázal článek autorů Grabowski a Jankowski (2015) slibné výsledky v hodnocení virtuální reality jako nástroje pro vzdělávání horníků a v závěru autoři doporučili podnikům, aby zavedli školení s využitím VR jako součást základního školení v oblasti bezpečnosti pro nové zaměstnance. Využití virtuální reality pro účely školení bezpečnosti práce bylo široce zkoumáno také v oblasti chemického průmyslu.

Darragh a kol. (2020) se věnovali využití VR pro školení bezpečnosti v oblasti zdravotnictví, konkrétně pro odborníky na domácí péči. Na oblast zemědělství se zaměřil Gonzales a kol. (2017), který zkoumal simulátor ve VR pro BOZP v oblasti řízení a užívání traktorů (spojené zejména s rizikem převrácení a ROPS – systém ochrany při převrácení).

#### 3.2 Výhody použití virtuální reality ke školení bezpečnosti práce

Často uváděnou výhodou školení s virtuální realitou je snížení nákladů (např. Grabowski & Jankowski, 2015; Pedro a kol., 2016). Podle uvedených autorů by VR školení snížilo náklady skutečného praktického školení. Tradiční školení vyžadují například přítomnost instruktora a často i dlouhé cesty do školícího zařízení v pracovní době. Školení s virtuální realitou by mohlo poskytnout vhodnou alternativu, která má sice vysoké počáteční náklady (především na vývoj softwaru a na vývoj a nákup hardwaru), ale nevyžaduje, aby se zaměstnanci vzdálili od svého obvyklého místa výkonu práce. Vývoj novějších, cenově dostupnějších a přenosnějších VR zařízení může usnadnit implementaci těchto technologií v blízké budoucnosti. Jako další výhody byly zmiňovány okamžitá zpětná vazba, poutavé prostředí pro výcvik, podněcování kritického myšlení a rozhodování v souvislosti s hodnocením rizik, které musí odborník provádět (Darragh a kol., 2016; Shamsudin, 2019; Lawson a kol., 2020; Nykänen a kol., 2020). Zlepšení doby reakce a přesnost úkonů uvádí jako výhodu Manca a kol. (2014).

Buttussi a Chittaro (2018) uvádějí, že virtuální realita skvěle poslouží nejen nově přichozím zaměstnancům, ale také těm, kteří si školením bezpečnosti práce již prošli. V takovém případě se jedná o tzv. aktualizaci školení, během kterého si zaměstnanci připomenou zásady bezpečnosti práce. Zároveň si tím zaměstnavatel ověří dovednosti svých zaměstnanců i to, jak jsou na nenadálé situace na pracovišti či na pracovní úrazy připravení. Pedro a kol. (2016) poukázali na to, že technologie VR zlepšila školení o bezpečnosti práce tím, že poskytla velmi reálné scénáře, které pracovníky zaujaly a tím zlepšily učení a usnadnila vypisování a řízení pracovních rizik. Další články z odvětví stavebnictví označily VR jako účinný nástroj pro trénink identifikace nebezpečí (Le a kol., 2014; Pedro a kol., 2016; Mo a kol., 2018). Pedro a kol. (2016) zmiňují, že tato technologie má pozitivní vliv na zvýšení zapojení účastníků školení o bezpečnosti práce. V oblasti těžebního průmyslu ukázal článek autorů Grabowski a Jankowski (2015) slibné výsledky této technologie, přičemž horníci uváděli, že školení bylo užitečné a mělo pozitivní vliv na zapamatování obsahu školení i po třech měsících od experimentu.



