

Perspektive korištenja tehnologije virtualne i proširene stvarnosti u visokoškolskom obrazovanju u Republici Hrvatskoj

Vlahov, Darjan

Doctoral thesis / Disertacija

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Teacher Education / Sveučilište u Zagrebu, Učiteljski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:147:745592>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial 4.0 International](#)/[Imenovanje-Nekomercijalno 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-17**

Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Teacher Education - Digital repository](#)





Sveučilište u Zagrebu

Učiteljski fakultet

Darjan Vlahov

**Perspektive korištenja tehnologije
virtualne i proširene stvarnosti u
visokoškolskom obrazovanju u Republici
Hrvatskoj**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2024.



Sveučilište u Zagrebu

Učiteljski fakultet

Darjan Vlahov

**Perspektive korištenja tehnologije
virtualne i proširene stvarnosti u
visokoškolskom obrazovanju u Republici
Hrvatskoj**

DOKTORSKI RAD

Mentori:

Prof. dr. sc. Marko Badrić
Izv. prof. dr. sc. Mario Konecki

Zagreb, 2024.



Sveučilište u Zagrebu

Faculty of Teacher Education

Darjan Vlahov

**Perspectives of the use of virtual and
augmented reality technology in higher
education in the Republic of Croatia**

DOCTORAL DISSERTATION

Supervisor:
Marko Badrić, PhD, FullProf.
Mario Konecki, PhD, Assoc. Prof.

Zagreb, 2024.

Sadržaj

1. UVOD	1
1.1. Razvoj IKT-a kroz povijest	4
1.2. Uloga IKT-a u obrazovanju.....	9
1.2.1. Strateški dokumenti	9
1.2.2. Učenici i IKT	12
1.2.3. IKT u obrazovanju.....	14
2. MODERNI IKT – TEHNOLOGIJA VIRTUALNE I PROŠIRENE STVARNOSTI.....	19
2.1. Uređaji za proširenu i virtualnu stvarnost.....	25
2.2. Programi za stvaranje sadržaja	29
2.3. Negativne posljedice korištenja tehnologije virtualne i proširene stvarnosti	31
2.4. Inicijative i projekti u Republici Hrvatskoj	34
2.5. Proširena i virtualna stvarnost u obrazovanju	38
2.5.1. Koraci implementacije.....	39
2.5.2. Primjeri aplikacija za virtualnu i proširenu stvarnost i njihovu implementaciju u obrazovanju	42
2.6. Proširena i virtualna stvarnost u obrazovanju – pregled dosadašnjih istraživanja	47
2.6.1. Istraživanja o spremnosti studenata na korištenja virtualne stvarnosti.....	52
2.6.2. Istraživanja o stavovima nastavnika o virtualnoj stvarnosti	55
3. CILJ, PROBLEMI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA.....	58
3.1. Problemi i hipoteze istraživanja	59
4. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA	61
4.1. Uzorak ispitanika-studenti.....	61
4.2. Uzorak ispitanika-nastavnici	62
4.3. Izbor varijabli za empirijsko istraživanje	64

4.3.1.	Anketni upitnik za studente	64
4.3.2.	Anketni upitnik za nastavnike	65
4.4.	Provedba istraživanja.....	68
4.5.	Metode obrade podataka	69
5.	REZULTATI.....	70
5.1.	Deskriptivna statistika istraživanih varijabli - nastavnici.....	70
5.2.	Razlike u spremnosti korištenja tehnologije virtualne stvarnosti kod nastavnika s obzirom na iskustvo rada u informacijsko-komunikacijskim tehnologijama.....	73
5.3.	Razlike u spremnosti korištenja tehnologije virtualne stvarnosti kod nastavnika s obzirom na razinu poznavanja tehnologije virtualne stvarnosti.....	75
5.4.	Rezultati povezanosti između spremnosti nastavnika na učenje o novim tehnologijama te njihova stava o dostupnosti tehnologije virtualne stvarnosti.....	77
5.5.	Deskriptivna statistika istraživanih varijabli kod studenata	78
	Razlike između studenata u nastavničkim i nenastavničkim studijima u spremnosti za korištenje tehnologije virtualne stvarnosti.....	80
5.6.	Povezanost između stava studenata o korisnosti i njihove spremnosti za korištenje tehnologije virtualne stvarnosti u procesu studiranja	82
6.	RASPRAVA.....	83
6.1.	Spremnost nastavnika za korištenje tehnologije virtualne stvarnosti.....	85
6.2.	Povezanost između spremnosti nastavnika na učenje o novim tehnologijama i njihova stava o dostupnosti tehnologije virtualne stvarnosti	88
6.3.	Spremnost studenata za korištenje tehnologije virtualne stvarnosti.....	89
6.4.	Povezanost između stava studenata o korisnosti i želje za korištenjem tehnologije virtualne stvarnosti u procesu studiranja	90
7.	NEDOSTATCI ISTRAŽIVANJA.....	92
8.	ZNANSTVENI DOPRINOS ISTRAŽIVANJA.....	93
9.	ZAKLJUČAK	94
10.	LITERATURA.....	97

11. POPIS TABLICA	109
12. POPIS SLIKA	111
13. PRILOZ.....	112
13.1. Anketni upitnik za nastavnike.....	112
13.2. Anketni upitnik za studente.....	115

INFORMACIJE O MENTORIMA

Marko Badrić rođen je 28. travnja 1973. u Zagrebu. Na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu diplomirao je 2000. godine i time stekao titulu profesora kineziologije. Na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu 10. 5. 2011. godine obranio je doktorsku disertaciju pod naslovom *Povezanost kinezioloških aktivnosti u slobodnom vremenu i motoričkih sposobnosti učenika srednje školske dobi*. Od školske godine 2001./2002. do 2009. godine radi na mjestu učitelja Tjelesne i zdravstvene kulture u Osnovnoj školi Jabukovac. Od 1. listopada 2009. godine zaposlen je na Učiteljskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu (Odsjek-Petrinja). Odlukom Fakultetskog vijeća od 25. travnja 2023. godine izabran je znanstveno-nastavno zvanje redovitog profesora u znanstvenom polju društvenih znanosti, znanstveno polje kineziologija. Temeljem odluke Matičnoga odbora za područje društvenih znanosti-polje pedagogije, logopedije, edukacijsko rehabilitacijske znanosti i kineziologije, 22. veljače 2022. godine izabran je u znanstveno zvanje znanstvenoga savjetnika u znanstvenom području društvenih znanosti polje kineziologija. Do sada je samostalno i u suautorstvu objavio 71 znanstveni rad od čega 39 radova na engleskom jeziku, 17 stručnih radova, 1 sveučilišni udžbenik, 2 poglavlja u knjizi, 4 uredničke knjige te je bio suradnik na 3 sveučilišna udžbenika. Prodekan je za poslovanje, studij i studente izvan sjedišta Fakulteta (Odsjek u Petrinji) na Učiteljskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu u tri mandata počevši od akademske godine 2015./16.-2017./18., 2018./19.-2020./21., 2021./22. - do danas. Voditelj je doktorskoga studija Cjeloživotno obrazovanje i obrazovne znanosti na Učiteljskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu od 1. listopada 2021. Bio je zamjenik voditelja doktorskoga studija od 2017. godine i voditelj izvanrednoga studija na Učiteljskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu (Odsjek u Petrinji) od 2012. do 2015. Obnašao je funkciju zamjenika pročelnika Odsjeka na Učiteljskom fakultetu Zagreb Odsjek Petrinja od 2014. do 2015. te je bio član Povjerenstva za upravljanje kvalitetom na Učiteljskom fakultetu Zagreb od 2013. do 2015. Sudjelovao je kao član povjerenstva za izradu Strategije Učiteljskog fakulteta, Pravilnika o studiranju na preddiplomskim, diplomskim i integriranim studijima, Pravilnika o završnim i diplomskim radovima te završnim i diplomskim ispitima i Pravilnika o doktorskim studijima. Bio je član radne skupine za izradu programa poslijediplomskoga specijalističkog studija *Cjeloživotno učenje* i poslijediplomskog doktorskog studija *Cjeloživotno učenje i obrazovne znanosti*. Također, bio je voditelj projekta *Energetske obnove zgrade Učiteljskog fakulteta Odsjek u Petrinji* u vrijednosti od 3. 721 213,99 kuna 2017./2018. godine. Izvodi nastavu na kolegijima Kineziologija, Kineziološka metodika na preddiplomskom i diplomskom Sveučilišnom studiju na Učiteljskom fakultetu u Zagrebu.

Na poslijediplomskom doktorskom studiju *Cjeloživotno obrazovanje i obrazovne znanosti* izvodi nastavu na obveznom kolegiju Metodologija istraživanja u obrazovnim znanostima te izbornim kolegijima Kineziološka edukacija u Europskoj uniji i svijetu i Kineziologija slobodnoga vremena djece i mladih. Voditelj je Projekta pod nazivom *Cjelovita obnova zgrade Učiteljskog fakulteta u Petrinji* u okviru Javnog poziva *Obnova infrastrukture u području obrazovanja oštećene potresom*. Član je Senata Sveučilišta u Zagrebu u drugom mandatu počevši od akademske godine 2018./19. Član je Vijeća društveno-humanističkoga područja Sveučilišta u Zagrebu u trećem mandatu počevši od akademske godine 2015./16. do danas. Odlukom Ministarstva znanosti i obrazovanja 2015., 2018. i 2019. godine bio je član Stručne radne skupine za izradu predmetnoga kurikula za Tjelesnu i zdravstvenu kulturu. Predsjednik je Zajednice sportskih udruga i saveza Sisačko-moslavačke županije od 2022 godine. Predsjednik je Petrinjskog sportskog saveza u dva mandata od 2016. do 2020. i 2020. do danas. Bio je predsjednik Školskog sportskog saveza grada Petrinje od 2007. do 2016. godine te član Izvršnog odbora Zajednice športskih udruga i saveza Sisačko-moslavačke županije od 2018. do 2022. godine. Član je radne skupine za definiranje strukture i načela HR-OOZ-a (Hrvatski oblak za otvorenu znanost). Sudjelovao je kao istraživač na projektu *Kineziološka edukacija u predškolskom odgoju i primarnom obrazovanju* (227-2271694-1696) voditelja prof. dr. sc. Ivana Prskala (2007). Član je uredništva međunarodnoga časopisa *Sports Science and Health*, a bio je član uredništva međunarodnog časopisa *Croatian Journal of Education* od 2015. do 2018. Dobitnik je dvije nagrade za najbolji znanstveni rad - The 2nd International Conference on Advances and System Research 2008. godine te na The 3rd International Conference on Advanced and Systematic Research 2009. godine.

Izv. prof. dr. sc. Mario Konecki rođen je 3. 8. 1982. u Daruvaru. Osnovnu školu (Češka osnovna škola „Jan Amos Komensky“, Daruvar) završio je 1997., a srednju školu (Opća gimnazija, Daruvar) 2001. godine. Na diplomskom studiju Informacijski sustavi Fakulteta organizacije i informatike u Varaždinu diplomirao je 2005. godine. Doktorski studij Informacijske znanosti, na istom fakultetu, završio je 2013. s temom doktorskog rada „Sustav za pomoć osobama oštećena vida za potrebe programiranja grafičkih sučelja“ i time je stekao stupanj doktora znanosti u znanstvenom području društvenih znanosti, polje informacijske i komunikacijske znanosti. U razdoblju od 2004. do 2005. radio je kao Java/Oracle programer u poduzeću Perform d.o.o., Varaždin, u razdoblju od 2005. do 2006. kao predavač na Tekstilno-tehnološkom fakultetu, Varaždin i istovremeno kao grafički urednik i *web* dizajner u izdavačkoj kući Logos d.o.o., Daruvar, u razdoblju od 2006. do 2013. kao asistent na Fakultetu organizacije i informatike u Varaždinu, u razdoblju od 2013. do 2016. kao viši asistent, dok je od 2016. zaposlen kao docent, sve na istom fakultetu. Tijekom svojega dosadašnjeg rada kao autor ili koautor objavio je 78 znanstvenih, 20 stručnih radova i 1 fakultetski udžbenik. Sudjelovao je na 8 znanstvenih i 8 stručnih projekata, a 7 objavljenih znanstvenih radova nagrađeno je nagradama za najbolji znanstveni rad. Nakon diplomiranja u svojem znanstvenom području i struci usavršavao se na znanstvenoj instituciji Institut Jožef Stefan u Ljubljani, Slovenija, u kontinuiranom trajanju od 6 mjeseci. Osim navedenoga, na akademskim institucijama u SAD-u i Europskoj uniji proveo je, u svrhu stručnog usavršavanja, ukupno 55 dana. Održao je 3 međunarodna znanstvena pozvana predavanja i više stručnih izlaganja. Dobitnik je više nagrada i priznanja za znanstveni, nastavni i stručni rad, a 2016. nagrađen je i nagradom za doprinos društvu i volontiranje. Član je programskih i organizacijskih odbora niza znanstvenih i stručnih konferencija i član uredničkoga odbora više znanstvenih publikacija. Od 2018. djeluje u svojstvu voditelja Laboratorija za dizajn programskih sučelja, internetske servise i videoigre. Od 2017. do 2022. obnašao je funkciju posebnog savjetnika rektora Sveučilišta u Zagrebu za internetske servise, od 2017. obnaša funkciju koordinatora Rektorskoga zbora Republike Hrvatske za informacijske tehnologije, a od 2021. do 2022. obnašao je i funkciju posebnoga savjetnika rektora Sveučilišta u Zagrebu za međunarodnu suradnju. Od 2018. osnivač je i voditelj stručne konferencije Računalne igre koja svake godine okuplja više stotina sudionika. Održao je više radionica i edukacija u području dizajna korisničkih sučelja i razvoja videoigara. Autor je prvoga hrvatskog srednjoškolskog obrazovnog programa u području razvoja videoigara „Tehničar za razvoj videoigara“, a od 2020. do 2022. bio je voditelj projekta „Elementi umjetne inteligencije“ na strani Sveučilišta u Zagrebu čiji cilj je bio pružiti mogućnost obrazovanja o umjetnoj inteligenciji svim građanima Republike Hrvatske. Aktivno

djeluje u području struke i iza sebe ima na desetke stručnih projekata u praksi. Glavna područja njegova interesa uključuju obrazovanje, dizajn korisničkih sučelja, *web* tehnologije, razvoj videoigara, umjetnu inteligenciju i tehnologije za pomoć osobama s invaliditetom. Aktivno se služi engleskim, češkim i njemačkim jezikom.

