

# ***Skuteczność zastosowania wirtualnej rzeczywistości (VR) w szkoleniach wysokościowych***

**Michał Kędra** / Instytut Psychologii, Katolicki Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II

e-mail: [michal.kedra@kul.pl](mailto:michal.kedra@kul.pl)

ORCID: 0000-0002-9000-9898

**Rafał Muda** / Instytut Psychologii, Uniwersytet Wrocławski

email: [muda.research@gmail.com](mailto:muda.research@gmail.com)

ORCID: 0000-0003-4953-6642

**Paweł Rosiński** / CBR Rock Master, Kraków

e-mail: [pawel.rosik.rosinski@gmail.com](mailto:pawel.rosik.rosinski@gmail.com)

ORCID: 0009-0003-2564-8620

---

## **Streszczenie**

Rozwój technologiczny spowodował wprowadzenie nowoczesnych rozwiązań do procesu szkoleniowego w wielu branżach przemysłowych. Przykładem może być zastosowanie metody wirtualnej rzeczywistości (VR) w podnoszeniu kompetencji i umiejętności pracowników. Przegląd literatury wskazuje, że dzięki temu można uniknąć narażenia pracowników na niebezpieczeństwo oraz obniżyć koszty procesu szkoleniowego, jednakże narzędzie wymaga odpowiedniego dopracowania oraz szczegółowych badań. W niniejszym badaniu poddano weryfikacji skuteczność zastosowania VR w szkoleniach wysokościowych. W eksperymencie porównano efekty trzech różnych wersji szkoleniowych: a) przeprowadzonej w realnych warunkach szkoleniowych, b) standardowej VR odwzorowującej realne warunki, c) edukacyjnej VR, która poza odwzorowaniem warunków posiadała wsparcie wirtualnego mentora. Badanie przeprowadzono na próbie 739 osób (94,7% mężczyzn). Efekty szkolenia weryfikowano na podstawie egzaminu praktycznego, porównując jego wyniki po każdej wersji szkolenia. Statystyczna analiza danych testem Kruskala-Wallisa wykazała brak różnic pomiędzy wersją realną a standardową VR oraz istotne różnice pomiędzy wersją edukacyjną VR i realną. Uzyskane wyniki dają podstawy do zastosowania edukacyjnej wersji VR jako skutecznego narzędzia podnoszenia kompetencji w wymagających pod względem ekonomicznym oraz technicznym warunkach szkoleniowych. W celu wypracowania odpowiednich rozwiązań niezbędne są dalsze badania nad zastosowaniem tej metody.

Słowa kluczowe: **Wirtualna rzeczywistość, szkolenia wysokościowe, skuteczność.**

## ***The effectiveness of VR-based teaching in high-altitude training***

### **Abstract**

Technological advancement has led to the integration of modern solutions into the training process across various industrial sectors. An example of this is the application of virtual reality (VR) in enhancing the competencies and skills of employees. A literature review indicates that the use of this method can mitigate the exposure of workers to hazards and reduce the costs associated with the training process; however, it requires refinement and detailed research. Our study aimed to verify the effectiveness of VR application in high-altitude training. The experiment compared the effects of three different training versions: a) conducted in real training conditions, b) standard VR replicating real conditions, c) educational VR with virtual mentor support in addition to replicating conditions. The study involved a sample of 739 individuals (94.7% male). Training effects were assessed based on a practical exam, comparing its results after each training version. Statistical analysis using the Kruskal-Wallis test revealed no differences between the real and standard VR versions, but significant differences

between the educational VR and real version. The obtained results provide a basis for the application of educational VR as an effective tool for enhancing competencies in economically and technically demanding training conditions. Further research on the application of this method is necessary to develop appropriate solutions.

Keywords: **Virtual Reality, high-altitude training, effectiveness.**

---

## WPROWADZENIE

W ciągu ostatnich 30 lat nastąpił znaczący postęp w zakresie zastosowania nowoczesnych technologii w wielu aspektach życia społecznego. Jedną z głównych dziedzin, bezpośrednio związanych z tworzeniem i wdrażaniem innowacyjnych rozwiązań technologicznych, jest szeroko pojęta edukacja. W obszarze tym, skoncentrowanym na dostarczaniu wiedzy, kompetencji i umiejętności, stale poszukuje się najbardziej efektywnych narzędzi, które pozwolą na optymalizację procesu nauczania (Ozimek i Lewandowska, 2019).

