

MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA WIRTUALNEJ RZECZYWISTOŚCI W EDUKACJI ORAZ ICH KONSEKWENCJE

Paulina Lewandowska

Wydział Psychologii SWPS Uniwersytetu Humanistycznospołecznego
SWPS Uniwersytet Humanistycznospołeczny
ul. Chodakowska 19/31, 03-815 Warszawa
E-mail: plewandowska3@st.swps.edu.pl
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8233-3495>

Agnieszka Ozimek

Wydział Psychologii SWPS Uniwersytetu Humanistycznospołecznego
SWPS Uniwersytet Humanistycznospołeczny,
ul. Chodakowska 19/31, 03-815 Warszawa
E-mail: aozimek1@st.swps.edu.pl
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9732-2166>

ABSTRAKT

Teza. Na przestrzeni ostatnich 30 lat w społeczeństwie nastąpił znaczący wzrost adaptacji nowych technologii (Kirkwood i Price, 2013). Istnieje wiele dziedzin, w których znajdują one swoje zastosowanie. Jedną ze szczególnie istotnych – ze względu na wpływ społeczny – jest edukacja. W celu jej rozwoju podejmuje się kroki zmierzające do wprowadzania nowych technologii do programów nauczania. Jedną z takich technologii jest wirtualna rzeczywistość, która jest coraz bardziej popularna i częściej wykorzystywana w wielu obszarach edukacji. W tym artykule, na podstawie przeglądu badań z lat 2017-2018, podjęto próbę wykazania możliwych zastosowań oraz konsekwencji wdrażania wirtualnej rzeczywistości w edukacji.

Omówione koncepcje. Głównym tematem niniejszej pracy jest różnorodność zastosowań VR w edukacji oraz związane z tym konsekwencje.

Wyniki i wnioski. Postęp i wdrażanie nowych technologii wydają się być nieuniknione, natomiast przedstawione w tej pracy problemy sygnalizują konieczność kontroli nadchodzących zmian. Wydaje się prawdopodobne, że VR stanie się bardziej powszechnym narzędziem edukacyjnym ze względu na duży potencjał motywacyjny i dydaktyczny. Przeprowadzona analiza wykazała, że badaną grupą są najczęściej studenci w dziedzinie nauk społecznych. Warto pamiętać, że wady takie jak duże koszty czy dyskusyjność osiągniętych efektów sprawiają, że nie jest to narzędzie idealne. Wnioski z tej pracy warto wykorzystać jako kierunki przyszłych badań.

Oryginalność/wartość poznawcza podejścia. Przedstawiony tekst wzbogacony jest o analizę jakościową wybranych artykułów związanych z wykorzystaniem VR



w edukacji. Stanowi spojrzenie na ostatnie dokonania w tej dziedzinie, rozważając nie tylko różnorodność zastosowań, ale i wybierane do badań grupy badawcze. Przedstawione rozważania uwzględniają nie tylko często wymieniane korzyści, ale w sposób krytyczny rozpatrują także negatywne aspekty wprowadzanych zmian.

Słowa kluczowe: edukacja, wirtualna rzeczywistość, VR, rozwój nauki

The possibilities of using virtual reality in education and its consequences

ABSTRACT

Thesis. Over the past 30 years, there has been a significant increase in the adaptation of new technologies in the society (Kirkwood and Price, 2013). There are many areas where they find their application. One of the most important for the social impact is education. In order to develop the education, there are steps taken to introduce new technologies to current teaching programs. One of such technologies is Virtual Reality (VR), which is becoming more popular and is increasingly used in many fields of education. In this paper, based on the articles from 2017 and 2018, we demonstrate the effects and consequences of using VR in education.

Discussed concepts. The main goal of this work is to show variety of VR applications in education and the consequences which it may cause.

Results and conclusions. The progress and implementation of new technologies seem to be unavoidable, while the problems presented in this paper show the need to control the upcoming changes. It seems that VR will become a more common educational tool due to its high motivation aspect and didactic potential. The conducted analysis showed that the most frequently considered groups are students in the fields of social sciences. It is worth mentioning that the disadvantages, such as high costs or the questionable effects presents VR as not such a perfect tool. Conclusions from this work should be considered as the new directions of the future research.