SAŽETAK

Napredak informacijsko-komunikacijskih tehnologija pratila je i njihova implementacija u odgojno-obrazovnom radu od predškolskih do visokoškolskih ustanova. Njihov utjecaj svakom sljedećom generacijom sve je veći i veći, bilo da ih promatramo kao pomoćno sredstvo za poučavanje ili kao predmet koji se proučava. Cilj ovoga istraživanja jest utvrđivanje čimbenika korištenja tehnologije virtualne i proširene stvarnosti u visokoškolskom obrazovanju u Republici Hrvatskoj u kontekstu njihovoga prihvaćanja od nastavnika i studenata. U istraživanju je ukupno sudjelovalo 423 studenta odabranih metodom nasumičnoga odabira. Sudjelovalo je 226 studenata nastavničkih studija, odnosno studijskih smjerova s Učiteljskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Filozofskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i 197 studenata nenastavničkih studija, odnosno studijskih smjerova s Fakulteta organizacije i informatike Sveučilišta u Zagrebu, Filozofskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. U istraživanju je sudjelovao i 201 nastavnik. U istraživanju su sudjelovali nastavnici s Učiteljskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Fakulteta organizacije i informatike Sveučilišta u Zagrebu, Filozofskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i Arhitektonskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Svi sudionici istraživanja odabrani su metodom nasumičnoga odabira. Utvrđeno je kako najvišu razinu poznavanja sudionici ankete izražavaju za gotovo ista programska rješenja informacijsko-komunikacijskih tehnologija. Studenti i nastavnici najviše su upoznati i najčešće se koriste s internetskim preglednikom i elektroničkom poštom, a najslabije poznaju i najrjeđe koriste tehnologiju virtualne i proširene stvarnosti te program za upravljanje relacijskim bazama podataka. Nije uočena statistička značajna razlika u spremnosti na korištenje i stavu o korisnosti tehnologije virtualne stvarnosti među nastavnicima koji imaju manju razinu poznavanja u odnosu na one koji imaju višu razinu poznavanja informacijsko-komunikacijskih tehnologija, kao ni među nastavnicima koji imaju manju razinu poznavanja u odnosu na one koji imaju višu razinu poznavanja tehnologije virtualne stvarnosti. Statistički značajna pozitivna povezanost utvrđena je između spremnosti nastavnika na učenje o novim tehnologijama koje mogu pomoći studentima u svladavanju nastavnoga gradiva te njihova stava o dostupnosti tehnologije virtualne stvarnosti.

Statistički značajna razlika nije utvrđena ni između spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti ni u razini poznavanja informacijsko-komunikacijskih tehnologija među

studentima koji studiraju na nastavničkim u odnosu na one koji studiraju na nenastavničkim studijima ili studijskim smjerovima, kao ni među studentima različitih godina studiranja. Istraživanje učestalosti korištenja informacijsko-komunikacijskih tehnologija kod studenata koji studiraju na nastavničkim u odnosu na one koji studiraju na nenastavničkim studijima ili studijskim smjerovima pokazuje kako ne postoji statistički značajna razlika između učestalosti korištenja informacijsko-komunikacijskih tehnologija među studentima različite vrste studija, kao ni među studentima različitih godina studija. Utvrđena je statistički značajna pozitivna povezanost između stava studenata o korisnosti i želje za korištenjem tehnologije virtualne stvarnosti u procesu studiranja. Tehnologija virtualne stvarnosti sve je prisutnija u visokoškolskom obrazovanju u Republici Hrvatskoj te je spremnost i želja za njezinim korištenjem zabilježena je u odgovorima nastavnika i studenata. Obje kategorije ispitanika prepoznaju njezinu didaktičku vrijednost te će zbog toga virtualna stvarnost u budućnosti zauzimati sve veći prostor u visokoškolskom obrazovanju.

Ključne riječi: virtualna stvarnost, informacijsko-komunikacijske tehnologije, studenti, nastavnici, fakulteti

ABSTRACT

The advancement of information and communication technologies has been accompanied by their implementation in educational work, from pre-school to higher education institutions. Their influence on each subsequent generation is increasing, whether we consider them as a teaching aid or as a subject of study in and of themselves. Among the most modern elements of information and communication technologies are virtual and augmented reality technology. The aim of this research is to determine the factors of using virtual and augmented reality technology in higher education in the Republic of Croatia in the context of their acceptance by teachers and students they teach. More precisely, the aim is to investigate the readiness of teachers to use virtual reality technology in relation to their knowledge of this technology, and to determine the factors that influence students' perspective on the use of virtual and augmented reality technology.

The research involved a total of 423 randomly selected students. Of these, 226 were teacher education students or students from related programs from the Faculty of Education, University of Zagreb, the Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Zagreb, and the Faculty of Science, University of Zagreb. The remaining 197 students were from non-teacher education programs or related programs from the Faculty of Organization and Informatics, University of Zagreb, the Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Zagreb, and the Faculty of Science, University of Zagreb. In addition, 201 teachers participated in the research. These teachers were from the Faculty of Education, University of Zagreb, the Faculty of Organization and Informatics, University of Zagreb, the Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Zagreb, the Faculty of Science, University of Zagreb, the Faculty of Kinesiology, University of Zagreb, the Faculty of Civil Engineering, University of Zagreb, and the Faculty of Architecture, University of Zagreb. The participants were selected by random sampling. Two online questionnaires were created for the research, one for teachers and one for students. The first part of the student questionnaire asked for general information about the participant, such as their program of study and year of study. The second part of the student questionnaire assessed the participant's level of competency and experience in using information and communication technologies. The teacher questionnaire consisted of three parts. In the first and second parts of the questionnaire, teachers assessed their professional competencies and experience in using information and communication technologies. In the third part, teachers evaluated their knowledge and readiness to use and the usefulness of virtual reality technology in higher education based on 14 statements provided in the questionnaire.

The passage describes the analysis of research results related to the level of knowledge and usage of information and communication technology (ICT) among students and teachers. The study found that the participants were most familiar with and frequently used web browsers and email, while they were least familiar with and least likely to use virtual and augmented reality technology and relational database management software. There was no statistically significant difference in the readiness and attitudes towards virtual reality technology among teachers who had lower levels of ICT knowledge compared to those with higher levels of ICT knowledge. However, there was a statistically significant positive correlation between the willingness of teachers to learn new technologies that can help students in mastering the course material and their attitude towards the availability of virtual reality technology.

In the data processing phase, descriptive statistics were used to obtain basic statistical indicators, while the normality of variable distribution was tested using the Kolmogorov-Smirnov test. Univariate analysis of variance (ANOVA) was used to determine differences in the readiness to use virtual reality technology among students studying on teaching and non-teaching programs and according to the year of study. The level of ICT knowledge among students was also tested using univariate ANOVA, depending on their program and year of study. The Pearson correlation coefficient was used to determine the relationship between students' attitudes towards the usefulness of virtual reality technology in the study process and their desire to use it. The Levene's test was used to test variance homogeneity, while the statistical significance of mean differences between groups was determined using the F-value. If the Levene's test showed significant differences in variances, the Welch F test, which does not require homogeneity of variance, was used for further analysis.

The statistical significance of the differences was tested at the level of significance $p < 0.05$ using the STATISTICA version 14.0.0.15 software by TIBCO Software Inc.

Statistical significance was not found between the readiness to use virtual reality technology and the level of knowledge of information and communication technologies among students studying teaching compared to those studying non-teaching programs, nor among students of different years of study. Research on the frequency of use of information and communication technologies among students studying teaching compared to those studying non-teaching programs or study programs shows that there is no statistical significance in the frequency of use of information and communication technologies among students of different types of studies, nor among students of different years of study. A statistically significant positive correlation between students' attitudes towards the usefulness and desire to use virtual reality

technology in the studying process has been established. Virtual reality technology is increasingly taking up space in higher education in Croatia, and readiness and desire for its use has been recorded among both teachers and students. Both categories of respondents recognize its didactic value, and therefore virtual reality will occupy an increasingly important place in higher education in the future

Key words: *virtual reality, information and communication technologies, students, teachers, faculties*

1. UVOD

Potreba prenošenja poruka (informacija) da bi se međusobno komuniciralo jedna je od temeljnih čovjekovih osobina. Još od ostavljanja tragova prvih ljudi na zidovima spilja, čovjek pokušava s drugima podijeliti svoje misli, djela i osjećaje. Nekad je to činio služeći se materijalima dostupnima u prirodi, glinom, bojom, kamenom, a danas koristeći se tehnološkim blagodatima modernoag doba. Upravo te tehnološke blagodati objedinjujemo pod zajedničkim nazivnikom informacijsko-komunikacijske tehnologije. Informacijsko-komunikacijske tehnologije nemjerljivo utječu na čovjekov svakodnevni život, a taj je utjecaj svakim danom sve obimniji. Ne postoji segment društvenoga života u kojem nije došlo do manjega ili većega prodora informacijsko-komunikacijskih tehnologija, sa svim svojim prednostima i nedostacima. Pojam informacijsko-komunikacijske tehnologije (skraćeno IKT ili češće korišten engleska pokrata ICT) podrazumijeva sklopovlje (engl. *hardware*) i programsku podršku (engl. *software*). Informatičku tehnologiju Potočnik (2006, str.1) smatra „ekvivalentnom ulozi električne energije u industrijsko doba, a internet (napomena autora: sredstva komuniciranja) možemo smatrati tkivom našeg doba.“ Prema Hrvatskoj *online* enciklopediji Leksikografskog zavoda *Miroslav Krleža* informacijska i komunikacijska tehnologija je „djelatnost i oprema koja čini tehničku osnovu za sustavno prikupljanje, pohranjivanje, obradbu, širenje i razmjenu informacija različita oblika, tj. znakova, teksta, zvuka i slike“. Pojam informacijsko-komunikacijske tehnologije često se miješa s pojmom računala, što su nekada i mogle biti istoznačnice, ali kako ističu Pelgrum i Law (2003), pri kraju osamdesetih godina prošloga stoljeća izraz računala zamijenjen je izrazom informacijska tehnologija, a širom dostupnošću usluga elektroničke pošte pojam se proširuje na informacijsko-komunikacijske tehnologije. Osobna računala, prijenosna računala, radne stanice, lokalne, bežične i širokopojasne mreže, internet, mobilni telefoni, tableti, internetske usluge poput preglednika, elektroničke pošte, društvene mreže, elektronička trgovina, razne *online* platforme, aplikacije, operativni sustavi, baze podataka, sigurnosni sustavi, umjetna inteligencija, programi za obradu i upravljanje podacima, razni telekomunikacijski sustavi, sustavi temeljeni na oblaku za pohranu, obradu i pristup podacima putem interneta, tehnologija za prikupljanje, obradu i analizu velikoga broja podataka, IoT, točnije, internetska tehnologija za povezivanje fizičkih uređaja i senzora s internetom radi prikupljanja podataka i automatizaciju, mjere i tehnologije za kibernetičku sigurnost, samo su neki od elemenata obuhvaćeni pojmom informacijsko-komunikacijske tehnologije.

Uloga informacijsko-komunikacijskih tehnologija ključna je u ostvarivanju ciljeva postavljenih agendom zaokruženom pojmom *društvo znanja*. Društvo znanja prvi put kao pojam koristi još davne 1969. godine Peter Drucker. Prema Goyalu i Kumaru (2019) pojam nije jednoznačno definiran, već se konstantno razvija i mijenja kako bi odražavao trenutačno stanje na terenu. Goyal i Kumar također naglašavaju kako je pojam društva znanja puno širi od pojma informacijskoga društva te ističe UNESCO-ov stav kako tranzicija od informacijskoga društva do društva znanja zahtijeva upotrebu informacijsko-komunikacijskih tehnologija povezanih s prepoznavanjem znanja kao glavne političke, socijalne, institucionalne i kulturne dimenzije razvoja temeljene na poštivanju ljudskih prava. Prema Mujić (2007) društvo znanja je ono „koje svoj razvoj temelji na znanju, društvo koje stvara, dijeli i koristi stečena znanja za dobrobit i razvoj svojih članova“, ističući kako „Posebno mjesto u ocjenjivanju društva znanja zauzimaju inovativnost te obrazovanje i obučenosť pojedinaca i sustava.“ Europska komisija s ciljem pripreme Europske unije na digitalno doba odvojila je u proračunskom razdoblju od 2014. do 2020. godine iz Europskog fonda za regionalni razvoj više od 20 milijardi eura za ulaganja u razvoj informacijsko-komunikacijskih tehnologija. Tako značajnim iznosom sredstava želi se istaknuti kako su upravo te tehnologije ključne za poticanje konkurentnosti i podizanje gospodarskoga rasta i razvoja kojim će se omogućiti blagostanje za stanovnike Europske unije. Važnost tehnologije virtualne i proširene stvarnosti kao dijela modernih informacijsko-komunikacijskih tehnologije potvrđena je strateškim dokumentom *The Virtual and Augmented Reality Industrial Coalition* (Europska komisija, 2022). Njime je Europska unija definirala kao jedan od ciljeva unaprjeđenje europske industrije virtualne i proširene stvarnosti kroz poticanje dijalog sa svim relevantnim dionicima. S obzirom na sveobuhvatan utjecaj informacijsko-komunikacijskih tehnologija na društvo važno je istražiti kako se tehnologija virtualne i proširene stvarnosti može optimalno iskoristiti u visokoškolskom obrazovanju, doprinoseći time razvoju suvremenoga obrazovnog sustava i pripremi studenata za buduće izazove i. Alati temeljeni na tehnologiji virtualne i proširene stvarnosti pružaju mogućnost obogaćivanja nastavnoga procesa i stvaranje interaktivnoga i dinamičnoga okružja koja potiču angažiranje studenata i olakšavaju proces učenja. Kroz kvalitetnu integraciju tehnologije virtualne i proširene stvarnosti, visokoškolske ustanove mogu unaprijediti načine predavanja, omogućiti studentima dublje razumijevanje gradiva te potaknuti kritičko razmišljanje i kreativnost. Također, važno je osigurati odgovarajuću edukaciju i podršku za nastavnike kako bi uspješno implementirali ove tehnologije u nastavni proces. Profesori imaju ključnu ulogu u vođenju studenata kroz iskustva obogaćena virtualnom i proširenom stvarnošću te ih potiču na primjenu stečenoga znanja u stvarnim situacijama. Navedeno unaprjeđuje ne samo obrazovanje

studenta, već i razvoj kompetencija nastavnoga osoblja u suvremenom obrazovnom okružju. Kroz kontinuiranu edukaciju i suradnju između profesora i stručnjaka za informacijsko-komunikacijske tehnologije, moguće je oblikovati inovativne nastavne strategije koje će potaknuti interaktivno učenje, suradnju i samostalno istraživanje, čime će se studentima omogućiti bolja priprema za buduće izazove i tržište rada.