W celu usprawnienia procesu przyswajania wiedzy coraz częściej wykorzystuje się nowoczesne technologie, które wspierają, a czasami wręcz całkowicie zastępują tradycyjne metody dydaktyczne. Wprowadzenie takich rozwiązań stwarza wiele możliwości zarówno dla nauczycieli, jak i uczniów. Dobrze zaprojektowane i sprawdzone metody szybko zyskują na popularności, a ich zastosowanie z czasem staje się coraz bardziej powszechne i opłacalne (Chavez i Bayona, 2018). Jedną z najszybciej rozwijających się metod nauczania opartych na nowoczesnych technologiach jest wirtualna rzeczywistość (VR), która pozwala użytkownikowi bezpośrednio doświadczać wirtualnego świata w czasie rzeczywistym (Nooriafshar, Williams i Maraseni, 2004). Badania pokazują, że uczniowie są w stanie przyswoić więcej informacji oraz lepiej zastosować je w praktyce, gdy uczestniczą w ćwiczeniach opartych na technologii VR (Krokos, Plaisant i Varshney, 2019).

Na wstępnym etapie analizy zastosowania edukacji z wykorzystaniem VR zidentyfikowano 59 przeglądów badań podsumowujących różne zagadnienia związane z uczeniem, treningiem oraz nauczaniem (w latach 2009-2018). Na podstawie tego przeglądu wyróżniono cztery najbardziej popularne obszary szkoleniowo-edukacyjne z wykorzystaniem VR: medycynę (78%), nauki społeczne (15%), neuronauki (11%) oraz psychologię (11%) (Radianti, Majchrzak, Fromm i Wohlgenannt, 2020). Ponadto w ramach własnego przeglądu, który obejmował 38 badań naukowych z lat 2016-2018 autorzy zauważyli, że największy odsetek zastosowania VR (34%) dotyczył przekazywania wiedzy praktycznej i proceduralnej. Przykładem może być nauczanie procedur bezpieczeństwa podczas nagłego pożaru w biurze, gdy uczestnik w wirtualnym środowisku podejmuje działania mające na celu ugaszenie ognia oraz zapewnienie bezpieczeństwa innym współpracownikom (Zhang, Suo, Chen, Liu, i Gao, 2017). W kontekście wspomnianych zastosowań z obszarów stwarzających zagrożenie dla uczestników, VR z powodzeniem wykorzystywano również w badaniach i terapii nad lękiem wysokości. Przykładowo Krupić i współpracownicy (2021) prezentowali uczestnikom wirtualny wjazd windą na szczyt wieżowca, a następnie prosili o wejście na dwumetrową deskę wystającą poza obręb budynku. Badani oceniali m.in. poziom realistyczności tej metody. Wyniki wykazały, że osoby te doświadczyły silnego poczucia realnej wysokości, co potwierdziło potencjał VR w edukacji dotyczącej ekspozycji na wysokość.

Z kolei w badaniu przeprowadzonym na grupie zawodowych strażaków testowano skuteczność VR w nauczaniu procedur bezpiecznego podchodzenia i rozpoznawania zagrożeń podczas wypadków z udziałem samochodów ciężarowych, które mogą przewozić niebezpieczne materiały. Wyniki wykazały, że zarówno grupa początkujących, jak i doświadczonych strażaków, uznała metodę wirtualnego szkolenia za bardzo użyteczną oraz nieprzeciążającą, biorąc pod uwagę ogólny wysiłek podczas nauki. W jednej z najnowszych metaanaliz badań, która dotyczyła zastosowania VR w treningu wiedzy proceduralnej, zaobserwowano pozytywny efekt immersyjnego treningu proceduralnego. Oznacza to, że odpowiednio zaprojektowane środowisko sprzyja skutecznemu nauczaniu postępowania w realnych sytuacjach życiowych, które mogą stanowić duże wyzwanie dla osoby szkolonej (np. operacja medyczna). Metoda VR może być zatem skutecznie stosowana w wąskich dyscyplinach, szczególnie w szkoleniach specjalistycznych. Najczęściej są to kursy, których przeprowadzenie w rzeczywistych warunkach jest trudne lub wiąże się z ryzykiem dla uczestników (Pantelidis, 2010).

Niniejsza praca odnosi się do aspektu szkoleń wysokościowych, które stwarzają szczególne zagrożenie dla kursantów, ponieważ zazwyczaj wiążą się z wystawieniem ich na ekspozycję wysokościową. Taka sytuacja może generować zarówno szereg zagrożeń dla szkolonych, jak i wyzwania dla szkolących. Osoby rozpoczynające pracę na wysokości już podczas pierwszego szkolenia korzystają ze sprzętu asekuracyjnego. Biorąc pod uwagę fakt, że może to być dla nich pierwsza styczność z przebywaniem na wysokości, należy zwrócić uwagę na powstające podczas szkolenia poczucie dyskomfortu oraz zwiększone prawdopodobieństwo popełnienia błędów pod wpływem stresu ekspozycyjnego. Prowadzący również doświadczają wyzwań związanych z niepewnością sytuacji, nieznaną zachowaniem osoby szkolonej oraz ryzykiem związanym z odpowiedzialnością za prawidłowy przebieg szkolenia. Szkolenie wysokościowe może zatem powodować wiele obciążeń psychofizycznych, które niekorzystnie wpływają na samopoczucie uczestników i szkolących. Ponadto udział w tego typu szkoleniach niesie ryzyko zagrożenia zdrowia, a niekiedy też życia osób szkolonych.