Cognitive originality/value of the approach. The presented paper is enriched with a qualitative analysis of selected articles related to the use of VR in education. We look at recent achievements in this field considering variety of applications and also the selected research groups. We consider not only the frequently mentioned benefits but also the negative aspects of implemented changes.

Key words: education, Virtual Reality, VR, development of science/science development

WPROWADZENIE

Jedną z dziedzin stanowiących strategiczne zadanie dla państwa jest edukacja, gdyż dostarcza ona wiedzy i kompetencji stanowiących o konkurencyjności kraju w czasach społeczeństwa informacyjnego (Borowiec, 2009). Aby sektor ten mógł się rozwijać i dopasowywać do aktualnych wyzwań, związanych ze znacznym rozwojem nowych technologii, podejmuje się kroki zmierzające do wprowadzenia tych technologii do współczesnych programów nauczania. Proces ten będzie przebiegał we właściwy sposób jeżeli skorzysta z osiągnięć naukowych, uwzględniających zarówno korzyści, jak i negatywne skutki wdrożenia nowoczesnych technologii.

Na szczególną uwagę zasługuje wirtualna rzeczywistość (ang. *Virtual Reality, VR*). Historia tej technologii sięga lat 60 (Freina i Ott, 2015) a jak wspominają Slater i Sanchez-Vives, 2016, termin ten wysnuł Jaron Lanier. Technologia ta od tego czasu bardzo się rozwinęła a w tej pracy również zostanie przedstawione jak wygląda aktualnie.

Jest to technologia symulująca realistyczne, trójwymiarowe środowisko, z którym użytkownik może wchodzić w interakcję (Hubbard, Sipolins i Zhou, 2017). Generowany przy użyciu techniki 3D nowy, komputerowy świat jest określany jako wirtualne środowisko (ang. *Virtual Environment, VE*) a dzięki rzeczywistym wymiarom elementów w wirtualnym środowisku, jesteśmy w stanie wchodzić z nimi w interakcję oraz obserwować świat z różnych perspektyw.

Temat wirtualnej rzeczywistości jest częsty w literaturze. Istnieją prace przeglądowe, które opisują, jak wirtualna rzeczywistość wpływa na edukację. Freina i Ott (2015) przedstawiają w swojej pracy zbiór literatury naukowej, gdzie opisują zalety oraz możliwości zastosowania immersyjnej wirtualnej rzeczywistości w edukacji. Autorki jednak skupiają się tylko na pracach z lat 2013-2014. Od tego czasu w nauce poruszono nowe wątki dotyczące zastosowania VR w edukacji.

OBECNY STAN WYKORZYSTYWANIA WIRTUALNEJ RZECZYWISTOŚCI W EDUKACJI

Grupy wiekowe:

VR często pokazywany jest jako narzędzie edukacyjne dla różnych grup wiekowych, zaczynając od okresu wczesnoszkolnego skończywszy na późnej dorosłości. Należy zauważyć, że technologia ta jest prawie niewykorzystywana u dzieci poniżej 12 r.ż. ze względów bezpieczeństwa, które poruszone zostaną w dalszej części pracy. W celu usystematyzowania kategorii wiekowych w przeglądzie, dopasowano uśredniony wiek uczestników badania do faz rozwoju zgodnych z teorią 8 stadiów rozwoju psychospołecznego według Eriksona (Case, 1985). Przeprowadzona analiza wykazała, że ponad połowa badań w latach 2017-2018 wybranych do niniejszego przeglądu, była przeprowadzana na grupie wiekowej "wczesna dorosłość", gdzie zakres wieku wynosi od 19 do 40 lat (Fig. 1). Prawdopodobnie jest to spowodowane łatwością rekrutacji studentów do badań naukowych. Brakuje badań tego typu na grupie osób starszych. Część publikacji została zakwalifikowana jako nieposiadająca grupy wiekowej, gdyż nie były to badania eksperymentalne, a jedynie projekty oprogramowania do nauki.