Získaná data z dotazníkového šetření v publikaci autorů Pedrama a kol. (2018) byla použita k sestavení SWOT analýz – a to jak z pohledu trénovaných osob, tak i trenérů a vývojářů. Z analýz dat pak vyplývá, že VR je schopna překonat mnohá omezení výcviku v reálném světě, a má tak potenciál vyplnit mezery mezi těmito tréninky v reálném prostředí a tradičními přístupy k výcviku. Gonzales a kol. (2017) ve své studii simulátoru ve VR pro BOZP v oblasti řízení a užívání traktorů uvedli, že pracovníci, kteří se účastnili školení, se dopouštěli méně chyb při nasazování ROPS (systém ochrany při převrácení). Vnímání rizika a bezpečnosti po absolvování simulátoru řízení traktoru se zvýšilo u všech účastníků – nejvíce přitom u příležitostných uživatelů traktorů. Všichni účastníci experimentu vyjádřili pozitivní dojem, jenž na nich simulátor zanechal – dle jejich přesvědčení simulátor umožňuje bezpečnější používání traktoru v reálném prostředí.

### **3.3 Nevýhody použití virtuální reality ke školení bezpečnosti práce**

Jako nevýhodu ve své studii Le a kol. (2014) uvádí náklady na počáteční vývoj. Zároveň je jako nevýhoda v několika publikacích zmíněná (například Eiris a kol., 2019; Le a kol., 2014; Zhao a kol., 2015) i časová náročnost vývoje scénářů a animací. Bhoir a Esmaeili (2015) uvádějí jako významnou bariéru to, že zkušenější pracovníci dávají přednost tradičnímu školení před školením prostřednictvím VR. Je tedy pravděpodobné, že různé skupiny zaměstnavatelů budou mít různé preference pro školení. Navíc zkušenější pracovníci jsou běžně starší osoby, a proto nemají tolik zkušeností s používáním moderních vizuálních technologií a jsou náchylnější k nepříjemným fyziologickým příznakům (nevolnosti a podobně) při používání VR (Dhalmahapatra a kol., 2021). Vysokou míru uživatelů, kteří pociťují nepříjemné fyziologické příznaky při vystavení VR zmiňuje i Darragh a kol. (2016) a Lawson a kol. (2020) jako nevýhodu, která by mohla v rané fázi zásadně omezit míru přijetí virtuální reality. Studie zabývající se školením bezpečnosti silničního provozu ve VR (Deb a kol., 2017) uvádí, že přibližně 11 % účastníků studie odstoupilo od experimentu kvůli příznakům nevolnosti ze simulátoru. Zdá se, že nevolnost ze simulátoru lze předvídat na základě řady faktorů, včetně věku, pohlaví a předchozího používání podobných technologií, proto by mohlo být možné, že některá pracoviště nebo cílové skupiny mohou být pro používání technologie VR životaschopnější než jiné. Kromě toho je vzhledem k nedávnému vývoji těchto technologií známo málo informací o zdravotních účincích dlouhodobého používání systémů VR, a proto si tento aspekt zaslouží v budoucnu pozornost. Pedro a kol. (2016) zmínili další nevýhodu, a to že mnoho z možných aplikací této technologie je omezeno současnou technologií.

Zajímavé je, že Bhoir a Esmaeili (2015) poukázali na to, že i když se zdá, že je odborná komunita přesvědčena o možnostech a výhodách, které VR nabízí pro zvýšení bezpečnosti práce, v praxi je počet podniků, které tuto technologii využívají pro školení bezpečnosti práce, stále velmi malý. Když byli navíc dotázáni odborníci na bezpečnost práce, uvedli, že dávají přednost praktickému tradičnímu školení před školením simulovaným pomocí VR. Pedram a kol. (2018) doplnili, že přestože VR trénink může doplnit jak tradiční, tak i praktický výcvik, nezdá se, že by jej ve všech případech mohl vždy zcela nahradit. Byly odhaleny potřeby, jež musí tréninkové prostředí reflektovat – zvuky, teplota, pachy, možnost fyzické aktivity, různé rizikové scénáře, co nejnižší počet rozptylujících stimulů, možnost opakování cvičení a jiné.