Biorąc pod uwagę powyższe czynniki, szkolenia z wykorzystaniem VR wydają się stwarzać duży potencjał do tego, by wprowadzić je w branży wysokościowej. Celem niniejszych badań było dokonanie oceny skuteczności takiego oddziaływania, tj. porównanie skuteczności szkoleń wysokościowych realizowanych metodą tradycyjną (Real) z tymi, które wykorzystują wirtualną rzeczywistość.

Zgodnie z przyjętymi standardami w prowadzeniu szkoleń VR, przyjęto, że ich skuteczność oznacza realne umiejętności w wykonywaniu określonych czynności po odbyciu szkoleniu (Radianti i in., 2020). W celu pogłębienia wiedzy na temat skuteczności szkoleń wysokościowych z wykorzystaniem VR stworzone zostały dwa warunki szkolenia w wirtualnej rzeczywistości w wariantach Standardowym VR i w wariantach Edukacyjnym VR. Różnica pomiędzy wariantem Standardowym VR a Edukacyjnym polegała na wprowadzeniu personalnego mentora w wariantach Edukacyjnym, który podczas szkolenia przekazywał badanym informacje zwrotne dotyczące popełnianych błędów, co miało na celu wywołanie bardziej immersyjnych doświadczeń (Kęsy, 2016). Przypuszczaliśmy, że metoda ta może charakteryzować się wyższą skutecznością w porównaniu do wariantu Standardowego.

## METODA

### 1. Osoby badane

W badaniu wzięło udział 739 osób, z czego zdecydowaną większość, bo aż 94,7% stanowili mężczyźni. Największy odsetek osób miał wykształcenie wyższe (44,2%), następnie średnie (40,2%), zawodowe (12,0%), i podstawowe (0,5%). Większość badanych wskazała jako miejsce zamieszkania duże miasto (34,6%), w drugiej kolejności wieś (24,3%). Pozostałe osoby odpowiedziały, że mieszkają w średnim (19,5%) lub małym mieście (17,5%). Wiek badanych mieścił się w przedziale od 18 do 69 roku życia ( $M = 40,37$ ;  $SD = 10,60$ ). Uczestnicy byli bardzo zróżnicowani pod względem doświadczenia zawodowego. Zakres odpowiedzi na pytanie o liczbę lat doświadczenia w branży wahał się od 0 do 48 lat, przy czym średnio było to  $M = 7,21$  lat ( $SD = 9,50$ ). W badanej próbie 40,2% osób ( $N = 301$ ) posiadało doświadczenie krótsze niż rok. W związku ze specyfiką prowadzonych szkoleń oraz badań, próba badawcza obejmowała głównie trzy branże, których reprezentanci stanowili łącznie 98,3% wszystkich badanych. Najliczniejsi byli reprezentanci branży przemysłowej (52,5%), następnie telekomunikacyjnej (33,7%) oraz energetycznej (12,1%). Jedynie 1,7% badanych wskazało na reprezentowanie innej branży.

### 2. Narzędzia badawcze

Do pomiaru zmiennych analizowanych w badaniu zastosowano kwestionariusz socjo-demograficzny, kwestionariusz mierzący bazowy poziom lęku (w celu kontroli potencjalnej zmiennej zakłócającej) oraz egzamin praktyczny, który mierzył zmienną zależną, tj. efektywność szkoleń.

W pomiarze psychologicznym zastosowano kwestionariusz do pomiaru lęku The State-Trait Anxiety Inventory (STAI), który mierzy lęk rozumiany jako przejściowy i uwarunkowany sytuacyjnie stan jednostki oraz jako względnie trwała cecha. Autorami polskiej adaptacji są Spielberger i inni (2011). Liczne korelacje lęku z wynikami innych narzędzi mierzących podobne konstrukty teoretyczne potwierdzają wysoką trafność teoretyczną metody. Kwestionariusz ten został wykorzystany przed rozpoczęciem szkolenia w celu weryfikacji poziomu lęku uczestników. Badani otrzymywali odpowiednią dla pomiaru instrukcję i udzielali odpowiedzi na czterostopniowej skali, gdzie 1 oznaczało „prawie nigdy”, a 4 „prawie zawsze”. Przykładowe twierdzenia to: „Jestem rozszalony”, „Jestem przygnębiony”. Analiza rzetelności współczynnikiem  $\alpha$  Cronbacha wykazała wysoką rzetelność metody dla lęku rozumianego jako cecha ( $\alpha = 0,84$ ) oraz stan ( $\alpha = 0,86$ ).