1.1. Razvoj IKT-a kroz povijest

Od početka civilizacije ljudi su pokušali komunicirati, najprije crtežima na zidovima pećina, slikovnim porukama, primitivnim a kasnije sve naprednijim oblicima pisma. To razdoblje komuniciranja nije ovisilo o tehnologiji i zato ga možemo nazivati predmehaničkim razdobljem. Galešev, Dmitrović, Vlahović, Kager i Lučić (2019) pišu o razvoju računala tijekom povijesti ističući da mehaničko razdoblje počinje izumom tiskarskog stroja 1450. godine. Izum tiskarskoga stroja u 15. stoljeću prema nekim autorima može se smatrati prvim uređajem informacijsko-komunikacijske tehnologije. Bez obzira na to što je tiskarski stroj zaslužan za omogućavanje širenja znanja, pismenosti i duhovnosti, ali i za rađanje novih revolucionarnih ideja, prvi pravi tehnološki iskorak u kontekstu informacijsko-komunikacijskih tehnologija smatraju se moderni uređaji od kojih i danas većinu koristimo, poput telegrama, telefona, radija i televizije. Razdoblje od izuma tiskarskoga stroja do telegrama dalo je nekoliko značajnih mehaničkih uređaja, tj. uređaja koji su koristili mehaničku obradu podataka. John Napier s prijelaza iz 16. u 17. stoljeće razvija metodu izračuna prirodnoga logaritma i izumljuje prvo mehaničko logaritamsko računalo Napier Bones. U mehaničkom razdoblju svakako je potrebno istaknuti Pascalinu, prvi mehanički kalkulator koji je veliki francuski znanstvenik Blaise Pascal patentirao 1649. godine, sa samo 26 godina. Motivacija za ovaj veliki iskorak bila mu je želja da pomogne ocu u bržem obračunu poreza. Blaise Pascal zapravo nije prvi izradio mehanički kalkulator. Ta čast pripada njemačkom profesoru Wilhelmu Schickardu koji je 1623. godine izradio kalkulator koji je mogao obavljati osnovne matematičke operacije zbrajanja i oduzimanja. Nažalost, izum profesora Schickarda dugo je bio nepoznanica te je tek 1956. godine otkriven, a 1960. godine po njegovim nacrtima izrađena je rekonstrukcija izuma. Dijelovi i za Schickardov i Pascalov kalkulator, poput zupčanika, prijenosnih elemenata i sl., bili su napredniji nego što ih je tadašnja tehnologija mogla napraviti, stoga se može zaključiti kako su njihovi izumi bili ispred svojega vremena. Leibnitzov kotač, izum Georga Wilhelma Leibnitza, mogao je obavljati sve četiri osnovne matematičke operacije, zbrajanje, oduzimanje, množenje i dijeljenje, ali zbog neprecizne tehnologije izrade nije bio dovoljno precizan u izračunu. Diferencijalni stroj sljedeći je iskorak u razvoju mehanički pogonjenih strojeva. Razvio ga je Charles Babbage u Engleskoj 1822. godine za potrebe izrade navigacijskih tablica za pomorce. Izuzetno skup projekt koji je financirala vlade, ali nažalost, nikad nije završen. Godine 1833. izradio je nacrt novoga stroja koji svojim elementima odgovara današnjem računalu. Analitički stroj imao je centralnu jedinicu, ulazne i izlazne jedinice, memoriju te program na bušenim karticama. Zbog tih zasluga Charles Babbage naziva se i ocem računala,

a njegovu kolegicu Adu Lovelace (Ada Augusta Byron ili Ada King) prvom programerkom (Stanley, 2016). Naime, Ada Lovelace pomogla je Charlesu Babbageu u programiranju računala. U svojim zapisima prva je predvidjela mogućnost da stroj (računalo) može obrađivati i druge podatke osim brojeva. Krajem sedamdesetih godina prošloga stoljeća osmišljen je prvi programski jezik koji je u spomen na Adu Lovelace nazvan Ada.

Upotrebom električne energije počinje i novo doba u informacijsko-komunikacijskim tehnologijama, doba elektromehaničkih uređaja. Telegram, uređaj za prijenos poruka na daljinu pomoću određenoga koda, donio je revoluciju u komuniciranju, ali ni blizu kao što je to napravio telefon koji je Alexander Graham Bell izumio 1876. godine. Izum radija pripisuje se Guglielmou Marconeu, ali je zapravo za taj izum zaslužan Nikola Tesla. Kao i mnogi uređaji, tako su i strojevi za računanje „obogaćeni“ električnom energijom. Za prvi u nizu od značajnih elektromehaničkih uređaja zaslužan je bio djelatnik Ureda za statistiku Sjedinjenih Američkih Država Herman Hollerith. Do izrade njegova Sortirnog stroja, obrada podataka nakon popisa stanovništva trajala je nekoliko godina, što se ovim uređajem koji se pokretao baterijama znatno ubrzalo. Zanimljivo je kako nisu svi bili oduševljeni uređajem, ne zbog toga što nije bio učinkovit, nego zato što je „prebrojao“ samo 63 milijuna stanovnika, a očekivali su da u SAD-u živi 65 milijuna stanovnika. Hollerith prodaje svoju tvrtku Computer Tabulating Recording Company, koja kasnije mijenja ime u International Business Machines (IBM). Među elektromehaničkim uređajima treba istaknuti i proizvod tvrtke IBM Mark 1, napravljen za sveučilište Harvard. Službeno je ime ovoga računala IBM Automatic Sequence Controlled Calculator (ASCC). Računalo je projektirao Howard Aiken, a težilo je 5 tona, bilo dugačko 17 metara, visoko 2,5 metra i sastojalo se nešto malo manje od milijun dijelova. Prvo računalo (kalkulator) koje je moglo obavljati različite operacije bez potrebe za mijenjanjem same građe uređaja, dizajnirao je Konrad Zuse. Z1 smatra se prvim programibilnim računalom, a koristilo je Booleovu algebru i binarni brojevni sustav. Nažalost, uređaj koji je težio oko jedne tone i sastojao se od 20 000 dijelova, nije bio potpuno pouzdan. Prvotno je nosio ime V1, ali zbog dijeljenja imena sa zloglasnim bombama nakon Drugog svjetskog rata, ime je promijenjeno u Z1. Zanimljivo je kako ga je Zuse konstruirao vlastitim sredstvima u dnevnom boravku svojih roditelja. Nakon Z1 napravljena su još tri modela: Z2, Z3 i Z4.

Elektromehanička računala radila su na releje koji nisu omogućavali velike brzine rada, što je značajnije promijenilo korištenje elektroničkih cijevi koje svijet informacijsko-komunikacijskih tehnologija uvode u elektroničko doba. Elektroničke cijevi mogu prepoznati dva stanja električnoga impulsa, njegovo postojanje i njegovu odsutnost. Upravo zbog toga, za

razliku od mehaničkih računala koja su koristila dekadski brojevni sustav (sustav od deset znamenki, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 i 9), korištenje elektroničkih cijevi prisililo je računala na korištenje binarnoga brojevnog sustava (sustav od dvije znamenke 0 i 1). Nula označava izostanak električnoga impulsa, a 1 njegovo postojanje. Zbog veličine i broja elektroničkih cijevi računala su svojom veličinom zauzimala cijele zgrade i trošila velike količine električne energije, a uz učestale kvarove nisu mogla ni dugo raditi.

Prva dva elektronička računala nastala kao rezultat vojnoga djelovanja su ENIAC i Colosuss. ENIAC se koristio za računanje balističkih putanji, a Colosuss za dešifriranje neprijateljskih poruka u Drugom svjetskom ratu. Kreirani su za točno određeni zadatak i nisu bili dizajnirani kao računala za opću uporabu (Atkinson, 2014). Do kraja rata bilo je nekoliko Colosuss računala, ali su sva nakon rata razmontirana i proglašena vojnom tajnom. Smatra se da je zahvaljujući Colosussu Drugi svjetski rat skraćen za najmanje dvije godine. Ova računala pripadaju prvoj generaciji elektroničkih računala. Računala su bila izuzetno velika, teška, trošila su puno električne energije pa je znanstvena zajednica bila primorana tražiti jednostavnija i bolja rješenja. Rezultat takvog promišljanja nastao je 23. prosinca 1947. godine kada su u Bell laboratoriju J. Bardeen, W. Brattain i W. Shockley konstruirali tranzistor. Koristeći se tranzistorima umjesto elektroničkim cijevima postignuto je značajno smanjivanje obujma računala, manja potrošnja električne energije, ali i povećanje preciznosti. Naime, tranzistori su se puno manje kvarili od elektroničkih cijevi. Oni rade na temelju svojstva poluvodiča, najčešće silicija stoga se mjesto na kojem je u svijetu najviše koncentrirana industrija vezana za informacijsko-komunikacijske tehnologije naziva Silicijska dolina. Silicijska dolina zapravo je područje u sjevernoj Kaliforniji u kojoj su smještene neke od najpoznatijih tvrtki na svijetu, poput Applea, IBM-a, eBaya, Yahooa, Googlea, Facebooka i drugih. Zbog svojeg su doprinosa Bardeen, Brattain i Shockley dobili Nobelovu nagradu za područje fizike. Računala zasnovana na radu tranzistora pripadaju drugoj generaciji elektroničkih računala, a najznačajniji predstavnik je UNIVAC 1. UNIVAC 1 bilo je prvo komercijalno računalo na svijetu, a popularnost je stekao uspješno predviđevši rezultat američkih izbora. Doba druge generacije elektroničkih računala donosi značajne promjene koje će uporabu računala učiniti pristupačnijom. Bušene kartice zamjenjuju se učinkovitijim bušenim vrpčama, kreiraju magnetni medij za pohranu podataka, a razvijaju se i prvi programski jezici, kao što su Fortran i Cobol.

Povezivanjem što više tranzistora u jednu cjelinu započinje treća generacija računala. Međusobno spojeni tranzistori čine integrirani krug. Jedan integrirani krug na početku je

sadržavao svega nekoliko tranzistora, dok današnji sadrže preko milijun elektroničkih komponenti smještenih na prostoru od nekoliko centimetara. Značajan je to napredak od komponenti od nekoliko tona i metara do nekoliko deograma i centimetara, a ostvaren je u svega nekoliko desetaka godina. Jack St. Clair Kilby je 2000. godine dobio Nobelovu nagradu iz fizike za realizaciju prvoga integriranog kruga 1958. godine.

Tehnološki napredak koji ostvaruje iskorak u četvrtu generaciju računala jest mikroprocesor. Mikroprocesor je čip (integrirani sklop koji svojom funkcijom preuzima čitave dijelove računala) koji preuzima zadatak cijele središnje jedinice za obradu podataka. Računala postaju puno brža, manja i jeftinija te dostupna širokom krugu ljudi. IBM 1981. godine predstavlja svoje prvo računalo za kućnu upotrebu, a i mikroprocesori postaju dio i drugih uređaja u svakodnevnoj uporabi.

Nije još jasno određeno nalazimo li se još uvijek u četvrtoj ili smo zakoračili u petu generaciju računala. Računala pete generacije bazirana su na umjetnoj inteligenciji i njihov je razvoj u tijeku. Japan, kao jedna od tehnološki najrazvijenijih država svijeta, krenuo je u ovaj projekt. Cilj je računala pete generacije približiti umjetnu inteligenciju čovjekovim sposobnostima kroz razumijevanje, a ne samo rješavanje problema (Moto-Oka, 1985.). Peta generacija računala su računala koja razmišljaju.

Osim samih uređaja, za informacijsko-komunikacijske tehnologije važan je razvoj interneta, mreže svih mreža. Kako ističe Odlyzko (2000), u dugogodišnjem nizu komunikacijskih tehnologija internet je najnoviji, ili kako mu „tepa“ Ryan (2010) nazivajući ga djetetom industrijskoga doba. Preteča interneta bila je mreža koju je financiralo Ministarstvo obrane SAD-a ARPANET, koji u osamdesetim godinama prošloga stoljeća zamjenjuje NSFNET (Glowniak, 1998). ARPANET je prvo umrežio računala na sveučilištima UCLA i Berkley u Los Angelesu. Značajan iskorak u komunikaciji među računalima ostvaren je 1973. godine kreiranjem komunikacijskoga protokola Transmission Control Protocol/ Internet Protocol (TCP/IP). Današnji korisnici internet najčešće poistovjećuju s pojmom www koji upisuju kao početak adrese neke internetske stranice, ali ta dva pojma nisu istoznačnice. Pojam interneta puno je širi od pojma www-a. WWW ili World Wide Web samo jedna je od usluga interneta koja omogućuje pregled hipertekstualnih dokumenata. Autori ove usluge su engleski inženjer Tim Berners-Lee i belgijski znanstvenik Robert Cailliau, zaposlenici CERN-a.

Tijekom 2023. godine najveći iskorak u širem korištenju informacijsko-komunikacijskih tehnologija donijela je uporaba programa za umjetnu inteligenciju. Radi se o izuzetno složenim

sustavima i alatima koji se koriste naprednim računalnim tehnikama kako bi modelirali i simulirali inteligentno ponašanje, što podrazumijeva različite funkcionalnosti kao što je obrada prirodnoga jezika, strojno učenje, prepoznavanje uzoraka, računalni vid i druge mogućnosti. Programi za umjetnu inteligenciju samo su iskorak prema potpuno autonomnim sustavima koji će imati sposobnost učenja i prilagodbe.

1.2. Uloga IKT-a u obrazovanju

1.2.1. Strateški dokumenti

Informacijsko-komunikacijske tehnologije postale su nezaobilazan element ljudskoga života. Što god da radili, kamo god da krenuli, kako god da se ponašali, one su uvijek na neki način oko nas. Njihov razvoj tekao je paralelno s napredovanjem čovječanstva prema modernom dobu. Kao takve, informacijsko-komunikacijske tehnologije prodrle su u sve segmente ljudskoga života, pa tako i u sustav odgoja i obrazovanja, postajući učenicima „izvorna stvarnost“ (Pavičić, 2017). Najznačajniji dokumenti Europske unije i Republike Hrvatske informacijsko-komunikacijske tehnologije prepoznaju kao ključni element u ostvarivanju zadanih ciljeva, sretnijega i bogatijega društva (Lisabonska strategija, Digital Education Action Plan 2021. - 2027., Strategija obrazovanja, znanosti i tehnologije Republike Hrvatske, Strateški okvir za digitalno sazrijevanje škola i školskog sustava u Republici Hrvatskoj).