Obszary edukacji:

Istnieje dużo dziedzin, w których wirtualna rzeczywistość znajduje swoje zastosowanie. Ze względu na przejrzystość dziedziny te zostały pogrupowane bazując na Klasyfikacji dziedzin i dyscyplin naukowych w Polsce od 2018 roku (stworzona na mocy Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego). Poniżej zostały przedstawione dziedziny, które zostały wzięte pod uwagę w tej pracy:

- Dziedzina nauk humanistycznych
- Dziedzina nauk inżynieryjno-technicznych
- Dziedzina nauk medycznych i nauk o zdrowiu

- Dziedzina nauk społecznych
- Dziedzina nauk ścisłych i przyrodniczych
- Dziedzina sztuki
- Inne (trening poznawczy, kompetencje społeczne) – kategoria opracowana przez autorów tego tekstu, ponieważ nie pasowała do żadnej z przedstawionych dziedzin.

Okazuje się, że najwięcej badań zostało przeprowadzonych w dziedzinie nauk społecznych (Fig. 2). Na drugim miejscu znajdują się razem dziedzina nauk ścisłych i przyrodniczych oraz dziedzina nauk medycznych i nauk o zdrowiu.

KORZYŚCI WYKORZYSTANIA VR W EDUKACJI

Przedstawione w niniejszej pracy publikacje naukowe sygnalizują wiele potencjalnych zalet wykorzystania wirtualnej rzeczywistości w edukacji. Jedną z nich jest motywowanie ucznia, opisywane wielokrotnie w literaturze (Ortiz i inni, 2017; Parong i Mayer, 2018; Yang i inni, 2018). Studenci raportują przychylny stosunek do wykorzystywania VR jako narzędzia w procesie nauczania i jest ono bardziej motywujące niż zwykle prezentacje multimedialne (Parong i Mayer, 2018). Jest to prawdopodobnie wywołane trójwymiarowością środowiska wirtualnego i możliwością interakcji z nim, co jest ekscytujące oraz przyciąga uwagę uczniów (Velev i Zlateva, 2017).

Wirtualna rzeczywistość umożliwia dokładniejsze zilustrowanie pewnych funkcji i procesów dzięki możliwości zaprojektowania własnego środowiska. Pierwszą wynikającą z tego korzyścią jest interakcyjność otoczenia: student może zapoznać się ze złożonymi strukturami chemicznymi, np. łańcuchem DNA. W takim procesie dydaktycznym student jest aktywny, co sprzyja zapamiętywaniu treści (Sharma, Jin, Prabhakaran & Gans, 2018; Connor i inni, 2018). Co więcej, własne środowisko oznacza bezpieczeństwo zarówno samego uczącego się, jak i innych. Ten aspekt wykorzystania VR jest zatem szczególnie przydatny w medycynie, chemii oraz przy prowadzeniu wszelkich eksperymentów. Uczący się ma możliwość przeprowadzenia operacji bądź eksperymentu wielokrotnie oraz bez skutków ubocznych (Górski, Buń, Wichniarek, Zawadzki & Hamrol, 2017; Perry i in., 2017; Seo i in., 2017; Kneist, Huber, Paschold, i Lang, 2016). VR może stanowić również bezpieczne środowisko nauczania związanego z zachowaniem w obliczu klęsk żywiołowych (Liang, Liang, Wu, Wang, & Chang, 2018) lub zagrożeń komunikacyjnych (Dinet, Kitajima, 2018).

Dodatkowo ważnym aspektem jest personalizacja czy też szybkie i automatyczne otrzymywanie informacji zwrotnych na temat uczącego się – tzw. feedback. Można tworzyć środowiska dostosowane do każdej osoby na podstawie różnych czynników, takich jak osobowość, styl uczenia się czy poziom wiedzy na dany temat. Opierając się na bieżących doświadczeniach użytkownika, stanie uwagi, poziomie zaangażowania oraz na innych zmianach poznawczych czy też biologicznych, warto pamiętać, że dane środowisko może być modyfikowane w czasie rzeczywistym (Virvou, 2018; Hubbard i inni, 2017).