Do pomiaru zmiennej zależnej, czyli poziomu umiejętności uzyskanych w procesie szkolenia, zastosowano analizę czynności wykonywanych podczas egzaminu po odbyciu szkoleniu. Pomiar był prowadzony przez odpowiednio wyszkolonego i certyfikowanego egzaminatora, którego zadaniem była weryfikacja wykonywanych zadań na wysokości oraz odnotowywanie liczby popełnionych przez uczestnika błędów. Zakres wyników mieścił się w przedziale od 0 do 10. W sytuacji popełnienia dziesiątego błędu osoba uczestnicząca w szkoleniu natychmiast opuszczała poligon treningowy ze względów bezpieczeństwa.

### 3. Procedura badania i analiza danych

Badanie zostało zrealizowane wśród uczestników szkoleń wysokościowych, którzy wcześniej wypełnili i podpisali świadomą zgodę na udział oraz otrzymali informację, że na każdym etapie mogą dobrowolnie i bez konsekwencji zrezygnować z badania. Pełna procedura została pozytywnie zaopiniowana przez komisję ds. etyki badań psychologicznych na uczelni, w której pracuje autor badania. Po uzupełnieniu zgody na udział każdy respondent był losowo przyporządkowywany do jednego z trzech warunków badawczych, jakimi były:

1. Szkolenie Standardowe VR polegające na nauczaniu z zastosowaniem wirtualnej rzeczywistości: badani oglądali film szkoleniowy, brali udział w samouczku do metody VR oraz grali w 4 gry związane z tematyką szkolenia.
2. Szkolenie Edukacyjne VR z tym samym przebiegiem jak standardowe, lecz z zastosowaniem dodatkowych informacji głosowych, informujących uczestników o popełnianych przez nich błędach.
3. Szkolenie Real przeprowadzane metodą tradycyjną na poligonie szkoleniowym, gdzie uczestnik pod opieką instruktora uczył się procedur poprzez odwzorowywanie zachowań i wykonywanie poleconych czynności.

Niezależnie od warunków szkolenia uczestnicy przechodzili przez identyczną procedurę – badanie zostało przeprowadzone przez odpowiednio przeszkolone osoby, które jednocześnie posiadały kwalifikacje do prowadzenia szkoleń wysokościowych. Na pierwszym etapie uczestnicy zostali wprowadzeni w tematykę szkolenia, poinformowani o prowadzonych badaniach oraz poproszeni o udzielenie świadomej zgody na wzięcie w nich udziału. Przed przystąpieniem do szkolenia wypełniali kwestionariusz mierzący ich ogólny i aktualnie odczuwany poziom lęku (STAI cecha-stan) oraz podawali dane demograficzne. Następnie badani w warunku VR zostali poinstruowani, jak powinni korzystać z urządzeń VR i odbyli wstępną akomodację do tej metody szkolenia. Wszyscy badani wzięli udział w szkoleniu wysokościowym, zgodnym ze standardową procedurą szkolenia, w jednym z trzech zaprojektowanych warunków. Po tym czasie następowala przerwa, która miała na celu przywrócenie koncentracji przed końcowym egzaminem umiejętności, który weryfikował nabyte przez badanych umiejętności praktyczne. Po wykonaniu testu przedstawiano uzyskany wynik i podsumowywano krótko szkolenie.

Analizę danych wykonano w oprogramowaniu statystycznym IBM SPSS Statistics (wersja 28). Analizę normalności dla liczby popełnionych podczas egzaminu błędów wykonano z kolei za pomocą testu Kołmogorowa-Smirnowa. Różnice pomiędzy poszczególnymi grupami w zakresie danych demograficznych, kwalifikacji do badania oraz weryfikacji hipotezy badawczej sprawdzono testem H Kruskala-Wallisa. Do analizy szczegółowych różnic międzygrupowych wykorzystano testy post-hoc z poprawką Bonferroniego.

## WYNIKI

### 1. Analizy wstępne

Z powodu braków danych, do finalnej weryfikacji hipotezy badawczej włączono 677 osób. W wersji Real uczestniczyło 318 osób, w wersji standardowej VR 127, natomiast w wersji Edukacyjnej VR – 232. Analiza testem Kruskala-Wallisa wykazała, że pomiędzy trzema warunkami szkoleniowymi nie występują istotne statystycznie różnice w zakresie wieku osób badanych ( $H = 1,82$ ;  $p = 0,402$ ), liczbie lat doświadczenia ( $H = 1,24$ ;  $p = 0,539$ ), poziomu lęku przed szkoleniem ( $H = 1,74$ ;  $p = 0,419$ ) oraz ogólnego poziomu lęku ( $H = 2,30$ ;  $p = 0,316$ ). W związku z tym dobór osób badanych do poszczególnych warunków można uznać za skuteczny.