U ožujku 2000. godine u Lisabonu na sastanku Europskog vijeća definirano je kako bi Europska unija trebala postati najkonkurentnije i najdinamičnije gospodarstvo svijeta utemeljeno na znanju, održivom gospodarskom rastu uz najveću stopu zaposlenosti i snažnu gospodarsku i socijalnu koheziju. Lisabonskom strategijom (Europska komisija, 2000) definiran je način ostvarivanja navedenoga cilja, a kao prvi način istaknuto je šire i učinkovitije korištenje novih informacijskih tehnologija. Strategija Europa 2020. (Europska komisija, 2010) nasljednica je Lisabonske strategije. Ciljevi su strategije potaknuti pametan, održivi i uključiv rast, što uključuje i korištenje informacijskih i komunikacijskih tehnologija.

Digital Education Action Plan 2021. - 2027. (Europska komisija, 2020), dokument je Europske komisije koji sadrži 11 aktivnosti podijeljenih u 3 prioriteta s ciljem osiguravanja podrške korištenja tehnologije i razvoja digitalnih kompetencija u obrazovanju. Prvi prioritet koji podrazumijeva bolje korištenje digitalne tehnologije za učenje i poučavanje obuhvaća osiguranje širokopoasnoga internetskog pristupa školama i smanjivanje digitalnoga jaza između i unutar zemalja Europske unije, osiguravanje korištenja besplatnoga mrežnog alata SELFIE (engl. *Self-reflection on Effective Learning by Fostering the use of Innovative Educational Technologies*). SELFIE je alat za samoprocjenu koji je razvijen kako bi pomogao školama u procjeni njihova napretka u integraciji digitalnih tehnologija u obrazovni proces. Škole mogu samostalno analizirati i ocijeniti svoju trenutačnu razinu korištenja digitalnih tehnologija u obrazovnom okružju, kroz identifikaciju jakih strana te detekciju područja u

kojima postoji prostor za napredak u vezi s primjenom digitalnih tehnologija. Drugi prioritet je razvijanje digitalnih kompetencija i vještina. Prioritet će se postići stvaranjem internetske platforme za podršku institucijama visokoga obrazovanja u korištenju digitalnih tehnologija, poticanje stjecanja digitalnih kompetencija u visokom obrazovanju, poticanje osnovnih, srednjih i strukovnih škola na uključivanje u EC Code Week tijekom kojeg se promiče računalni način razmišljanja, kodiranje te kreativna i kritička uporaba digitalnih tehnologija, postizanje svijesti o kibernetičkoj sigurnosti i pedagoškim pristupima istoj te poticanjem digitalnih i poduzetničkih vještina kod djevojčica u osnovnom i srednjoškolskom obrazovanju. Treći prioritet predviđa poboljšanje obrazovanja temeljeno na analizi podataka. Prioritet će se ostvariti mjerenjem napretka u korištenju digitalnih tehnologija u obrazovanju te ažurirani upitnik o korištenju informacijsko-komunikacijskih tehnologija koji prati PISA istraživanja. Prioritet predviđa i pokusne projekte uz korištenje umjetne inteligencije za predviđanje potrebnih znanja i vještina u budućnosti, a ista bi se tehnologija upotrijebila i za moguća rješenja u obrazovnim politikama koja se tiču jednakosti spolova i inkluzije. Zadnja aktivnost usmjerena je na objavu politika, istraživanja, smjernica o utjecaju i potencijalnim mogućnostima digitalne tehnologije u osnovnom, srednjem i visokom obrazovanju. Predviđena je i organizacija europskoga *hackathona* s ciljem prepoznavanja inovativnih rješenja za izazove s kojima se suočavaju obrazovne institucije.

U dokumentu *The 2018 International Computer and Information Literacy Study* (Europska komisija, 2019) sažeto je nekoliko ključnih točaka obrazovnih sustava zemalja Europske unije. Dokumentom se naglašava:

- digitalne kompetencije ne stječu obvezno rođenjem u digitalnom svijetu
- veća je razlika u digitalnim kompetencijama unutar zemalja nego između pojedinih zemalja Europske unije
- postoji značajna razlika u računalnoj i informacijskoj pismenosti između dječaka i djevojčica u korist djevojčica, ali se taj jaz ne očituje u procjeni računalnoga načina razmišljanja
- niži socioekonomski status povezan je s nižom razinom računalne i informatičke pismenosti i računalnoga načina razmišljanja i
- u nekim državama članicama Europske unije i dalje postoji ograničena dostupnost računalne opreme, ali osiguravanje opreme nije dovoljno, potrebno je i učenike i nastavnike ohrabriti za njezino korištenje.

U publikaciji Europske komisije Education and Training Monitor 2019 EU infographics (Europska komisija, 2019) istaknuto je kako je nastavnicima potrebna dodatna edukacija za rad s učenicima s posebnim potrebama, vještinama korištenja informacijsko-komunikacijskih tehnologija u poučavanju i za poučavanje u multikulturalnom ili višejezičnom okružju. U publikaciji koja pokazuje stanje u Hrvatskoj Education and Training Monitor 2019 Croatia - Country Infographic (Europska komisija, 2019) istaknute su potrebe za edukacijom nastavnika u tri ista područja.

„Neizostavno je investiranje i u obrazovanje učitelja za korištenje IKT-a u poučavanju, odnosno razvoj njihovih digitalnih kompetencija te investiranje u informatičku opremu na razini pojedinih škola, a za primjenu IKT-a u nastavnom procesu.“, istaknuto je u Strategiji obrazovanja, znanosti i tehnologije (Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta, 2014) koju je Hrvatski sabor usvojio 2014. godine.

Strateški okvir za digitalno sazrijevanje škola i školskoga sustava u Republici Hrvatskoj (Ministarstvo znanosti i obrazovanja, 2020) u objašnjenju misije i vizije ističe integraciju tehnologije po mjeri učenika, nastavnika i drugih zaposlenika škole, u svrhu razvoja učenja, poučavanja i poslovanja u skladu s potrebama društva, zajednice i ostalih dionika. Kao digitalno zrele škole, Strategija predviđa infrastrukturu i resurse kao što je mreža, informatička oprema i usluga tehničke podrške, a nastavnike kao glavne pokretače integracije informacijsko-komunikacijskih tehnologija u nastavni proces. Kao jedno od četiriju ključnih strateških područja Strategija predviđa podršku učenju i poučavanju primjenom informacijsko-komunikacijskih tehnologija te vođenje i donošenje odluka na temelju podataka.

U publikaciji Artificial Intelligence in Education: Challenges and Opportunities for Sustainable Development (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2019) analizira se kako umjetna inteligencija može pomoći obrazovnim sustavima te kako se zemlje mogu pripremiti na implementaciju umjetne inteligencije. Publikacija donosi iskustva zemalja koje su već počele s planovima za uvođenje umjetne inteligencije, kao što su Francuska, Kina i Južna Koreja. Zadnji dio publikacije donosi izazove, mogućnosti i rizike u implementaciji umjetne inteligencije u obrazovanju. UNESCO je u svibnju 2019. godine u Pekingu organizirao i međunarodnu konferenciju o umjetnoj inteligenciji u obrazovanju Planning Education in the AI Era: Lead and Leap. Rezultat konferencije je publikacija Beijing Consensus on Artificial Intelligence (AI) and Education (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2019) u kojoj su prikazane upute i preporuke za korištenje umjetne inteligencije s ciljem ispunjavanja ciljeva definiranih dokumentom Transforming our World: The 2030

Agenda for Sustainable Development (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2015). Publikacija preporučuje zemljama da planiraju umjetnu inteligenciju u svojim obrazovnim politikama, podupiru korištenje novih modela obrazovanja potpomognutih umjetnom inteligencijom koju je moguće upotrijebiti i u ispunjavanju cilja personaliziranoga cjeloživotnog učenja, da pri planiranju novih politika donose odluke na temelju relevantnih podataka, osiguraju da umjetna inteligencija osnaži, a ne zamijeni nastavnike te da razviju prikladne programe koji će osnažiti nastavnike za rad s umjetnom inteligencijom, pripreme buduće generacije znanjima i vještinama potrebnima za doba umjetne inteligencije te promiču pravednu i inkluzivnu upotrebu umjetne inteligencije bez obzira na invalidnost, socijalni ili ekonomski status, etničku ili kulturnu pripadnost, zemljopisni položaj s naglaskom na rodnu ravnopravnost.

U okviru Akcijskog plana za medije i audiovizualnu politiku (Europska komisija, 2020) (engl. European Media and Audiovisual Action Plan) pokrenuta je 2020. godine Koalicija za VR/AR industriju. Prvenstveni je cilj Koalicije unaprjeđenje europske industrije u području virtualne i proširene stvarnosti te dijalog sa zainteresiranim sudionicima. Kroz ovaj okvir za djelovanje održana je serija radionica s mnogobrojnim sudionicima, identificirani izazovi i potencijali za djelovanje, ali i razvijen strateški dokument The Virtual and Augmented Reality Industrial Coalition (Europska komisija, 2022) koji sadrži mnogobrojne preporuke za buduća djelovanja. Strategija detektira nedovoljnu nezavisnost kompanija unutar Europske unije u odnosu na kompanije iz vanjskih tržišta što može dovesti do potencijalne ugroze podataka te negativan utjecaj na tehnološki razvoj i buduće poslovne modele. Ograničena je svijest o potencijalu tehnologije virtualne i proširene stvarnosti u transformiranju industrije. Najčešće se ta tehnologija ograničava na igre i zabavne aplikacije te je zbog toga potrebno raditi na podizanju svijesti o potencijalima tehnologije virtualne i proširene stvarnosti i unaprjeđenju opće digitalne pismenosti i obrazovanju ljudi kako bi stekli vještine potrebne za korištenje u razumijevanje te tehnologije.

1.2.2. Učenici i IKT

Kao što se i informacijsko-komunikacijske tehnologije mijenjale tijekom vremena, tako su se mijenjali i učenici, a sukladno njihovim potrebama i nastavnici. Djeca rođena između 1980. godine i 2000. godine pripadaju tzv. Generaciji Y ili još zvanj i Milenijska generacija. Milenijska generacija učenika odrastala je zajedno s naglim rastom korištenja informacijsko-komunikacijskih tehnologija, dok je generacija koja dolazi nakon njih, Generacija Z kojoj

pripadaju učenici koji danas idu u školu, već rođena u svijetu obogaćenom modernim tehnologijama. Sabada i Bringue (2010) prema Zarabanda (2019) opisuju karakteristike Milenijske generacije učenika u kontekstu korištenja informacijsko-komunikacijskih tehnologija. Milenijske generacije učenika imaju pristup širokom spektru uređaja, što podrazumijeva da s njima trebaju znati rukovati i učitelji. Imaju sposobnost *multitaskinga*, obavljanja više zadataka odjednom. U dobi do 12 godina učenici dobro poznaju alate i aplikacije na svojim uređajima, što podrazumijeva da ih moraju znati i nastavnici. Milenijske generacije više koriste internet od televizije jer im omogućuje interaktivnost. Samostalni su u konzumiranju informacija jer najčešće posjeduju vlastito računalo, a vrijeme kada konzumiraju sadržaje određuju sami. Milenijska generacija ne poznaje niti može zamisliti svijet bez moderne tehnologije, a Generacija Z nije ni rođena u takvom svijetu. Generacija Z još se spominje i kao iGeneracija ili Internetska generacija. *Multitasking* je kod Generacije Z još izraženiji nego kod njihovih prethodnika. Izuzetno brzo primaju i obrađuju podatke i zato im je važnija dostupnost podataka pomoću tehnologije nego znanje kako ta tehnologija zaista funkcionira. Prensky (2001) smatra kako su pripadnici Generacije Z sve introvertiraniji, konzervativniji i manje socijalno osjetljivi. Prensky je prvi put iznio koncept „digitalnih domorodaca“ i „digitalnih imigranata“. Prema Prenskyju, generacija Z, koja je odrasla uz digitalnu tehnologiju, predstavlja „digitalne domorodce“. Oni su rođeni s tehnologijom i odrasli su u svijetu gdje je digitalna tehnologija uobičajena i prirodna za njih, dok su „digitalni imigranti“ ljudi odrasli prije pojave široke upotrebe digitalne tehnologije i kasnije su se prilagodili te prihvatili njezinu uporabu. Prensky tvrdi da „digitalni imigranti“ često imaju manje iskustva i manju sposobnost prilagodbe digitalnoj tehnologiji u usporedbi s „digitalnim domorocima“. Oni su odrasli u vremenu kada su tradicionalni oblici komunikacije i učenja bili dominantni, poput knjiga i tiskanih medija, te se moraju prilagoditi novim tehnologijama i načinima rada.

Futurist McCrindle (2017) ističe još i generaciju Alfa, koja je rođena između 2010. i 2025. godine. Pripadnici generacije Alfa su djeca pripadnika Generacije Y. McCrindle ističe kako su oni zaista prva prava milenijska generacija, rođena i odrasla u 21. stoljeću. Za obrazovanje pripadnika Alfa generacije ključno je učenje pomoću vizualnih elemenata, a za nastavnike razvoj vizualne pismenosti (Khaliq Ramadlani i Wibisono, 2017). U odgojno-obrazovnom radu s pripadnicima Generacije Z i Generacije Alfa potreba za osobnim računalima proširuje se na potrebu za specijaliziranim informacijsko-komunikacijskim tehnologijama koje su u mogućnosti učenicima približiti širi spektar programskih rješenja napravljenih za rad u školi. Mobiteli, tableti, pametne ploče, uređaji koji omogućuju korištenje tehnologije virtualne i

proširene stvarnosti, samo su neka od tehnoloških pomagala koja danas sve više zauzimaju svoj prostor u odgojno-obrazovnim ustanovama. Učenici Generacije Z, a posebno učenici Generacije Alfa, posjeduju pametne telefone čija je brzina i snaga veća nego na stolnim računalima koje je škola kupila prije desetak godina, a znanje o tehnološkim mogućnostima u većini slučajeva daleko nadmašuju ona koja su tijekom svojega školovanja mogli steći oni koji ih vode kroz odgojno-obrazovni proces u školi.