WADY WYKORZYSTANIA VR W EDUKACJI

Główną wadą zastosowania wirtualnej rzeczywistości w edukacji jest koszt oraz czas potrzebny na naukę oprogramowania. Dla niektórych autorów wyzwania związane z VR są głównie technologiczne. Jednak dla innych badaczy problemem może być "magiczny" aspekt wirtualnej rzeczywistości. Przykładem tego może być sytuacja, gdzie użytkownik nie ma poczucia fizycznej masy ciała, nawet jeśli grawitacja wirtualnej rzeczywistości jest zerowa. Powodować to może dysonans poznawczy oraz ze względu na sprzeczne sygnały zmysłowe problemy fizjologiczne jak i intelektualne (Dinet i Kitajima, 2018). Do fizjologicznych można zaliczyć chorobę lokomocyjną – kinetozę, która jest częstym efektem ubocznym (Kemeny, George, Merienne Colombet, 2017; Whittinghill, Ziegler, Moore, Case, 2015). Kolejny problem stanowić może być, iż VR nie powinna być wykorzystywana u dzieci poniżej 12 roku życia, ponieważ może powodować obciążenie oczu. Poza tym, nie ma wystarczających dowodów, aby wykazać długoterminowe skutki treningu VR (Griffith, Vigne, McCormick i Kovach, 2018).

DYSKUSJA/KONKLUZJE

Wirtualna rzeczywistość jako narzędzie wykorzystywane w edukacji jest bardzo obiecujące ze względu na możliwości treningu w bezpiecznym środowisku oraz dużą wartość motywującą do nauki. Ponadto jak udowadniają powyższe analizy, edukacja wykorzystująca VR może być stosowana w wielu dziedzinach naukowych, od nauk humanistycznych po ścisłe.

Jednak badania wskazują, że efekt addytywny może nie być aż tak cenny, zważywszy na koszty, które są nieodłącznym elementem VR, jak między innymi tworzenie specjalistycznego oprogramowania. Warto również wspomnieć o tym, że niektóre badania wskazują na poszerzoną rzeczywistość (ang. *Augmented Reality*, AR) jako na tę bardziej obiecującą, ze względu na większe bezpieczeństwo układu wzrokowego dzieci poniżej 12 r.ż. (Griffith, 2018). To zagrożenie oraz łatwość przeprowadzania badań psychologicznych na studentach powoduje, że bardzo niewiele badań testuje wpływ VR u dzieci poniżej 18 r.ż. oraz u osób starszych.

Istnieje jeszcze szereg możliwości wykorzystania wirtualnej rzeczywistości, które nie są do końca poznane. Istnieją pierwsze próby połączenia nauki w VR z elektroencefalografią, neurofeedbackiem czy uczeniem maszynowym (Guo i in., 2017; Hubbard, Sipolins, Zhou, 2017). Rozwiązanie tego typu wprowadziłoby nową jakość do procesu uczenia się.

Aspektem dyskusyjnym jest efektywność używania VR w edukacji. Hubbard, Sipolins i Zhou (2017) w swoim badaniu wykazali brak różnic pomiędzy grupą, gdzie zastosowano narzędzie VR, a grupą kontrolną (brak VR). W niektórych badaniach brakuje podziału osób badanych na grupę kontrolną i eksperymentalną, co uniemożliwia oszacowanie rzeczywistego efektu wirtualnej rzeczywistości jako innowacyjnego sposobu nauki (Krösl i in., 2018), zaś w innych brakuje aktywnej grupy kontrolnej – tzn. takiej, która wykonuje inny trening niż ten w wirtualnej rzeczywistości (Ip i in., 2017). Co więcej, ponad połowa artykułów do grupy badawczej dobiera osoby na etapie wczesnej dorosłości, dlatego trudno generalizować uzyskiwane wyniki na całą populację.

Pomimo wcześniej wspomnianych zagrożeń, które warto kontrolować oraz w miarę możliwości minimalizować, przedstawione korzyści stanowią o dużym potencjale wirtualnej rzeczywistości w edukacji. Aby móc tę technologię w pełni wykorzystywać w życiu społecznym, potrzeba dalszych, rzetelnych badań naukowych.