## **ZÁVĚR**

Z provedené studie bylo zjištěno, že stavebnictví je odvětvím, kde je využívání technologií virtuální reality pro školení v oblasti bezpečnosti nejvíce zmiňováno. Nicméně pokusy byly zaznamenány i ve zdravotnictví, zemědělství a v těžebním a chemickém průmyslu. Široké využití školení VR pro bezpečnost práce v těchto odvětvích může souviset s vysokým vnitřním nebezpečím, kterému jsou zaměstnanci vystaveni při práci ve výškách, s těžkými stavebními stroji nebo hořlavými a tlakovými chemikáliemi. Vyšší potenciální bezpečnostní riziko ospravedlňuje vyšší počáteční náklady na vývoj komplexních scén VR (jak tvrdí Patle a kol., 2019). Většina recenzovaných článků uváděla, že trénink v oblasti bezpečnosti s využitím virtuální reality může pomoci zaměstnancům připravit se na skutečné krizové scénáře. Kromě toho, použití virtuální reality v pracovním prostředí nejen zlepšit chování pracovníků, čímž se zvýší jejich povědomí o nebezpečí během

jejich práce v reálném životě. Další publikace uváděly jako výhodu využití VR pro BOZP nákladovou efektivitu, poutavé prostředí pro výcvik nebo například zrychlení doby reakce. Naopak jako nevýhoda byla zmíněna počáteční finanční i časová náročnost, dále také tzv. cyber sickness – nepříjemné příznaky, které někteří uživatelé zažívají, mohou zpomalit přijetí technologie a je třeba více porozumět zdravotním důsledkům dlouhodobého používání technologie.

Autorka provedla výzkum z důvodu podkladu pro svoji disertační práci. Budoucí výzkum tedy zaměří na identifikaci faktorů, které ovlivňují přijetí či nepřijetí virtuální reality do podnikového vzdělávání, konkrétně při BOZP. V provedené rešerši se objevovaly faktory spíše technologického charakteru, avšak při přijetí této technologie do podniku hraje roli i velké množství jiných (manažerských) faktorů, například postoj vedoucích pracovníků k zavádění moderních technologií a podobně.

## Poděkování

**Článek vznikl za podpory Studentské grantové soutěže Západočeské univerzity v Plzni v rámci projektu „Výzkum vybraných oblastí managementu a marketingu organizací v kontextu demografických a technologických změn“ SGS-2020-015.**

## ZDROJE

Bhoir, S., & Esmaili, B. (2015). State-of-the-Art Review of Virtual Reality Environment Applications in Construction Safety. *AEI 2015: Birth and Life of the Integrated Building – Proceedings of the AEI Conference 2015*. 457-468. DOI: 10.1061/9780784479070.040.

Burdea, G., & Coiffet, P. (2003). Virtual Reality Technology. *Presence*, 12. 663-664. DOI 10.1162/105474603322955950.

Buttussi, F., & Chittaro, L. (2017). Effects of Different Types of Virtual Reality Display on Presence and Learning in a Safety Training Scenario. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. DOI: 10.1109/TVCG.2017.2653117.

Darragh, A. R., Lavender, S., Polivka, B., Sommerich, C. M., Wills, C. E., & Stredney, D. L. (2016). Gaming Simulation as Health and Safety Training for Home Health Care Workers. *Clin Simul Nurs*, 12(8): 328-335. DOI: 10.1016/j.ecns.2016.03.006.

Deb, S., Carruth, D. W., Sween, R., Strawderman, L., & Garrison, T. M. (2017). Efficacy of virtual reality in pedestrian safety research. *Applied Ergonomics*, 65, 449-460. DOI: 10.1016/j.apergo.2017.03.007.

Dhalmahapatra, K., Maiti, J., & Krishna, O. B. (2021). Assessment of virtual reality based safety training simulator for electric overhead crane operations. *Safety Science*. 139. 105241. DOI: 10.1016/j.ssci.2021.105241.

Eiris, R., Gheisari, M., & Esmaili, B. (2019). Desktop-based safety training using 360-degree panorama and static virtual reality techniques: A comparative experimental study. *Automation in Construction*. DOI: 10.1016/j.autcon.2019.102969.