1.2.3. IKT u obrazovanju

Mnogi su znanstvenici istraživali uporabu računala u nastavi. Područje računalno potpomognutoga obrazovanja ima bogatu povijest istraživanja i kontinuirano se razvija sukladno razvoju i napretku informacijsko-komunikacijska tehnologija. Seymour Papert bio je pionir u području računalno potpomognutoga obrazovanja. Njegova teorija „konstrukcije znanja“ promovirala je korištenje računala kao alata za poticanje kreativnosti i samostalnoga istraživanja učenika. Hutinski i Aurer (2009) ističu kako su računala na sveučilištima prvotno bila alati za istraživanja, ali su se koristili i kao predmet istraživanja. Computer Assisted Instructions (CAI) model poučavanja pomoću računala samo je jedna od četiriju paradigmi, kako uporabu informacijsko-komunikacijskih tehnologija u nastavi u učenju razvrstava Koschmann (1996). Hrvatski autori, među prvima Muljević (1971), nazivaju CAI model, Nastava pomoću kompjutera (NPK modelom).

Vrkić Dimić (2010) donosi pregled glavnih karakteristika četiriju Koschmannova modela (CAI model, CBT model, ITS model i CSCL model). Šezdesetih godina prošloga stoljeća na temelju ideja biheviorističke teorije učenja nastao je CAI model. Učenje je primanje jasno strukturiranih informacija, a računalo je alat za poučavanje koji vodi učenika kroz sadržaj koji uči. Istraživanja vezana za CAI model usmjerena su prema efikasnosti poučavanja, ističe Vrkić Dimić.

Vavra (2013) donosi podatke kako je Multimedijalni nastavni i informatički centar bio nositelj prvoga razvojnog istraživanja o mogućnosti primjene računala u obrazovanju, prema dvama različitim osnovnim modelima. Prvi je model temeljen na nastavi u kojoj učenici svladavaju nastavni sadržaj u izravnoj interakciji s terminalom računala. Dakle, radi se o nastavi pomoću računala (NPK). U drugom modelu nastava je upravljana i regulirana pomoću računala (NURK).

Radošević (2013) kao suvremeni oblik CAI-a modela navodi Computer-Based Training (CBT) koji se koristi interaktivnom multimedijalnom tehnologijom i računalnim mrežama. Sedamdesetih godina prošloga stoljeća na temelju kognitivne teorije pojavljuje se Intelligent Tutoring System (ITS model). Ova paradigma promatra učenje kao aktivnost u kojoj se učenicima olakšava usvajanje i razumijevanje sadržaja, a u tom kontekstu učenici računalne aplikacije koriste kako bi rješavali postavljene probleme i dobili povratne informacije o svojoj uspješnosti. Računalna tehnologija u službi je postizanja ciljeva kroz interaktivni pristup poučavanju. Papert je šezdesetih godina prošloga stoljeća predstavio programski jezik *Logo* u kojem kornjača predstavlja robota koji izvršava naredbe izravno spojen na računalo, crtajući po podu različite geometrijske oblike (Altin, Pedaste, 2013). Programskim jezikom *Logo* učenici uče kroz iskustvo što je u uskoj vezi s kognitivnim konstruktivizmom. U kontekstu računala u nastavi *LOGO* model podrazumijeva zamijenjene uloge, učenik programirajući kornjaču postaje učitelj, a računalo učenik. Papert je smatrao kako je pozitivna nuspojava učenja programiranja u *LOGO* programskom jeziku logičko razmišljanje i bez obzira na to što se ta činjenica čini kao kulturni truizam, mnoga istraživanja potvrđuju tu hipotezu (Gorman Jr., Borne Jr., 1983). Zadnji Koschmannov model je Computer Supported Collaborative Learning (CSCL). Koschmannov (1996) pojašnjava kako je za godinu pojave ovoga modela odabrao 1989. godinu, kada se pod pokroviteljstvom NATO-ova Special Program on Advanced Educational Technology u Italiji održala prva konferencija na kojoj je upotrebljen naslov „computer-supported collaborative learning“. „Računalom podržano kolaborativno učenje koristi računala kao primarni izvor za dijeljenje znanja i njegovu izgradnju. Korištenjem računalnih tehnologija u procesu učenja povećavamo efikasnost tog procesa.“ (Škorić, 2010). Topolovec, Mezak i Hoić-Božić (1999) smatraju kako kolaborativno učenje, uključivanjem interaktivnih partnera i korištenjem suvremenih informacijskih i komunikacijskih tehnologija, povećava efikasnost i kvalitetu obrazovanja. Juričić Devčić (2014) istraživanjem pokazuje kako kolaborativno računalom podržano učenje postiže bolju učinkovitost od individualnoga učenja te kako učenici prema takvom načinu učenja imaju pozitivan stav.

Mujić (2007, str. 293) vezano za informacijsko-komunikacijske tehnologije i obrazovanje zaključuje kako „Informacijske tehnologije, osobna računala, TV, video-tehnika. internet, e-mail s kojima se današnja djeca uglavnom sreću prije polaska u škole, bude u njima takve pedagoške nade koje, ne pristupe li njihovi učitelji promjenama u sadržajima i metodama, neminovno vode razočaranju i frustracijama.“ Ta činjenica nepobitno pokazuje kako je važno na koji se način i kojim informacijsko-komunikacijskim tehnologijama koriste nastavnici u

odgojno-obrazovnom procesu. Informacijsko-komunikacijska tehnologija danas je osnovno nastavno pomagalo u odgojno-obrazovnom procesu. U užem smislu, računala se, osim kao tehničko pomagalo u nastavi, može koristiti i kao predmet izučavanja, kao medij za razmjenu znanja i u administraciji (Radošević, 2013).

Integraciju informacijsko-komunikacijskih tehnologija u obrazovanje Zhao, Kong i Kong (2019) smatraju imperativom našega doba i strateški izbor u kontekstu modernizacije obrazovanja. Autori prenose Andersonove faze integracije informacijsko-komunikacijskih tehnologija u obrazovanje. Anderson (2008) je predstavio koncept četiriju faza integracije u informacijsko-komunikacijskih tehnologija u obrazovanje: faza nastajanja ili upoznavanja (engl. *Entry Stage*), fazu primjene (engl. *Adoption Stage*), faza prilagodbe (engl. *Adaptation Stage*) i fazu transformacije (engl. *Transformation Stage*). Faza nastajanja podrazumijeva nabavu i istraživanje opreme i programa potrebnih u školama, njezinu postupnu primjenu u nastavnom procesu, ali i općenito u radu škole. Faza primjene obuhvaća promicanje informacijsko-komunikacijskih tehnologija i njihovu specijaliziranu primjenu u kontekstu integracije i rješavanja kurikulskih izazova. U fazi prilagodbe dolazi do potpune integracije informacijsko-komunikacijske tehnologije u kurikulum. Zadnju fazu, fazu transformacije, možemo promatrati i kao stabilizaciju faze integracije. Cilj je zadnje faze oblikovati školu kao centar poučavanja za cijelu zajednicu. Osim Andersonovih faza integracije, Zhao, Kong i Kong (2019) ističu kako se integracija informacijsko-komunikacijskih tehnologija u obrazovanju može podijeliti na tri razine. Na onoj prvoj informacijsko-komunikacijska tehnologija se koristi kao alat u pripremi nastave, demonstraciji sadržaja i obradi domaćih zadataka. Srednja razina obuhvaća integraciju multimedijalnih sadržaja, prikupljanje i obradu sadržaja, procjenu podataka i sl. Visoka razina integracije obuhvaća potpunu integraciju tehnologije i poučavanja.

Bezić (2000) opisuje sedam povijesnih faza korištenja računala u nastavi u kontekstu promjene uloge nastavnika. Razdoblje do pojave tiskarskoga stroja naziva prvom tehnološkom fazom. Nastavnik je izvor znanja koja učenik mora usvojiti. U drugoj fazi, uz nastavnika kao primarni izvor znanja pojavljuju se i knjige. Treća faza je faza promatranja. Nastavnik učenike potiče na promatranje i samostalno generaliziranje. U četvrtoj fazi nastavnik i učenik zajednički sudjeluju u radu, dok u petoj fazi nastavnik postaje posrednik između mnoštva informacija koje generiraju i prenose masovni mediji, a cilj je nastave osposobiti učenika za samostalno selekcioniranje informacija. To je faza informacijskoga opismenjavanja. Računalizacija obrazovanja je šesta faza. Nastavnik u računaliziranom obrazovanju regulira tijekove informacija. Faza multimedijalnih tehnika sedma je i posljednja faza prema Beziću. Nastavnikova uloga je

ispravno koristiti i kombinirati sve medije, uključujući vlastitu živu riječ i medije iz prethodnih faza.

Kumar (2008) prepoznaje pet mogućnosti integracije informacijsko-komunikacijskih tehnologija u obrazovanje kako bi se postigla veća učinkovitost u procesu učenja i sam proces učinio zanimljivijim. Korištenjem računala i interneta nastavnik može omogućiti učenicima povećanje dostupnosti nastavnih materijala kada i odakle to učenici žele. Informacijsko-komunikacijske tehnologije omogućuju nastavu na daljinu i e-učenje, no to pokazuje male razlike u odnosu na klasično učenje. Informacijsko-komunikacijske tehnologije mogu poboljšati procese prijamnih i završnih ispita te omogućiti brže povratne informacije o rezultatima istih. Kao zadnju mogućnost Kumar ističe doprinos informacijsko-komunikacijskih tehnologija u istraživačkim procesima.

Das (2019) kao ciljeve informacijsko-komunikacijskih tehnologija u obrazovanju ističe poboljšanje brzine učenja i postignuća, povećano usvajanje znanja i vještina potrebnih za bolji život i održivi razvoj, promicanje i olakšavanje odnosa između ljudi i okoliša, provođenje načela cjeloživotnoga obrazovanja, povećavanje raznolikosti obrazovnih metoda i usluga te stope pismenosti koristeći se učenjem na daljinu, promicanje tehnološke pismenosti među građanima i jednakost između učenika s teškoćama i nadarenih učenika.

Topolovec, Mrkonjić i Vlašić (1999) su na temelju drugih istraživanja diljem svijeta izdvojili prednosti uporabe računala u nastavi prema važnosti kako ju navode nastavnici. Tako nastavnici koji su sudjelovali u različitim istraživanjima navode ove prednosti: neposredna povratna informacija za učenika, velike mogućnosti raznovrsnih tehnika poučavanja, neograničena strpljivost računala, individualizacija nastave, mogućnost izvođenja simulacija, nastava prilagođena potrebama učenika, pozitivni stavovi učenika prema uporabi računala u nastavi i učenju, visoke mogućnosti praćenja učeničkih postignuća i ušteda vremena i stvaranje mogućnosti da se nastavnici posvete specifičnim nastavnim problemima. Kao nedostatke korištenja računala nastavnici ističu: izolaciju od ljudske interakcije, velika financijska ulaganja, otpor nastavnika, otežanu uporabu različitih programskih paketa, lošu kvalitetu programske podrške, neusklađenost s rasporedom sati i nizak stupanj primjenjivosti obrazovnoga softvera.

Informacijsko-komunikacijske tehnologije prodiru u sve dijelove ljudskoga života, pa tako i u sustav obrazovanja, bilo da se njima služimo kao nastavnim sredstvom i pomagalom, bilo da učimo raditi na njima. U osnovnoj i srednjoj školi i na visokoškolskim ustanovama zbog potrebe

svladavanja matrije vezane za korištenje informacijsko-komunikacijskih tehnologije, ponajprije onih modernih vezanih za računalo, uveden je i predmet Informatike ili njezine izvedenice, kao što su u visokoškolskim ustanovama Informacijsko-komunikacijske tehnologije u nastavi, Korištenje računala, Osnovni tekstualni i grafički programski alati itd. Istraživanja vezana za uporabu računala u nastavi pokazuju kako se svakom uvođenju novih tehnologija u škole mora pristupiti planski, svjesni njezinih prednosti i nedostataka, uz značajnu posvećenost stručnom usavršavanju onih koji će ju koristiti. Bez motiviranih nastavnika svaki pokušaj uvođenja novina u odgojno-obrazovni sustav osuđen je na neuspjeh.

2. MODERNI IKT – TEHNOLOGIJA VIRTUALNE I PROŠIRENE STVARNOSTI

Posljednjih nekoliko godina značajan iskorak u razvoju doživljava tehnologija virtualne i proširene stvarnosti. Ta tehnologija nije nova, ali je svoju funkcionalniju primjenu tek počela ostvarivati u novom tisućljeću. Virtualna stvarnost poznatija je prema akronimu VR od engleskoga naziva *Virtual reality*, a proširena stvarnost prema akronimu AR od engleskoga *Augmented reality*. Prema *online* enciklopediji Leksikografskog zavoda Miroslav Krleža virtualna je stvarnost „prividan okoliš simuliran s pomoću računala te posebnih računalnih periferija i programa, unutar kojega je korisniku omogućen privid boravka, kretanja i opažanja. To se trodimenzionalno multimedijско okružje ostvaruje vizualizacijom stvarnoga ili zamišljenoga okružja, slika kojega se predočuje na zaslonu računala ili posebnim stereoskopskim uređajima (naočale ili kaciga s dvama ugrađenim zaslonima od tekućih kristala); doživljaj se dopunjuje zvukovima (uz pomoć slušalica ili zvučnika), vibracijama, a iskušavaju se i mogućnosti pobuđivanja taktilnih i mirisnih osjeta. Međudjelovanje čovjeka i računala postiže se uobičajenim ulaznim jedinicama (tipkovnica ili miš), ili posebnim jedinicama (rukavice s osjetnicima za određivanje položaja ruke i pokreta prstiju, ili drugi uređaji za praćenje kretanja).“ Korijeni pojma *virtualna stvarnost* potječu još iz 19. stoljeća, ali je prvi put korišten šezdesetih godina prošloga stoljeća, dok je danas neraskidivo vezan uz informacijsko-komunikacijske tehnologije. (Freina i Ott, 2015) Kratki pregled povijesti tehnologije virtualne stvarnosti, kako navode mnogobrojni portali specijalizirani za informacijsko-komunikacijske tehnologije (Plan B, Usporedi HR, web.tecnico.ulisboa), započinje u 19. stoljeću s panoramskim slikama koje su pokrivale 360 stupnjeva, dakle cijelo vidno polje gledatelja. Wheatstone Charles 1838. godine izumljuje stereoskop. Prema *online* enciklopediji Leksikografskog zavoda Miroslav Krleža stereoskop je „optički aparat koji dvije ravne slike (fotografije) istoga predmeta kombinira tako da gledatelj dobiva dojam trodimenzionalnosti kakav ima kada s oba oka gleda stvarni predmet u prostoru“. Poduzetnik Edwin Albert Link izrađuje prvi simulator leta namijenjen treniranju pilota 1929. godine. Da su pisci znanstveno-fantastičnih romana često navjestitelji budućih tehnoloških rješenja, potvrdio je i 1935. godine pisac Stanley G. Weinbaum. U svojoj kratkoj priči *Pygmalion's Spectacles* prvi je put razvio ideju virtualne stvarnosti uz korištenje posebnih naočala. Morton Heilig 1957. godine razvija uređaj sensorama. Uređaj je uz sliku simulirao i osjetilo sluha i njuha. John Sutherland je sa svojim učenikom Bobom Sproullom izradio prvi set za virtualnu stvarnost spojen na računalo Damaklov mač 1968. godine. Bez obzira na tehnološka rješenja,

do 1987. godine nije se koristio pojam virtualna stvarnost. Ime je osmišljeno na prijedlog osnivača Visual Programming Laba Jaron Laniera. Godine koje su uslijedile donijele su mnogobrojna tehnološka rješenja, ali je najveći skok zabilježen u 21. stoljeću kada tehnologija virtualne stvarnosti postaje široko dostupna.