BIBLIOGRAFIA

1. Ables, A. (2017, October). Augmented and Virtual Reality: Discovering Their Uses in Natural Science Classrooms and Beyond. In *Proceedings of the 2017 ACM Annual Conference on SIGUCCS* (pp. 61-65). ACM.
2. Alves Júnior, F. C., Diniz, M. M., Rodrigues, A., & Monteiro, D. C. (2018, October). Teaching Platonic Polyhedrons through Augmented Reality and Virtual Reality. In *Proceedings of the 17th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems* (p. 51). ACM.
3. Borowiec, M. (2009). Rola edukacji w kształtowaniu społeczeństwa informacyjnego. *Przedsiębiorczość-Edukacja*, 5, 37-47.
4. Case, R. (1985). Intellectual development ' : From birth to adulthood (Developmental Psychology Series). New York: Academic Press.
5. Celikcan, U., Bülbül, A. Ş., Aslan, C., Buyuktuncer, Z., Işgın, K., Ede, G., & Kanbur, N. (2018, October). The Virtual Cafeteria: An Immersive Environment for Interactive Food Portion-Size Education. In *Proceedings of the 3rd International Workshop on Multisensory Approaches to Human-Food Interaction* (p. 5). ACM.
6. Chiu, Y. K., Huang, Y. H., & Ouhyoung, M. (2017, July). Cinematography tutorials in virtual reality. In *ACM SIGGRAPH 2017 Posters* (p. 19). ACM.
7. Dinet, J., & Kitajima, M. (2018, April). Immersive Interfaces for Engagement and Learning: Cognitive Implications. In *Proceedings of the Virtual Reality International Conference-Laval Virtual* (p. 14). ACM.
8. Fonseca, D., Villagrasa, S., Navarro, I., Redondo, E., Valls, F., Llorca, J., ... & Calvo, X. (2017, October). Student motivation assessment using and learning virtual and gamified urban environments. In *Proceedings of the 5th International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality* (p. 72). ACM.
9. Formosa, N. J., Morrison, B. W., Hill, G., & Stone, D. (2018). Testing the efficacy of a virtual reality-based simulation in enhancing users' knowledge, attitudes, and empathy relating to psychosis. *Australian Journal of Psychology*, 70(1), 57-65.
10. Freina, L., & Ott, M. (2015). A Literature Review on Immersive Virtual Reality in Education: State Of The Art and Perspectives. *eLearning & Software for Education*, (1).
11. Fukuda, M., Huang, H. H., & Nishida, T. (2018, December). Investigation of Class Atmosphere Cognition in a VR Classroom. In *Proceedings of the 6th International Conference on Human-Agent Interaction* (pp. 374-376). ACM.
12. Górski, F., Buń, P., Wichniarek, R., Zawadzki, P., & Hamrol, A. (2017). Effective Design of Educational Virtual Reality Applications for Medicine using Knowledge-Engineering Techniques. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 13(2).
13. Griffith, A., Vigne, F., McCormick, J., & Kovach, S. (2018, June). Culture box: education app on the world through history and time. In *Proceedings of the 17th ACM Conference on Interaction Design and Children* (pp. 757-760). ACM.
14. Guo, J., Chen, Y., Pei, Q., Ren, H., Huang, N., Tian, H., ... & Zhang, X. (2017, November). SeLL: second language learning paired with VR and AI. In *SIGGRAPH Asia 2017 Symposium on Education* (p. 7). ACM.
15. Hubbard, R., Sipolins, A., & Zhou, L. (2017, March). Enhancing learning through virtual reality and neurofeedback: A first step. In *Proceedings of the Seventh International Learning Analytics & Knowledge Conference* (pp. 398-403). ACM.
16. Ip, H. H., Wong, S. W., Chan, D. F., Byrne, J., Li, C., Yuan, V. S., ... & Wong, J. Y. (2018). Enhance emotional and social adaptation skills for children with autism spectrum disorder: A virtual reality enabled approach. *Computers & Education*, 117, 1-15.
17. Izard, S. G., & Méndez, J. A. J. (2016, November). Virtual reality medical training system. In *Proceedings of the fourth international conference on technological ecosystems for enhancing multiculturalism* (pp. 479-485). ACM.
18. Kemeny, A., George, P., Mérienne, F., & Colombet, F. (2017). New vr navigation techniques to reduce cybersickness. *Electronic Imaging*, 2017(3), 48-53.
19. Kim, P. W., Shin, Y. S., Ha, B. H., & Anisetti, M. (2017). Effects of avatar character performances in virtual reality dramas used for teachers' education. *Behaviour & Information Technology*, 36(7), 699-712.
20. Kirkwood, A., & Price, L. (2013). Missing: Evidence of a scholarly approach to teaching and learning with technology in higher education. *Teaching in Higher Education*, 18(3), 327-337.
21. Kneist, W., Huber, T., Paschold, M., & Lang, H. (2016). 3D virtual reality laparoscopic simulation in surgical education-results of a pilot study. *Zentralblatt für Chirurgie*, 141(3), 297-301.