### 2. Weryfikacja hipotez

Przed przystąpieniem do weryfikacji hipotezy, zakładającej porównanie warunków szkoleniowych pod względem liczby popełnianych błędów, wykonano analizę normalności rozkładów dla każdej grupy. Wyniki testu Kołmogorowa-Smirnowa wykazały, że rozkłady badanych zmiennych nie są zbliżone do rozkładu normalnego ( $p < 0,001$ ). Biorąc pod uwagę znaczącą nierównoliczność badanych pomiędzy poszczególnymi warunkami, zastosowano porównanie testem Kruskala-Wallisa (tabela 1). Wyniki porównania wskazywały na występowanie różnic pomiędzy trzema warunkami szkoleniowymi ( $p < 0,05$ ). W związku z tym przeprowadzono porównanie poszczególnych warunków za pomocą testu post-hoc z poprawką Bonferroniego.

Tabela 1 Porównanie warunków szkoleniowych pod względem liczby błędów

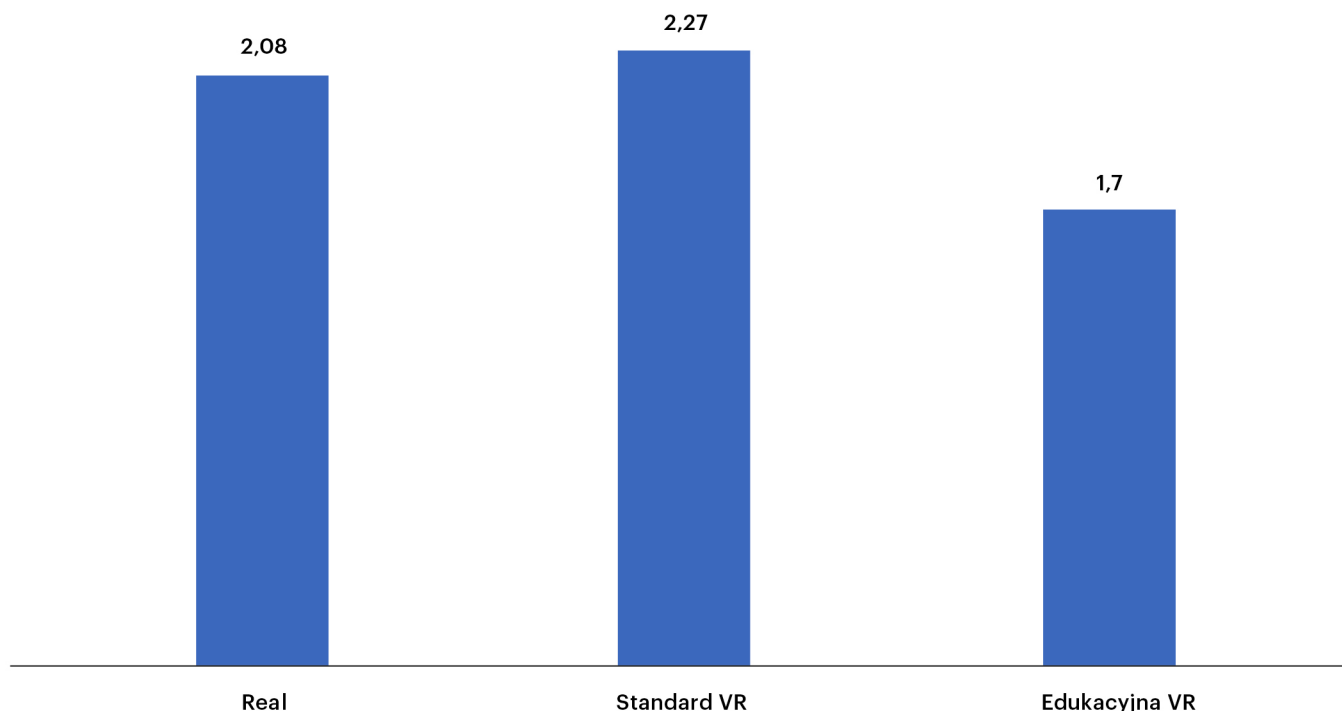
Warunek	Statystyki opisowe			Porównanie średnich		
	N	M	SD	H	df	p
Real	318	2,08	1,81	9,84	2,676	0.007
Standard VR	127	2,27	1,88			
Edukacyjna VR	232	1,70	1,64			

Adnotacja. N – liczebność; M – średnia; SD – odchylenie standardowe; H – test Kruskala-Wallisa; df – stopnie swobody; p – istotność statystyczna

Źródło: opracowanie własne.

Analizy post-hoc wykazały brak istotnych statystycznie różnic pomiędzy realną wersją szkolenia (Real) a wersją Standard VR (różnica = 0,192;  $p = 0,902$ ). Jednakże zaobserwowano istotne różnice pomiędzy wersją Real a Edukacyjną VR (różnica średnich = 0,377;  $p = 0,041$ ) oraz pomiędzy wersją Standardową i Edukacyjną w warunku VR (różnica = 0,569;  $p = 0,011$ ). Poziomy liczbę błędów dla poszczególnych warunków zobrazowano na wykresie 1.