Ne bi bilo potpuno ispravno sva tehnološka rješenja objedinjeno nazivati tehnologijom virtualne stvarnosti jer ona objedinjuje samo segment proizvoda na tržištu. Proširena, miješana i produžena stvarnost ostali su pojmovi vezani za različita tehnološka rješenja za stvaranje iluzije u stvarnosti.

Na internetskim stranicama Europske komisije, predstavništva u Hrvatskoj vezano za tehnologiju proširene stvarnosti navode kako nam omogućuje da „putem aplikacije kroz zaslon nekog uređaja, najčešće mobilnog telefona, vidimo elemente koji ne postoje u stvarnom životu. Ti elementi proširuju stvarnost oko nas, ali samo ako je gledamo kroz zaslon.“ (Europska komisija, 2019). Svjetsku popularnost tehnologija proširene stvarnosti doživjela je igricom za mobilne telefone Pokémon Go američke softverske tvrtke Niantic Labs. Igrica koristi GPS lokaciju mobilnoga telefona, tj. korisnika, a korištenjem kamere mobilnoga telefona prikazuje prostor u kojem se korisnik nalazi i tehnologijom proširene stvarnosti pojavljuju se u tom prostoru Pokémoni koje korisnik „hvata gađajući ih“ na ekranu mobilnoga telefona virtualnom lopticom. Igra je lansirana 2016. godine, a do početka 2019. godine imala je više od milijardu preuzimanja. U svibnju 2018. godine igricu je koristilo 147 milijuna korisnika.

Uz virtualnu i proširenu stvarnost, novi pojmovi u ovom spektru su miješana stvarnost (akronim MR od engleskog *Mixed reality*) i produžena stvarnost (akronim XD od engleskog *Extended reality*). Ove novije pojmove specijalizirani studio za razvoj i produkciju jedinstvenih virtualnih iskustava Culex XR studio opisuju na sljedeći način. „Miješana Stvarnost (MR) ponekad nazvana i hibridna stvarnost (engl. *Hybrid Reality*), je zapravo spajanje stvarnog i virtualnog svijeta kako bi se stvorila nova okolina i vizualizacije gdje fizički i digitalni objekti koegzistiraju te su interaktivni u stvarnom vremenu. To bi značilo; slikovito izlaganje unutar stvarnog prostora na takav način da je s novim slikovitim izlaganjem moguće ostvariti interakciju, do neke granice, s onim što je u realnom svijetu kakvog poznajemo. Ključna karakteristika MR-a je reakcija sadržaja stvarnog svijeta sa sintetskim sadržajem u stvarnom vremenu. Produžena Stvarnost (XR) je novo dodani pojam u rječniku tehničkih izraza. Trenutno, samo je nekolicina ljudi svjesno XR-a. Produžena Stvarnost (XR) se odnosi na sve, stvarno-virtualno spojene okoline i ljudsko-mehaničke interakcije generirane od strane računalne tehnologije i nosećih artikala (engl. *Wearables*). Produžena Stvarnost (XR) uključuje

sve opisne forme kao što su Proširena Stvarnost (AR), Virtualna Stvarnost (VR), Miješana Stvarnost (MR). Drugim riječima, XR se može smatrati poput kišobrana koji objedinjuje sve tri stvarnosti (AR, VR, MR) zajedno pod jednim pojmom, stvarajući manju zbunjenost javnosti i krajnjeg korisnika. Produžena Stvarnost (XR) pruža širok izbor i veliki broj nivoa u virtualnosti s djelomičnim senzorskim ulazima pa sve do uranjajuće virtualnosti.“ (Culex XR, 2022).

„VR uranja ljude u potpuno virtualno okruženje; AR stvara sloj digitalnog sadržaja preko okoline, no ne može stvoriti interakciju s okolinom; MR je spoj virtualne stvarnosti i prave stvarnosti, stvara virtualne objekte koji mogu komunicirati s okolinom iz stvarnog svijeta. XR spaja sve tri stvarnosti (AR, VR, MR) pod jednim pojmom, XR.“ (Culex XR, 2022).

Tehnologija virtualne i proširene stvarnosti sve više uranja u sve segmente ljudskoga djelovanja. Medicina, turizam, strojarstvo, vojna industrija, promet, arhitektura, građevinarstvo, marketing i obrazovanje, samo su neke od grana koje je tehnologija virtualne i proširene stvarnosti unaprijedila. Korištenjem tehnologije virtualne i proširene stvarnosti učenici i studenti imaju priliku izvoditi virtualne operacije, pogledati u 3D prikazu dijelove ljudskoga tijela do najsitnijega detalja, raditi seciranja, promatrati, gledati kako na ljudski organizam utječu različite promjene u vanjskom okružju. Mogućnosti isključivo ovise o brzini i domišljatosti izrađivača programskih rješenja. Aplikacije su otišle toliko daleko da budući zubari mogu isprobati tehniku i osjećaj izvođenja različitih zubarskih zahvata. Napredak se ponajviše ostvaruje mogućnošću slanja sve preciznijih i realnijih povratnih informacija. Trzanje pacijenta prilikom vađenja zuba zbog boli koju osjeća, strah od zahvata, različite moguće komplikacije, budući zubari mogu osjetiti prije nego što prvi put rade sa stvarnim pacijentom. Posebno u granama ljudske djelatnosti koje nose određeni rizik kao što je izvođenje zahvata na živim bićima, sigurnosni aspekt rada u aplikacijama izuzetno je važan argument u njihovu korištenju. U ostalim znanstvenim disciplinama mogućnosti su isto tako nepregledne. Vizualizacija kemijskih reakcija, sastavljanje molekula u virtualnom okružju, „igranje“ sa zakonima fizike, let po svemiru, promatranje bioloških procesa ljudskoga, životinjskoga i biljnoga svijeta, samo su neke od mogućnosti koje se nude korisnicima. Većina takvih procesa se teško predočava, nisu intuitivni i potrebno ih je u obrazovnom sustavu učenicima i studentima vizualizirati. Tehnologija virtualne i proširene stvarnosti omogućuje uranjanje u svijet takvih sila i procesa. Budući inženjeri strojarstva, primjerice, sada svaki stroj mogu proučiti do njegovoga najsitnijeg detalja. Velik je broj aplikacija napravljen kako bi simulirao rad različitih uređaja, od kućanskih aparata, poput mikrovalne pećnice do termoelektrane. Korisnici mogu rastaviti ili sastaviti uređaj do najsitnijih detalja, promotriti zasebno svaki

element, uvećati ga, promijeniti, vidjeti njegovu svrhu i mogućnosti. Knjige koje su nekada bile nezaobilazan dio svake kućne knjižnice, a odgovarale na pitanja kako nešto radi, kroz aplikacije za proširenu i virtualnu stvarnost dobivaju sasvim nove mogućnosti. Uvid u svijet kakav do sada nikada nije bio moguć. Utjecaj i primjena tehnologija virtualne i proširene stvarnosti nije isključivo vezan za područje znanosti poput fizike, kemije, medicine, veterine, biologije i drugih. Svoj su prostor pronašle i u društveno-humanističkim znanostima. Jedna od najznačajnijih namjena jest ona u području „oživljavanja povijesti“ ili „dovođenja korisnika na mjesta događaja“. Velik broj aplikacija omogućuje korisniku „hodanje“ slavnim gradom Rimom, promatranje grčkih hramova, druženje s vojnicima I. svjetskog rata i sl. Korisnici više ne moraju samo čitati o nekim povijesnim događajima, građevinama, osobama, ne moraju ih samo gledati na slikama ili pred televizijskim ekranima, ne moraju biti samo pasivni promatrači povijesti. Tehnologija virtualne i proširene stvarnosti omogućila im je da budu aktivni sudionici. Neke aplikacije idu toliko daleko da su rekonstruirali neku povijesnu ličnost na temelju dostupnih povijesnih izvora, rekonstruirali su i njezine stavove, mišljenja, način ponašanja i omogućile korisniku konverzaciju s njom. Aplikacije su pronašle primjenu i u učenju jezika. Stavljanjem kacige i uključivanjem aplikacije začas se nađemo, primjerice, u taksiju u Londonu i na engleskom jeziku komuniciramo s taksistom dok se vozimo ulicama Londona i promatramo povijesne građevine koje nas okružuju. Aplikacija nas, naravno, edukativno vodi kroz taj razgovor i mi ni ne sluteći savladavamo osnovne komunikacijske vještine engleskoga jezika. Turizam, kao jedna od najvećih gospodarskih grana na svijetu, odavno je prepoznao mogućnosti tehnologija virtualne i proširene stvarnosti te ju koristi za stvaranje novih sadržaja i privlačenje više gostiju, posebno onih koji, osim primarnih potreba za suncem i morem, očekuju i drugu kvalitetnu ponudu poput povijesnih i prirodnih znamenitosti. Primjerice, Grad Osijek je 2017. godine plasirao aplikaciju za povijesni turistički obilazak Osijeka uz tehnologiju virtualne stvarnosti. Aplikacija omogućuje virtualnu šetnju kroz slojevitu povijest u ambijentalnom i povijesnom krajoliku osječke Tvrđe u društvu brojnih povijesnih ličnosti, a u snimanju je sudjelovala ekipa glumaca i studenata s Umjetničke akademije u Osijeku, ali i brojni drugi suradnici koji svojom ponudom obogaćuju turistički sadržaj grada Osijeka, ističu na portalu Hrturizam.hr.

Grad Šibenik je kroz projekt revitalizacije svoje utvrde pod sloganom *Barone – otkrivanje bogate prošlosti*, put prema uspješnoj budućnosti pokrenuo i obnovu utvrde Barone koju je obogatio i sadržajima virtualne i proširene stvarnosti.

Po obnovljenoj utvrđi postavljene su „target“ ploče koje aktiviraju pametne naočale koje posjetitelj nosi i učitavaju scenarij za određeno područje tvrđave (Štrbinić, 2017). Korištena je tehnologija proširene stvarnosti kroz koju korisnici upoznaju povijest Šibenika, izgradnju utvrde, poznate bitke i sl., a kroz priču vode dva virtualna lika, dječak Jure i povjesničar Frane Divinić.



Slika 1. Proširena stvarnost na tvrđavi Barone, <https://www.tvrđjava-kulture.hr/hr/tvrđava-barone/proširena-stvarnost/>

Sve većim napretkom ove tehnologije očekuje se njezina dostupnost i sve šira i kvalitetnija primjena, ali ona je već sada zapanjujuće velika i raširena. Aplikacija je svakim danom sve više i više, a tehnološki napredak omogućuje sve realniji učinak uranjanja u drugačiju stvarnost, u stvarnost u kojoj je do sada skriveno i nepoznato postalo dio stvarnosti, pa makar i one virtualne.

Fernandez (2017) uspoređuje karakteristike virtualne i proširene stvarnosti i navodi kako virtualna stvarnost generira potpuno novo okružje, dok proširena stvarnost koristi virtualne elemente kako bi poboljšala stvarni svijet i iskustvo korisnika u njemu. Korisnici se u virtualnoj stvarnosti potpuno odvajaju od fizičkoga svijeta „uranjajući“ u virtualni, dok su u proširenoj stvarnosti svjesni okoline. U tehničkom smislu, virtualna stvarnost zahtijeva puno kvalitetnije procesore u odnosu na tehnologiju proširene stvarnosti. Zaključno, ističe Fernandez, virtualna stvarnost je 10 % stvarna i 90 % virtualna, a proširena 75 % stvarna i 25 % virtualna. Burdea i Coiffet (2003) ističu kako je glavna osobina virtualne stvarnosti interaktivnost između čovjeka i računala, koja se postiže posebnim korisničkim sučeljem koje omogućuje unos korisničkih naredbi u računalo stvarajući povratnu vezu između simulacije i korisnika.

Tehnologija virtualne i proširene stvarnosti postat će i bitna ekonomska grana gospodarstva koja će poticati otvaranje novih radnih mjesta i plasirati nove sadržaje i inovacije. Firma IDTechEx napravila je istraživanje na temelju kojeg je procijenila da će tržište virtualne, proširene i miješane stvarnosti 2030. godine vrijediti 30 milijardi američkih dolara (Pavlić,

2020). Rast će se ponajviše zasnivati na razvoju *gaminga* temeljenog na tehnologijama virtualne i proširene stvarnosti. Prodaja uređaja za virtualnu stvarnost rasla je postupno od lansiranja prvih komercijalnih uređaja. Početno razdoblje bilo je obilježeno ograničenim brojem dostupnih uređaja i visokim cijenama, što je ograničilo njihovu širu dostupnost. Međutim, tijekom godina došlo je do značajnoga napretka u tehnologiji uređaja za virtualnu stvarnost, kao i smanjenja cijena, što je rezultiralo povećanjem interesa i potražnje. Godina 2016. bila je važna za tehnologiju za virtualnu stvarnost jer su tada lansirani neki od ključnih uređaja kao što su Oculus Rift, HTC Vive i PlayStation VR. Ovi su uređaji donijeli veću svijest o tehnologiji za virtualnu stvarnost i potaknuli interes šire publike. Od tada broj prodanih uređaja rastao je iz godine u godinu, a tržište je postalo raznolikije s različitim modelima i cjenovnim rasponima. Mnogi su proizvođači uložili napore u razvoj mobilnih rješenja za virtualnu stvarnost kao što su Samsung Gear VR i Google Cardboard, koji su omogućili većem broju ljudi da isprobaju VR iskustva koristeći se svojim pametnim telefonima. Možemo očekivati da će se taj rast nastaviti slično kao što prije nekoliko desetaka godina svako kućanstvo nije imalo ni računalo ni mobitel, a sada ih u većini ima i nekoliko, da će isto tako i tehnologija virtualne i proširene stvarnosti postati dio popisa obveznih kućanskih uređaja. Takve trendove potvrđuje i Kolmar (2023) u projekcijama smjera kretanja tehnologije virtualne i proširene stvarnosti u budućnosti. Globalna tržišna vrijednost tehnologije temeljene na virtualnoj stvarnosti u 2027. godini iznosit će gotovo 27 milijardi dolara. U Sjedinjenim Američkim Državama postoji 65,9 milijuna korisnika tehnologije virtualne stvarnosti i 110,1 milijun korisnika tehnologije proširene stvarnosti, dok u svijetu tehnologiju virtualne stvarnosti koristi 171 milijun korisnika. U 2019. godini oko 80 000 građana Sjedinjenih Američkih Država radilo je poslove koji su koristili ili su unaprjeđeni tehnologijom virtualne i proširene stvarnosti, dok će ih do 2030. godine biti 2,32 milijuna.