22. Krösl, K., Felnhofer, A., Kafka, J. X., Schuster, L., Rinnerthaler, A., Wimmer, M., & Kothgassner, O. D. (2018, August). The virtual schoolyard: attention training in virtual reality for children with attentional disorders. In *ACM SIGGRAPH 2018 Posters* (p. 27). ACM.
23. Liang, H., Liang, F., Wu, F., Wang, C., & Chang, J. (2018, December). Development of a VR prototype for enhancing earthquake evacuee safety. In *Proceedings of the 16th ACM SIGGRAPH International Conference on Virtual-Reality Continuum and its Applications in Industry* (p. 20). ACM.
24. Ortiz, J. S., Sánchez, J. S., Velasco, P. M., Sánchez, C. R., Quevedo, W. X., Zambrano, V. D., ... & Andaluz, V. H. (2017, December). Teaching-Learning Process through VR Applied to Automotive Engineering. In *Proceedings of the 2017 9th International Conference on Education Technology and Computers* (pp. 36-40). ACM.
25. Papanastasiou, G., Drigas, A., Skianis, C., Lytras, M., & Papanastasiou, E. (2018). Virtual and augmented reality effects on K-12, higher and tertiary education students' twenty-first century skills. *Virtual Reality*, 1-12.
26. Parong, J., & Mayer, R. E. (2018). Learning science in immersive virtual reality.
27. Perry, S., Bridges, S. M., Zhu, F., Leung, W. K., Burrow, M. F., Poolton, J., & Masters, R. S. (2017). Getting to the Root of Fine Motor Skill Performance in Dentistry: Brain Activity During Dental Tasks in a Virtual Reality Haptic Simulation. *Journal of medical Internet research*, 19(12).
28. Pittarello, F. (2017, September). Experimenting with PlayVR, a virtual reality experience for the world of theater. In *Proceedings of the 12th Biannual Conference on Italian SIGCHI Chapter* (p. 16). ACM.
29. Rivas, D., Alvarez, M. V., Guerrero, F., Grijalva, D., Loo, S., Espinoza, J., ... & Huerta, M. (2017, December). Virtual Reality Applied to Physics Teaching. In *Proceedings of the 2017 9th International Conference on Education Technology and Computers* (pp. 27-30). ACM.
30. *Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 r.*, dziennikustaw.gov.pl [dostęp 2018-12-29] (pol.)
31. Seo, J. H., Smith, B. M., Bruner, M., Cook, M., Suh, J., Pine, M., ... & Bai, Z. (2017, November). Anatomy builder VR: comparative anatomy lab promoting spatial visualization through constructionist learning. In *SIGGRAPH Asia 2017 VR Showcase*(p. 1). ACM.
32. Sharma, L., Jin, R., Prabhakaran, B., & Gans, M. (2018, April). LearnDNA: an interactive VR application for learning DNA structure. In *Proceedings of the 3rd International Workshop on Interactive and Spatial Computing* (pp. 80-87). ACM.
33. Slater, M., & Sanchez-Vives, M. V. (2016). Enhancing our lives with immersive virtual reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 3, 74.
34. Stavroulia, K. E., Baka, E., Lanitis, A., & Magnenat-Thalmann, N. (2018, June). Designing a virtual environment for teacher training: Enhancing presence and empathy. In *Proceedings of Computer Graphics International 2018* (pp. 273-282). ACM.
35. Tsai, W. L., Chung, M. F., Pan, T. Y., & Hu, M. C. (2017, October). Train in Virtual Court: Basketball Tactic Training via Virtual Reality. In *Proceedings of the 2017 ACM Workshop on Multimedia-based Educational and Knowledge Technologies for Personalized and Social Online Training* (pp. 3-10). ACM.
36. Tsou, C. H., Hsu, T. W., Lin, C. H., Tsai, M. H., Hsu, P. H., Lin, I., ... & Chuang, J. H. (2017, November). Immersive VR environment for architectural design education. In *SIGGRAPH Asia 2017 Posters* (p. 55). ACM.
37. Velev, D., & Zlateva, P. (2017). Virtual reality challenges in education and training. *International Journal of Learning and Teaching*, 3(1), 33-37.
38. Virvou, M. (2018, July). A new era towards more engaging and human-like computer-based learning by combining personalisation and artificial intelligence techniques. In *Proceedings of the 23rd Annual ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education* (pp. 2-3). ACM.
39. Vituccio, R., Cho, J., Tsai, T. Y. J., & Boak, S. (2018, August). Creating compelling virtual reality and interactive content for higher education: a case study with carnegie mellon university. In *ACM SIGGRAPH 2018 Educator's Forum* (p. 1). ACM.
40. Wang, R., Li, F., Cheng, N., Xiao, B., Wang, J., & Du, C. (2017, May). How does web-based virtual reality affect learning: evidences from a quasi-experiment. In *Proceedings of the ACM Turing 50th Celebration Conference-China* (p. 9). ACM.
41. Whittinghill, D. M., Ziegler, B., Moore, J., & Case, T. (2015). Nasum Virtualis: A Simple Technique for Reducing Simulator Sickness in Head Mounted VR. In *Game Developers Conference*. San Francisco
42. Yang, Y. D., Allen, T., Abdullahi, S. M., Pelphrey, K. A., Volkmar, F. R., & Chapman, S. B. (2017). Brain responses to biological motion predict treatment outcome in young adults with autism receiving virtual reality social cognition training: preliminary findings. *Behaviour research and therapy*, 93, 55-66.
43. Yang, X., Lin, L., Cheng, P. Y., Yang, X., Ren, Y., & Huang, Y. M. (2018). Examining creativity through a virtual reality support system. *Educational Technology Research and Development*, 66(5), 1231-1254.