Wykres 1 Liczba popełnianych błędów na egzaminie praktycznym



Źródło: opracowanie własne.

## WNIOSKI

### Podsumowanie wyników

Zgodnie z wieloma definicjami szkolenia są określane jako czynności, procesy lub metody, które dostarczają uczestnikom wiedzy, umiejętności lub doświadczeń. Zazwyczaj odbywają się one w warunkach właściwych dla tematyki danego szkolenia (np. sale lekcyjne, laboratoria, warsztaty). Istnieją jednak przypadki, w których realizacja szkolenia w realnych warunkach jest trudna lub czasami niemożliwa do osiągnięcia. Odpowiedzią na te trudności może być zastosowanie technologii VR, która umożliwia prowadzenie szkoleń w odpowiednio zaprojektowanym świecie rzeczywistym za pośrednictwem środowiska wirtualnego, jednocześnie zapewniając skuteczne i angażujące doświadczenia dla osób szkolonych. Celem niniejszego badania była analiza skuteczności nauczania umiejętności praktycznych w obszarze szkoleń wysokościowych za pomocą metody wirtualnej rzeczywistości. W badaniu porównano trzy niezależne warunki szkoleniowe, wśród których dwa przeprowadzono z wykorzystaniem wirtualnej rzeczywistości, a jeden za pomocą metod tradycyjnych. Zakładano brak istotnych statystycznie różnic pomiędzy grupami w zakresie liczby popełnionych błędów podczas egzaminu praktycznego. Wyniki wykazały, że pomiędzy szkoleniem tradycyjnym a edukacyjnym w VR występują istotne statystycznie różnice, które przemawiają na korzyść szkolenia w środowisku wirtualnym (w wersji edukacyjnej). Ponadto różnice zaobserwowano również w porównaniu dwóch różnych wersji szkolenia VR. W tym przypadku wersja edukacyjna VR wykazała wyższą skuteczność od wersji standardowej VR. Badani szkoleni za pomocą wirtualnego instruktora popełniali najmniej błędów spośród wszystkich zaaplikowanych warunków szkoleniowych. Warto zaznaczyć, że instruktaż ten został wzmocniony za pomocą specjalnie zaprojektowanych komunikatów, które badany otrzymywał od wirtualnego instruktora podczas wykonywania różnych czynności w wirtualnym świecie.

### Dyskusja w świetle literatury

Według badania Ostrowskiego i współpracowników (2018) 62% przedsiębiorstw stosowało metody VR do realizacji różnych szkoleń. W niniejszych badaniach zweryfikowano, czy VR może być skuteczną metodą w szkoleniach wysokościowych, których

tematyka dotyczy wiedzy proceduralnej. Analizy ujawniły, że odpowiednio zaprojektowane środowisko VR znacząco wpływa na liczbę popełnianych błędów podczas egzaminu praktycznego. Dzieje się tak, ponieważ w ostatnim czasie zaobserwowano znaczące postępy w rozwoju technologii VR, które przyczyniły się do tworzenia, stosowania, oceny i dostarczania interaktywnych aplikacji VR w znacząco niższych kosztach (Xie i in., 2021).

W badaniu zaobserwowano zbliżoną skuteczność szkoleniową w dwóch oddzielnych wariantach szkolenia: (1) ze szkoleniem realnym oraz (2) wirtualnym. Zgodnie z wynikami analiz wykorzystanie metod wirtualnych do uczenia czynności motorycznych w środowisku wysokiego ryzyka przynosiło równoważne korzyści, takie jak tradycyjne, realne szkolenia na poligonie (Jongbloed i in., 2024). Podobne zastosowanie metody VR zaprezentowali Girardi i de Oliveira (2019), którzy używali VR w szkoleniach z zakresu wykorzystywania artylerii wojskowej. Jak wskazywali sami autorzy, szkolenia te były często ograniczane z powodu wysokich kosztów i trudności związanych z odpowiednią infrastrukturą, a VR pomógł rozwiązać powyższe problemy. Podobnym przykładem może być system szkolenia chirurgicznego. Jego celem była poprawa umiejętności osób szkolonych za pomocą dostosowanych do potrzeb zadań szkoleniowych, które są niezbędne z perspektywy pracy, ale też trudne do uzyskania w realnym środowisku (Siu, Best, Kim, Oleynikov i Ritter, 2016). Z kolei Tiator i inni (2018) z powodzeniem zastosowali narzędzia VR do odwzorowania bezpiecznej wspinaczki na wysoki i stromy klif.