2.1. Uređaji za proširenu i virtualnu stvarnost

Koristeći se tehnologijom proširene ili virtualne stvarnosti korisnik može „potpuno uroniti“ (engl. *full immersed*), „djelomično uroniti“ (engl. *partially immersed*) ili uopće ne mora „uroniti“ u sučelje koje koristi. Potpuni „potop“ percepcije u sučelje na kojem korisnik radi ostvaruje se, primjerice, virtualnim naočalama, dok će se izostanak „potopa“, primjerice, dogoditi pri korištenju isključivo zaslona računala, kad smo svjesni okoline oko sebe. Tehnologija virtualne i proširene stvarnosti danas nudi sučelja različite funkcionalnosti i svrhe uz pokrivanje raznih senzornih osjetila čovjeka. Među prvim pokušajima proizvodnje komercijalnih uređaja za virtualnu stvarnost ubraja se proizvod japanske tvrtke Sega iz 1991. godine Sega VR (Skočić, 2019). Uređaj, nažalost, nikada nije doživio komercijalnu uporabu. Drugi značajni pokušaj veže se uz Nintendov Virtual Boy iz 1995. godine. Sastojao od naglavnoga uređaja koji je zbog svoje veličine i težine imao i nogare koji bi se postavili na npr. stol i *joystick* za upravljanje. Zbog svoje veličine, visoke cijene i nedovoljno realističnoga prikaza virtualne okoline nije ostvario financijski uspjeh (Lončar, 2020). Oculus Rift proizvod je američke tvrtke Oculus VR koju su 2010. godine osnovali Palmer Luckey, Brendan Iribe, Michael Antonov i Nate Mitchell (Skočić, 2019), a koju je Facebook 2014. godine kupio za 2 milijarde američkih dolara. Zanimljiv je način pokretanja tvrtke. Naime, potrebna financijska sredstva od 2,5 milijuna američkih dolara osnivači su prikupili *crowdfundingom*, donacijama više od 10 000 donatora (Lončar, 2020).

Uređaji za virtualnu stvarnost mogu funkcionirati kao samostalne jedinice ili kao oprema koja koristi pametni telefon. Samostalni uređaji nisu u potpunosti samostalni, već uz sam uređaj zahtijevaju i prisutnost računala na koje su spojeni. Prema portalu PC Chip (2020) na Amazonu može se kupiti više od 200 različitih vrsta uređaja za virtualnu stvarnost. Sony PlayStation VR, Oculus Go, Nintendo Labo VR Kit, HTC Vive Cosmos, Lenovo Mirage Solo With Daydream, Oculus Rift S, Samsung Gear VR, Google Cardboard, Google Glass, neki su od poznatijih i najkorištenijih uređaja na tržištu. Korisnicima je posebno zanimljiv spoj uređaja za virtualnu stvarnost i aplikacije Google Street View. Tom kombinacijom korisnik može posjetiti gotovo svako mjesto na zemlji kroz koje je prošla cesta.

Internetski portal PC Chip (2016) donosi opis Google Cardboarda, Googleova proizvoda koji je revolucionarno smanjio cijenu ulaska u svijet virtualne stvarnosti. Google Cardboard zapravo je kartonska kutija koja se složi za desetak minuta. Ideja Googleova razvojnog tima bila je omogućiti korisnicima jeftini uređaj za glavu koji se koristi u kombinaciji s vlastitim mobitelom. PC Chip ipak ističe kako je vizualni doživljaj lošiji u odnosu na druge uređaje, ali je zato puno dostupniji, što je dobro za početno eksperimentiranje s tehnologijom virtualne stvarnosti.



Slika 2. Google cardboard.
https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Cardboard

Uređaji za virtualnu stvarnost mogu biti privezani VR (engl. *Tethered VR*), mobilni VR (engl. *Mobile VR*) i proširena stvarnost (engl. *Augmented Reality*) (Neumatic Digital, 2020). Privezani uređaji za virtualnu stvarnost nose taj naziv jer su fizički priključeni za računalo. Kaciga, vizir ili naočale za virtualnu stvarnost (engl. *Head-Mounted Display – HMD*) povezani su s računalom. Kao dodatna oprema mogu se nabaviti i, primjerice, palice za ruke koje u kombinaciji sa sensorima priključenima na računalo mogu pratiti položaj vaših ruku. Mobilni uređaji za virtualnu stvarnost rade na principu spajanja mobilnoga telefona i prijenosnoga uređaja za virtualnu stvarnost. Uređaj za prikaz i obradu podataka u ovom je slučaju mobilni telefon. Pomicanjem glave pokrećemo se u prostoru koji vidimo, ali u ovom slučaju ne postoji mogućnost pozicioniranoga praćenja naprijed-nazad. Ova je tehnologija jeftinija, ali time dostupnija u odnosu na tehnologiju privezanih uređaja, ističu u Neumatic Digitalu. Uređaje za produkciju proširene stvarnosti smatraju velikom prednošću ako je potrebno smjestiti 3D objekte u realnu stvarnost i kao takve smatraju ih korisnima za obuke, obrazovanje, prodaju i marketing.



Slika 3. OCULUS RIFT.
<https://www.mikronis.hr/Proizvod/oculus-rift-virtual-reality-headset-p-n-301-00204-01/2179>



Slika 4. HTC VIVE COSMOS.
<https://www.vive.com/au/product/vive-cosmos/features/>

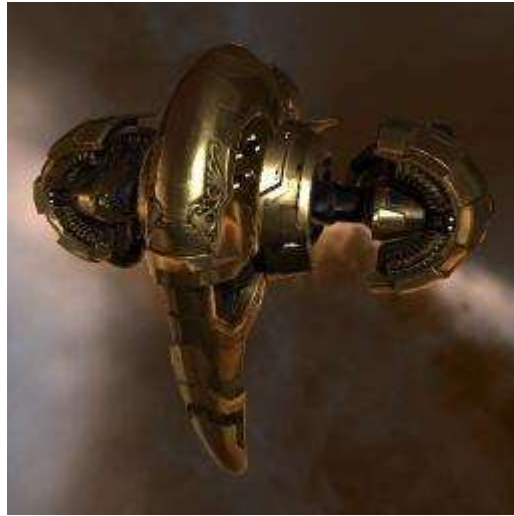
Vrhar (2017) prema Lavallo (2016) dijeli strukturu HMD uređaja na četiri dijela. Prvi je izvor slike koji se prikazuje u oku korisnika, zatim optički sustav koji prenosi informaciju od izvora slike do očiju korisnika, montažna platforma kao što je traka za glavu, vizir, naočale ili kaciga i uređaj za praćenje koji nije obavezan dio, ali je često dio HMD uređaja. Uređaj za praćenje potreban je za isporuku vanjske slike pomoću senzora ili sintetičke baze podataka.

Na CES-u (Consumer Electronics Show) godišnjem sajmu najnovijih tehnologija koji se održava u Los Vegasu, 2019. godine predstavljen je Tesla Suit koji, koristeći se tehnologijom „pametne tkanine“, ima sposobnost dati povratnu informaciju iz virtualne stvarnosti šaljući električne impulse direktno na kožu. Rad odjela na portalu Culex opisuje kroz konkretan primjer virtualnoga odlaska na Sjeverni pol. Primjerice, ako stavimo virtualne naočale i obučemo odijelo i virtualno „odšetamo“ do Sjevernoga pola, osim vizualnoga dojma da smo na snijegu i ledu Sjevernoga pola odijelo će zaista simulirati našem tijelu hladnoću.



Slika 5. Tesla suit.
<https://m.alza.cz/EN/gaming/teslasuit-d5250186.htm>

Monetizacija tehnologije virtualne stvarnosti ide toliko daleko da se ne prodaju samo uređaji i pripadajuće aplikacije, već se prodaju i sami sadržaji unutar aplikacija. Portal Vidi.hr donosi informaciju kako je poznati YouTuber Scott Manley postao vlasnikom vjerojatno najskupljeg virtualnog svemirskog broda u povijesti, kupivši u igri EVE Online svemirski brod Gold Magnate za čak 30 000 dolara ili 202 588 kn.



Slika 6. Gold Magnate.
https://wiki.eveuniversity.org/Gold_Magnate

2.2. Programi za stvaranje sadržaja

Osim samih uređaja, kako bi korisnik mogao uživati u korištenju opreme, potrebno je izraditi aplikacije – softverske pakete ili sadržaje koji se prikazuju preko navedene opreme. Sadržaje još uvijek nije moguće samostalno izrađivati bez znanja rada u nekim od softvera. Oni se ponajviše razlikuju u namjeni; jedni su bolji za izradu videoigara, drugi za filmove, neki za aplikacije za obrazovanje i sl. Trenutačno su najkorišteniji programi Unity 3d, Unreal Engine 4, Blender, CryEngine, Amazon Lumberyard, AppGameKit – VR i Oculus Medium 2.0 (Vrroom.buzz, 2020).

Unity je najkorišteniji program za kreiranje aplikacija za rad u tehnologiji virtualne stvarnosti koji koristi 45 % programera u svijetu (Lončar, 2020). Na početku se najviše se koristio u industriji videoigara, ali se proširio na sva područja. Unity je napravljen u programskom jeziku C++ dok korisnici prilikom izrade sadržaja koriste C# i Javascript. Poseban je zbog laganog razvoja videoigara za više platformi. Unity se koristi na više od 3 milijarde uređaja (Skočić, 2019).

Nakon Unityja najrasprostranjeniji program namijenjen za razvoj virtualnih sadržaja je Unreal Engine koji se ponajviše koristi za razvoj videoigara svih vrsta. Napisan je u programskom jeziku C++, opisuje Lončar (2020). Ključni dio programa je Blueprint Visual Scripting Tool koji omogućuje stvaranje sadržaja bez znanja programiranja. Na portalu unrealengine.com navode kako se program koristi za izradu igara, u arhitekturi, transportu, direktnom prijenosu događaja, filmskoj i televizijskoj industriji te u mnogim drugim granama.

Blender je platforma za stvaranje virtualne stvarnosti koja je od 2002. godine postala potpuno besplatna i ima potpuno otvoren izvorni kod, što omogućuje programerima prilagođavanje programa svojim potrebama (Lončar, 2020). Prvu verziju programa napravio je 1995. godine nizozemski studio Nao Geo, ali raspadom tvrtke nastavlja ga razvijati programer Ton Roosendaal koji je sredstva prikupio modelom *crowdfundinga* koji je za svoje pokretanje koristila i tvrtka Oculus VR (Skočić, 2019). Program je nastao u programskom jeziku Python, a kompatibilan je sa svim većim operacijskim sustavima. U Blenderu se najviše rade animirani filmovi, efekti, grafike u pokretu, interaktivne animacija itd.

Osim Unityja, Unreal Enginea i Blendera drugi popularni programi koji se koriste za izradu VR sadržaja su primjerice CryEngine, Autodesk Maya, 3ds Max, Adobe Creative Suite i Substance Painter. CryEngine je napredni alat za razvoj videoigara i VR iskustava. Ovaj program nudi

moćne grafičke mogućnosti i alate za stvaranje visokokvalitetnih virtualnih svjetova. Maya je profesionalni 3D program koji se koristi za modeliranje, animaciju i renderiranje. Koristi se za izradu sadržaja u virtualnoj stvarnosti, animirane filmove i vizualne efekte. 3ds Max omogućuje modeliranje, animaciju, teksturiranje i renderiranje visokokvalitetnih 3D scena. Adobeov niz alata uključuje softver kao što su Adobe Photoshop, Adobe Illustrator i Adobe Premiere Pro, koji se mogu koristiti za izradu sadržaja za virtualnu stvarnost. Ovi programi nude alate za uređivanje slika, ilustracija, videozapisa i postprodukciju. Substance Painter je alat za teksturiranje koji se često koristi u izradi sadržaja u virtualnoj stvarnosti. Omogućuje detaljno teksturiranje 3D modela kako bi se postigao realističan izgled.

2.3. Negativne posljedice korištenja tehnologije virtualne i proširene stvarnosti

Kao i kod svake nove tehnologije, tako i kod tehnologije virtualne i proširene stvarnosti postoji određena zabrinutost o mogućim negativnim posljedicama. Svaki uređaj dolazi s uputama za korisnike koje sadrže i upozorenje o zdravlju i sigurnosti. Primjerice, na internetskim stranicama firme Oculus VR za proizvod Oculus Rift u upozorenju o zdravlju i sigurnosti proizvođač navodi kako tijelo može na iskustvo virtualne stvarnosti reagirati kao da je potpuno stvarno te u tom kontekstu treba birati sadržaje koji ne stvaraju korisniku nelagodu. Proizvođač upozorava kako ne treba koristiti tehnologiju umoran, pospan, pod utjecajem alkohola i droga, pod emocionalnim stresom, ako se osjećamo anksiozno, bolesno itd. Nadalje, navode kako otprilike 1 od 4 000 korisnika može osjetiti jake vrtoglavice, napadaje, trzanje oka mišića ili zamračenja koje pokreću svjetlosni bljeskovi. Takvi simptomi mogu se pojaviti i kod drugih uređaja koje svakodnevno koristimo, poput televizora, napominje u uputama proizvođač. Prije korištenja potrebno je osigurati prostor oko sebe kako ne bi došlo do ozljede, udaraca, pada preko stvari i sl. Upute još sadrže detaljni prikaz različitih mogućih simptoma koji se mogu pojaviti zbog korištenja navedenoga proizvoda.