Gonzales, D. O., Martin-Gorriz, B., Berrocal, I., Morales, M. A., Adolfo, G., & Hernandez, B. M. (2017). Development and assessment of a tractor driving simulator with immersive virtual reality for training to avoid occupational hazards. *Computers and Electronics in Agriculture*, 143: 111-118. DOI: 10.1016/j.compag.2017.10.008.

Grabowski, A., & Jankowski, J. (2015). Virtual Reality-based pilot training for underground coal miners. *Safety Science*. 72. 310–314. DOI: 10.1016/j.ssci.2014.09.017.

Grassini, S., & Laumann, K. (2020). Questionnaire measures and physiological correlates of presence: A systematic review. *Frontiers in Psychology*, 11, 349. DOI: 10.3389/fpsyg.2020.00349.

- Guo, H., Yantao Y. & Skitmore, M. (2017). Visualization technology-based construction safety management: A review. *Automation in Construction*, 73, 135-144. DOI: 10.1016/j.autcon.2016.10.004.
- Jin, G., & Nakayama, S. (2015). Virtual reality game for safety education. *ICALIP 2014–2014 International Conference on Audio, Language and Image Processing, Proceedings*. 95-100. DOI: 10.1109/ICALIP.2014.7009764.
- Lawson, G., Roper, T., Shaw, E., Hsieh, M., & Cobb, S. (2020). Multimodal virtual environments: an opportunity to improve fire safety training?. *Policy and Practice in Health and Safety*. 18. 1-14. DOI: 10.1080/14773996.2020.1796085.
- Le, Q.T., Pedro, A., & Park, C.S. (2015). A Social Virtual Reality Based Construction Safety Education System for Experiential Learning. *J Intell Robot Syst*, 79, 487–506. DOI: 10.1007/s10846-014-0112-z.
- Li, X., Yi, W., Chi, H. L., Wang, X., & Chan, A. P. (2018). A critical review of virtual and augmented reality (VR/AR) applications in construction safety. *Automation in Construction*, 86, 150-162. DOI: 10.1016/j.autcon.2017.11.003.
- Luciani, A. (2017). Virtual reality and virtual environment. Enaction and enactive interfaces : a handbook of terms, *Enactive Systems Book*, pp.299-300. fhal-00980481.
- Luo, X., Wong, C., & Chen, J. (2016). A Multi-player Virtual Reality-based Education Platform for Construction Safety. *Computer Science*.
- Manca D., Nazir S., Colombo S., & Kluge A. (2014). Procedure for automated assessment of industrial operators. *Chem Eng Trans*, 36, 391-396. DOI:10.3303/CET1436066.
- Manca, D., Nazir, S., Colombo, S. & Kluge, A. (2014). Procedure for Automated Assessment of Industrial Operators. *Chemical Engineering Transactions*, 36. 391-396. DOI: 10.3303/CET1436066.
- Mansdorf, S. Z. (2019). Handbook of Occupational Safety and Health. 3rd edition. John Wiley & Sons, Inc.
- Mikropoulos, T., & Natsis, A. (2011) Educational Virtual Environments: A Ten-Year Review of Empirical Research (1999-2009). *Computers & Education*, 56, 769-780. DOI: 10.1016/j.compedu.2010.10.020.
- Mo, Y., Zhao, D., Du, J. & Liu, W. (2018). Data-Driven Approach to Scenario Determination for VR-Based Construction Safety Training. DOI: 10.1061/9780784481288.012.
- Nickel, P., & Lungfiel, A. (2018). Improving Occupational Safety and Health (OSH) in Human-System Interaction (HSI) Through Applications in Virtual Environments. DOI: 10.1007/978-3-319-91397-1\_8.
- Nykänen, M., Puro, V., Tiikkaja, M., Kannisto, H., Lantto, E., Simpura, F., Uusitalo, J., Lukander, K., Räsänen, T., Heikkilä, T., & Teperi, A. (2020). Implementing and evaluating novel safety training methods for construction sector workers: Results of a randomized controlled trial. *Journal of Safety Research*, 75. DOI: 10.1016/j.jsr.2020.09.015.
- Patle, D. S., Manca, D., Nazir, S., & Sharma, S. (2019). Operator training simulators in virtual reality environment for process operators: a review. *Virtual Reality*, 23(3), 293-311. DOI:10.1007/s10055-018-0354-3.
- Pedram, S., Perez, P., Pamisano, S., & Farrelly, M. (2018). A Qualitative Evaluation of the Role of Virtual Reality as a Safety Training Tool for the Mining Industry. DOI: 10.1007/978-3-319-78795-4\_14.
- Pedro, A., Le, Q. T., & Park, Ch. (2016). Framework for Integrating Safety into Construction Methods Education through Interactive Virtual Reality. *J. Prof. Issues Eng. Educ. Pract.* DOI: 10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000261.
- Pena, A. M., & Ragan, E. D. (2017). Contextualizing construction accident reports in virtual environments for safety education. 389-390. DOI: 10.1109/VR.2017.7892340.