Rozwijając metody szkolenia za pomocą VR, Lin, Ye, Duffy i Su (2002) przedstawili rekomendacje dla systemów szkoleniowych, które obowiązują do tej pory. Autorzy stwierdzili, że proces tworzenia szkoleń można podzielić na trzy etapy: (1) analiza zadania, (2) szkicowanie scenariusza szkoleniowego i (3) implementacja. Z kolei Lave (1988) jeszcze wcześniej argumentował, że wiedza i umiejętności są związane z kontekstem, w konsekwencji stanowią więc wyzwanie zarówno dla koncepcyjnego uczenia się w symulowanym środowisku wirtualnym, jak i praktycznego zastosowania go w środowisku rzeczywistym (tzw. transfer szkolenia). W związku z tym w badaniach przeprowadzono porównanie skuteczności różnych metod w ramach VR. Pierwsza z nich zawierała standardową procedurę, odwzorowaną ze środowiska realnego (Standardowy VR), natomiast druga uwzględniała też podpowiedzi i wyjaśnienia poszczególnych czynności dla uczestnika (Edukacyjny VR). Taki schemat badawczy jest często wykorzystywany w badaniach nad testowaniem skuteczności, gdzie nowo wprowadzana metoda jest porównywana do warunków standardowych, uznawanych za kontrolne (Radianti, 2020). Na podstawie analiz można zauważyć, że odpowiednie przygotowanie środowiska wirtualnego (Edukacyjny VR) znacznie zwiększa skuteczność szkolenia, co przekłada się na jego wyniki. Rezultat ten jest zgodny z wnioskami przeglądów badań, które nie tylko akcentują znaczenie zaprojektowanego środowiska, ale też metody dostarczające wiedzę podczas szkolenia za pomocą VR (Johnson i in., 2022; Jongbloed i in., 2024).

## **Ograniczenia i implikacje praktyczne**

Wyniki świadczą o dużym potencjale zastosowania metody VR w procesie szkoleń wysokościowych, jednakże zrealizowane badania nie odpowiadają na wszystkie pytania dotyczące użytkowania tej metody. Po pierwsze, w badaniu założono testowanie zmiennych psychologicznych oraz socjodemograficznych, które mogły mieć potencjalny wpływ na wyniki uczestników. W dalszych badaniach warto zatem uwzględnić kolejne zmienne, które mogą mieć potencjalny wpływ na poziom immersji oraz zdolność do przyswajania wiedzy za pomocą VR, np. wcześniejsze doświadczenia badanych lub fizjologiczny poziom immersji. Jak zalecają Bossard, Kermarrec, Buche i Tisseau (2008), należy również wziąć pod uwagę znaczącą rolę projektowania środowisk VR i ich wpływ na transfer szkolenia, jednocześnie osadzając w nich krytyczne elementy uczenia się.

Po drugie, w testowaniu skuteczności nie weryfikowano trwałości uzyskanych w szkoleniu efektów. W związku z tym realizacja badania podłużnego, które będzie miało na celu sprawdzenie utrzymywania się efektów szkolenia w warunkach realnych oraz wirtualnych, wydaje się być ciekawym kierunkiem dalszych poszukiwań. Przegląd różnorodnych aplikacji, które są stosowane w szkoleniach za pomocą VR wykazał, że ich zdecydowaną przewagą nad środowiskiem realnym jest możliwość właściwego bodźcowania osoby w zależności od jej aktualnego poziomu umiejętności (Xie i in., 2021). Być może dobrym kierunkiem badań nad rozwojem metody VR w szkoleniach wysokościowych będzie rezygnacja z jednego długiego szkolenia na rzecz serii krótszych szkoleń, które utrwalały efekty uczenia się.

Po trzecie, uzyskane wyniki badań świadczą o potencjale metody edukacyjnej VR we wprowadzaniu do sytuacji o dużym stopniu ryzyka. Jednakże wyników badania nie można interpretować w kontekście całkowitego zastąpienia metody tradycyjnej. Zależny od zastosowanych urządzeń poziom immersji ma znaczący wpływ na poczucie rzeczywistości, aczkolwiek nie odwzorowuje w pełni rzeczywistej sytuacji, w której za popełniony błąd można ponieść realne konsekwencje (Burke i Hutchins, 2007). W związku z tym, w przyszłości należy zadbać o projektowanie środowisk, które będą bardzo dokładnie odwzorowywać sytuację rzeczywistą (wizualnie i psychologicznie) oraz wspierać proces uczenia się za pomocą metod edukacyjnych. Kwestia ta dotyczy zarówno badań jak i procesów szkoleniowych.

## **Konkluzja**

Podsumowując, wnioski z niniejszego badania dają podstawę do zastosowania metody VR w szkoleniach związanych z wysokim stopniem ryzyka, które dodatkowo generują duże koszty organizacyjne. Odpowiednio zaprojektowane środowisko wirtualne, które uwzględnia wysoki poziom immersji i jednocześnie wspiera proces uczenia się za pomocą metod edukacyjnych, może być dobrym rozwiązaniem w zakresie szkoleń specjalistycznych.