WYKRESY

Wykres 1. Grupy wiekowe uwzględniane w omawianych badaniach.

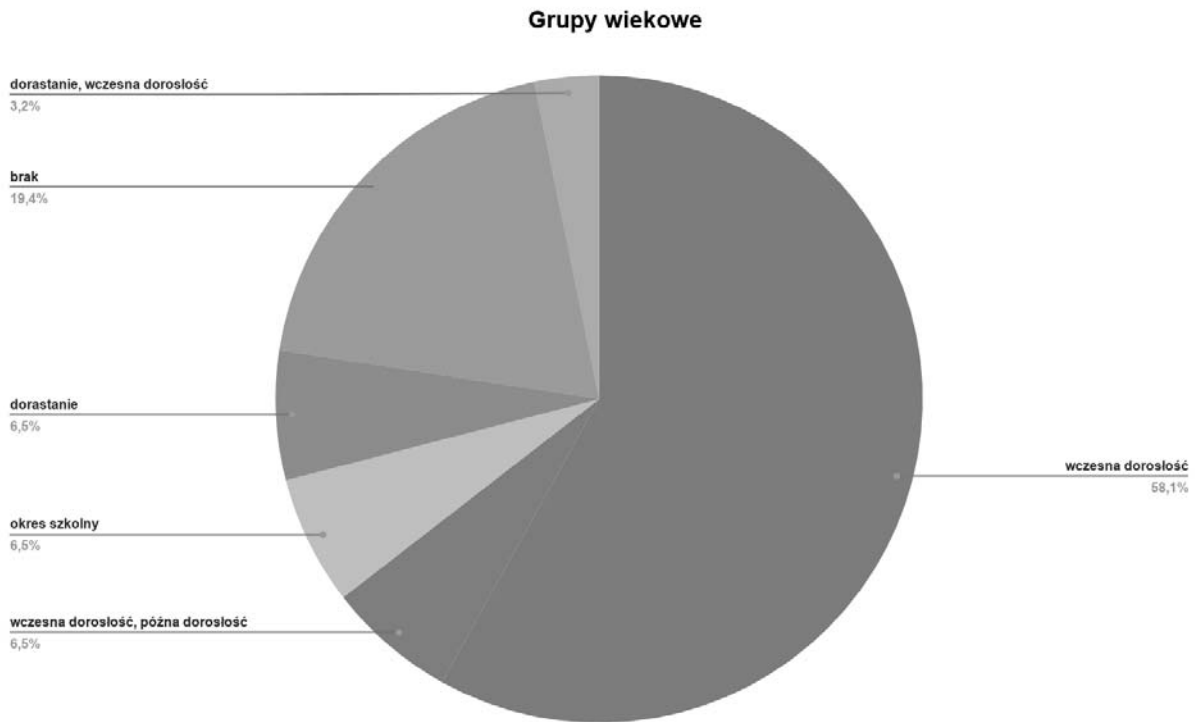
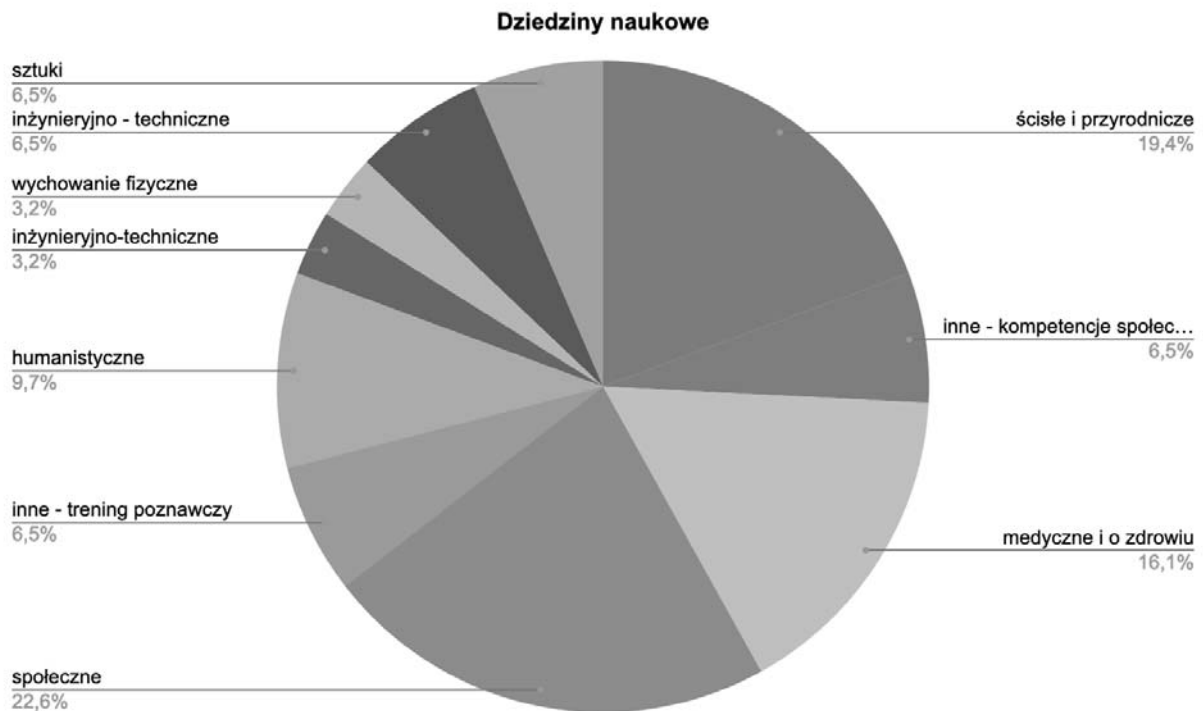


Fig. 1 Grupy wiekowe uwzględniane w omawianych badaniach.

Wykres 2. Dziedziny naukowe w jakich zastosowano VR w omawianych publikacjach.



Wykres 3. Podział artykułów według daty publikacji.