- Sacks, R., Perlman, A. & Barak, R. (2013). Construction safety training using immersive virtual reality. *Construction Management and Economics*, 31(9), 1005-1017. DOI:10.1080/01446193.2013.828844.
- Seungho, J., Jongkwon, W., & Chankyu K. (2020). Analysis of severe industrial accidents caused by hazardous chemicals in South Korea from January 2008 to June 2018. *Safety Science*, Volume 124. DOI: 10.1016/j.ssci.2019.104580.
- Shaiq, M. T., & Afzal, M. (2020). Potential of Virtual Design Construction Technologies to Improve Job-Site Safety in Gulf Corporation Council. *Sustainability*. 12. DOI: 10.3390/su12093826.
- Shamsudin, N. M. & Majid, F. A. (2019). Effectiveness of Construction Safety Hazards Identification in Virtual Reality Learning Environment. *Environment-Behaviour Proceedings Journal*, 4. DOI: 10.21834/e-bpj.v4i12.1901.
- Shamsudin, N. M., Mahmood, N. H., Rahim, A. R. A., Fathi, M. S., & Masrom, M. (2018). Virtual Reality for Construction Occupational Safety and Health Training: A Review. *Advanced Science Letters*, 24. 2444-2446. DOI: 10.1166/asl.2018.10976.
- Shamsudin, N., Mahmood, N., Rahim, A. R. A., & Fathi, M. S. (2018). Virtual Reality Training Approach for Occupational Safety and Health: A Pilot Study. *Advanced Science Letters*, 24. 2447-2450. DOI: 10.1166/asl.2018.10977.
- Schwebel, D.C., Combs, T., Rodriguez, D., Severson, J., & Sisiopiku, V. (2016). Community-based pedestrian safety training in virtual reality: A pragmatic trial. *Accident Analysis & Prevention*, 86, 9-15. DOI: 10.1016/j.aap.2015.10.002.
- Sinitski, E.H., Thompson, A., Godsell, P., Honey, J., & Sinitski, E. (2018). Postural stability and simulator sickness after walking on a treadmill in a virtual environment with a curved display. *Displays*, 52. DOI: 10.1016/j.displa.2018.01.001.
- Státní úřad inspekce práce. *Zpráva o pracovní úrazovosti v České republice v roce 2021*. Dostupné 17. 9. 2022 z: <https://www.suip.cz/documents/20142/43692/Zpr%C3%A1va+o+pracovn%C3%AD+%C3%BArazovosti+v+%C4%8CR+za+rok+2021.pdf/60c0b5da-002f-7ca2-b4a2-7ac1f008de87>
- Zhao, D., & Lucas, J. (2015). Virtual reality simulation for construction safety promotion. *International journal of injury control and safety promotion*. 22. 57-67. DOI: 10.1080/17457300.2013.861853.
- Zhao, D., Mccoy, A., Kleiner, B. & Feng, Y. (2016). Integrating Safety Culture into OSH Risk Mitigation: A Pilot Study on the Electrical Safety. *Journal of Civil Engineering and Management*, 22. 800-807. DOI: 10.3846/13923730.2014.914099.