## FINANSOWANIE

Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Poddziałania: 1.2.1 Projekty badawczo-rozwojowe przedsiębiorstw Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Małopolskiego na lata 2014-2020 przyznane dla CBR Rock Master Spółka z o.o. Sp. k.

## BIBLIOGRAFIA

- Berthiaume, M., Kinateder, M., Emond, B., Cooper, N., Obeegadoo, I., & Lapointe, J. (2024). *Evaluation of a virtual reality training tool for firefighters responding to transportation incidents with dangerous goods*. *Education and Information Technology*, 29, 14929-14967.
- Bossard, C., Kermarrec, G., Buche, C., & Tisseau, J. (2008). *Transfer of learning in virtual environments: A new challenge?* *Virtual Reality*, 12(3), 151-161.
- Burke, L. A., & Hutchins, H. M. (2007). *Training Transfer: An Integrative Literature Review*. *Human Resource Development Review*, 6(3), 263-296.
- Chavez, B., & Bayona, S. (2018). *Virtual Reality in the Learning Process*. In Á. Rocha, H. Adeli, L. P. Reis, & S. Costanzo (Eds.), *Trends and Advances in Information Systems and Technologies* (pp. 1345-1356). Springer International Publishing.
- Girardi, R., & de Oliveira, J. C. (2019). *Virtual Reality in Army Artillery Observer Training*. 21st Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR), 25-33.
- Johnson, C. I., Bailey, S. K. T., Schroeder, B. L., & Marraffino, M. D. (2022). *Procedural Learning in Virtual Reality: The Role of Immersion, Interactivity, and Spatial Ability*. *Technology, Mind, and Behavior*, 3(4: Winter).
- Jongbloed, J., Chaker, R., & Lavoué, E. (2024). *Immersive procedural training in virtual reality: A systematic literature review*. *Computers & Education*, 221, 105124.
- Kęsy, M. (2016). *Symulatory wirtualnej rzeczywistości*. *Dydaktyka informatyki*, (11), 125131.
- Krokos, E., Plaisant, C., & Varshney, A. (2019). *Virtual memory palaces: Immersion aids recall*. *Virtual Reality*, 23(1), 1-15.
- Krupić, D., Žuro, B., & Corr, P. J. (2021). *Anxiety and threat magnification in subjective and physiological responses of fear of heights induced by virtual reality*. *Personality and Individual Differences*, 169, 109720.
- Lave, J. (1988). *Cognition in Practice: Mind, Mathematics and Culture in Everyday Life*. Cambridge University Press.
- Lin, F., Ye, L., Duffy, V. G., & Su, C.-J. (2002). *Developing virtual environments for industrial training*. *Information Sciences*, 140(1), 153-170.
- Nooriafshar, M., Williams, R., & Maraseni, T. (2004). *The use of virtual reality in education*. *American Society of Business and Behavioral Sciences*, 1-12.
- Ostrowski, S. (2018). *Growing Impact of Emerging Technologies Examined in Comptia Research Briefs*. PR Newswire.
- Ozimek, A., & Lewandowska, P. (2019). *Możliwości zastosowania wirtualnej rzeczywistości w edukacji oraz ich konsekwencje*. *Ogrody Nauk i Sztuk*, 9.
- Pantelidis, V. S. (2010). *Reasons to use virtual reality in education and training courses and a model to determine when to use Virtual Reality*. *Themes in Science and Technology Education*, 2(1-2), Article 1-2.

Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). *A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda*. *Computers & Education*, 147, 103778.

Siu, K.-C., Best, B. J., Kim, J. W., Oleynikov, D., & Ritter, F. E. (2016). *Adaptive Virtual Reality Training to Optimize Military Medical Skills Acquisition and Retention*. *Military Medicine*, 181(5 Suppl), 214-220.

Spielberger, C.D., Strelau, J., Tysarczyk, M., Wrześniewski K., (2011) *STAI Inwentarz Stanu i Cechy Lęku*. Pracownia Testów Psychologicznych Polskiego Towarzystwa Psychologicznego, Warszawa.

Tiator, M., Fischer, B., Gerhardt, L., Nowottnik, D., Preu, H., and Geiger, C., (2018) *Cliffhanger-VR*. *IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, Tuebingen/Reutlingen, Germany, pp. 1-2.

Xie, B., Liu, H., Alghofaili, R., Zhang, Y., Jiang, Y., Lobo, F. D., Li, C., Li, W., Huang, H., Akdere, M., Mousas, C., & Yu, L.-F. (2021). *A Review on Virtual Reality Skill Training Applications*. *Frontiers in Virtual Reality*, 2.

Zhang, K., Suo, J., Chen, J., Liu, X., & Gao, L. (2017). *Design and Implementation of Fire Safety Education System on Campus based on Virtual Reality Technology*. Conference: 2017 Federated Conference on Computer Science and Information Systems.