Madary i Metzinger (2016) navode kako korištenje tehnologije virtualne stvarnosti može izazvati razne reakcije tijela i uma, uključujući mučninu, vrtoglavicu, konfuziju, promjene raspoloženja, umor ili stres. To se može dogoditi zbog neslaganja između percepcije i stvarnosti, ograničenja tehnologije ili njezine nepravilne upotrebe. Navode i kako zbog otuđivanja od fizičkoga okružja može doći do gubitka kontakta sa stvarnim ljudima, što dovodi do izolacije, smanjene socijalne interakcije i nedostatka stvarne empatije. Prilikom korištenja tehnologije virtualne stvarnosti, zbog mogućnosti prikupljanja osobnih podataka korisnika, postoji rizik gubitka privatnosti i potencijalne zloporabe. Virtualna stvarnost može omogućiti korisnicima da dožive ili sudjeluju u simuliranim scenarijima koji uključuju nasilje, agresiju ili nepoštovanje etičkih normi. Na osnovi navedenoga otvaraju se pitanja o moralnom razumijevanju, odgovornosti i posljedicama takvih iskustava.

Bailenson (2018) navodi pet glavnih rizika virtualne stvarnosti. Korištenje tehnologije virtualne stvarnosti može rezultirati fizičkim ozljedama kao što su padovi, sudari s preprekama ili povrede očiju, posebno ako korisnik nije svjestan svoje fizičke okoline dok je uronjen u virtualni svijet. Intenzivno i realistično iskustva može izazvati emocionalne reakcije kod korisnika, uključujući strah, tjeskobu ili nelagodu koje se mogu nastaviti i izlaskom iz virtualnoga svijeta. Postoji rizik izolacije od stvarnoga svijeta i smanjenja socijalne interakcije

s drugim ljudima. Rizik prikupljanja i analize velike količine osobnih podataka korisnika, što omogućuje kasniju povredu privatnosti i potencijalnu zlouporabu. Kao zadnji, Bailenson navodi rizik od negativnoga utjecaja na mentalno i emocionalno stanje korisnika dok je potencijalno izložen nasilnom ili traumatičnom sadržaju u intenzivnom i realističnom okružju.

Dauchot (2018) kombinacijom Bailensonovih, Madaryijevih i Metzingerovih stavova o rizicima korištenja tehnologije virtualne stvarnosti zaključuje kako korištenje virtualne stvarnosti zbog dugotrajnoga uranjanja u virtualno okružje može dovesti do ovisnosti, asocijalnosti i umora, zanemarivanja fizičkoga okružja tako što s vremenom dolazi do zanemarivanja sebe i drugih, konzumiranja potencijalno rizičnoga sadržaja koji može biti nasilan, ekstreman, neodoljiv te potencijalnoga gubitka privatnosti ili identiteta. Autor donosi i podatak o smrti stanovnika Moskve koji je umro nakon što je pao kroz stakleni stol dok je bio u okružju virtualne stvarnosti, a u ekstremnim slučajevima, pojedinci odbijaju napustiti svoje domove duže vrijeme, što je japansko Ministarstvo zdravlja kategoriziralo kao „hikikomori“. Portal Game perspectives donosi informaciju o otvaranju nove ambulante u KBC-u Sestre milosrdnice pod imenom Ambulanta za ovisnost o kompjuterima, igricama i virtuali. *National geographic* (2018) donosi podatak da od hikikomore boluje 540 000 ljudi u Japanu od 15 do 39 godina.

Shields (2019) navodi kako su najizglednije ozljede pri korištenju tehnologije virtualne stvarnosti vezane za udaranje u stvarne objekte, ali postoji i sve veća zabrinutost vezana za posljedice kao što su glavobolje, naprezanje očiju, vrtoglavicu i mučninu. Korištenje tehnologije virtualne stvarnosti moglo uzrokovati globalnu epidemiju miopije - kratkovidnost - za koju se predviđa da će do 2020. pogoditi jednu trećinu svjetske populacije. Takve simptome navode gotovo svi internetski portali koji upozoravaju na probleme u korištenju tehnologije virtualne i proširene stvarnosti, s naglaskom da više nuspojava stvara tehnologija virtualne stvarnosti jer prilikom korištenja dolazi do potpunoga „utapanja“ korisnika u virtualnu stvarnost. Kod proširene stvarnosti to nije slučaj pa su i moguće nuspojave puno manje.

Moro, Stromberga, Raikos i Stirling (2017) istražujući korisnost tehnologije virtualne i proširene stvarnosti u učenju anatomije donose i mišljenja o negativnim posljedicama korištenja te tehnologije. Sudionici koji su koristili tehnologiju virtualne stvarnosti prijavile su nuspojave poput glavobolje (25 % sudionika), vrtoglavice (40 % sudionika) ili zamagljeni vid (35 % sudionika).

Slater, Gonzalez-Liencre, Haggard, Vinkers, Gregory-Clarke, Jelley, Watson, Breen, Schwarz, Steptoe, Szostak, Halan, Fox i Silver (2020) donose potencijalne negativne posljedice izloženosti tehnologiji produžene stvarnosti. Autori upozoravaju kako bi sudionici događaje u produženoj stvarnosti mogli pamtit i kao stvarne te da s vremenom ne uspijevaju razlikovati događaje koji su se dogodili u stvarnom svijetu u odnosu na virtualni. Ako sudionik ima negativno iskustvo s određenom skupinom ljudi u virtualnom svijetu, mogao bi to iskustvo prenijeti i na stvarni svijet. Virtualna stvarnost omogućava korisnicima postizanje određenih fizičkih radnji koje u stvarnom svijetu nisu moguće, što potencijalno može dovesti do fizičkih ozljeda. Autori kao najjednostavniji primjer donose tzv. „problem stolice“, u kojem osoba pokušava sjesti na virtualnu stolicu koje nema u fizičkom prostoru. Povratak u stvarni svijet može dovesti do različitih vrsta poremećaja, kognitivnih, emocionalnih i bihevioralnih.

Li, Wang, He, Cheng i Wang (2021) analizom 35 članaka istražuju učinke primjene proširene stvarnosti na akademska postignuća učenika osnovne i srednje škole. U istraživanjima su kao nedostatke primjene navedena ograničenja u mogućnostima integracije tehnologije, nedostatke u funkcionalnosti te probleme koje primjena može uzrokovati kao što je stvaranje fizičke nelagode.

Neki od ovih simptoma koji se odnose na korištenje ponajprije tehnologije virtualne stvarnosti mogu se povezati s korištenjem informacijsko-komunikacijskih tehnologija općenito, dok su neki vezani i za druge probleme koje ljudi osjećaju, poput mučnina za vrijeme vožnje. Procjenjuje se da 25 do 30 % ljudi osjeća mučninu tijekom vožnje nekim od prijevoznih sredstava te postoji vjerojatnost da će ti ljudi osjećati mučninu i tijekom korištenja tehnologije virtualne stvarnosti. Zaključno, kao i svaku drugu tehnologiju i ovu je potrebno koristiti u skladu s vlastitim osjećajem zadovoljstva i ugone.

2.4. Inicijative i projekti u Republici Hrvatskoj

Rastom popularnosti tehnologija virtualne i proširene stvarnosti rađaju se i rastu različite zanimljive inicijative i projekti, bilo da za njih poticaj dolazi iz akademskih ili poduzetničkih područja, jedinica lokalne ili područne (regionalne) samouprave ili centralne države. U ovom poglavlju donosi se pregled zanimljivih projekata koji se realiziraju u Republici Hrvatskoj, a vezani su za tehnologije virtualne ili proširene stvarnosti.

Jedan od medijski najuočljivijih projekata jest projekt Stvaranje poticajnog poduzetničkog okružja u Sisačko-moslavačkoj županiji osnivanjem poduzetničkoga inkubatora „PISMO Novska“ koji se financira sredstvima Europske unije iz Europskog fonda za regionalni razvoj. Na internetskim stranicama projekta inkubator-pismo.eu navodi se kako je cilj projekta razvoj nove poduzetničke infrastrukture na području grada Novske, odnosno Sisačko-moslavačke županije.

Projektom se u dvije zgrade veličine 1213 m² otvara poduzetnički inkubator za industriju razvoja videoigara. U 26 funkcionalno prostornih jedinica smjestit će se sva potrebna oprema poput CNS stroja, 3D printera, peći za taljenje, opreme za virtualnu stvarnost, *motion capture*-a, glazbenoga i filmskoga studija, a sadržavat će i sav potreban softver. Kroz projekt vrijedan više od 20 milijuna kuna budućim poduzetnicima nudi se edukacija za tehnologije koje će koristiti, otvaranje startup tvrtke u inkubatoru, pristup najmodernijoj opremi, usluga savjetovanja i mentoriranja i potpora u marketinškim aktivnostima.

Projekt osnivanja poduzetničkoga inkubatora u Novskoj zajednički realiziraju Razvojna agencija Sisačko-moslavačke županije SIMORA, Sisačko-moslavačka županija i Razvojna agencija Zagreb - TPZ d.o.o. Projekt je dio veće strategije Sisačko-moslavačka županija kao središte *gaming* industrije, iz koje je proizašla još jedna zanimljiva ideja vezana za virtualnu i proširenu tehnologiju. U Tehničkoj školi Sisak, školi kojoj je Sisačko-moslavačka županija osnivač, pokrenut je od školske godine 2019./2020. novi smjer tehničar za razvoj videoigara. Prvi je to takav smjer u Republici Hrvatskoj i još je u eksperimentalnoj fazi. Učenici će tijekom svojega srednjoškolskog obrazovanja učiti i o tehnologijama virtualne i proširene stvarnosti, programiranju, grafici, animacijama i sl., a dio kurikula je i svladavanje programa Blender i Unity. Tehnička škola Sisak od 2019. godine je i regionalni centar kompetentnosti iz područja elektrotehnike i računalstva te se i u sklopu toga projekta čija realizacija uskoro počinje, planira s daljnjim razvojem navedenoga kurikula i njegovom modernizacijom te adaptacijom objekta i

kupovinom sve potrebne opreme za uspješno svladavanje znanja i vještina u ovim tehnologijama. Na inkubator u Novskoj županija u idućem proračunskom razdoblju Europske unije planira prijaviti projekt izgradnje i opremanja kampusa *gaming* industrije koji bi sadržavao učenički i studentski dom i fakultet. Fakultet bi nudio smjer koji bi bio nastavak onog srednjoškolskog u Tehničkoj školi Sisak te arenu za e-sport.

Fakultet organizacije i informatike u Varaždinu od 2018. godine organizira stručnu konferenciju *Računalne igre*. Na internetskoj stranici <http://racunalne-igre.foi.hr/> ističu kako je cilj konferencije pružiti profesionalcima, studentima i drugim zainteresiranim pojedincima mjesto na kojem mogu prezentirati svoja stručna i razvojna postignuća i naglašavaju kako je važnost računalnih igara u stalnom porastu, kao i brzina razvoja tehnologije koja predstavlja osnovu napretka ove vrste igara. Produkt konferencije je i zbornik radova koji sadrži tekstove namijenjene izrađivačima igara, tekstove koji donose pregled stanja industrije, novih tehnologija i sl. U članku *Stanje industrije proizvodnje videoigara u Republici Hrvatskoj* autori Konecki, Švaić i Kovačević (2019) ističu kako su obrazovanje i industrija videoigara u Republici Hrvatskoj tek nedavno prepoznali potrebu međusobnoga povezivanja s ciljem pronalaženja najboljih načina za provođenje obrazovnih programa koji bi podržali i održali trendove rasta ove industrije. Autori donose i podatke o projektu Edu4Games - Izrada standarda zanimanja i kvalifikacija te novih studijskih programa za područje dizajna i razvoja videoigara, koji se financira sredstvima Europske unije iz Europskog socijalnog fonda. Cilj projekta je izrada studijskoga programa za razvoj videoigara u okviru projekta Hrvatskog kvalifikacijskog okvira (HKO), točnije novoga diplomskog studijskog programa naziva „Dizajn i razvoj videoigara“ s četiri usmjerenja i četiri programa cjeloživotnoga učenja: dizajner videoigara, programer videoigara, producent videoigara i umjetnik videoigara. Nositelj projekta je Akademija dramske umjetnosti, a partneri na projektu su Akademija likovnih umjetnosti, Arhitektonski fakultet-Studij dizajna, Fakultet elektrotehnike i računarstva i Fakultet organizacije i informatike. Autori isto tako prenose zanimljiv podatak iz istraživanja HEVGA-e (Higher Education Video Game Alliance-udruženje visokoškolskih ustanova koje izvede studijske programe za područje videoigara) iz 2019. koje iznosi statistiku kako čak 30 % studenata koji su završili studijski program u području videoigara posao pronalazi u obrazovanju.

U istom zborniku objavljen je i članak *E-sport: usporedba s tradicionalnim sportom i mogućnost razvoja ove vrste sporta u studentskoj populaciji*. Ćurković, Konecki i Vučić (2018) donose informaciju kako je Ured za sport Sveučilišta u Zagrebu i zagrebački sveučilišni sportski savez

uvrstio e-sport u svoj kalendar natjecanja u akademskoj godini 2017./2018. te kako bi se sustav e-sporta mogao organizirati na razini sveučilišta kako bi se formirala nacionalna akademska organizacija e-sporta.

Kedmenec, Kadoić i Oreški (2018) ističu kako je obrazovanje za poduzetništvo idealni poligon za testiranje različitih modaliteta igrifikacije.

Bernik i Bubaš (2018) ističu prednosti korištenja računalnih igara u obrazovanju, kao što su razvijanje koncentracije, kognitivnih i motoričkih vještina, unaprjeđenje poznavanja informacijsko-komunikacijskih tehnologija, poticanje kreativnosti i problemski orijentiranoga razmišljanja, korisne su u simulacijama i virtualnom provođenju pokusa, omogućuju učenje unutar izazovnoga i motivirajućega okružja te mogućnost mijenjanja težine zadataka ovisno o igračevim akcijama.

Može se primijetiti i sve više diplomskih radova u kojima se govori o temi tehnologije virtualne i proširene stvarnosti, što je svakako indikator povećanoga interesa za tu tehnologiju, njezinu primjenu, utjecanje, mogućnosti korištenja i sl. Skočić (2019) u završnom radu na Fakultetu strojarstva i brodogradnje piše o povijesnom razvoju i istraživanju, uređajima i softverima te primjerima primjene virtualne i proširene stvarnosti. O procesima koje je potrebno izvršiti prilikom izrade aplikacije za osobna računala u virtualnoj stvarnosti piše u završnom radu *Izrada virtualne stvarnosti – K34* na Sveučilištu Sjever, Sveučilišnom centru Varaždin Rogina (2018). Na Sveučilištu Juraj Dobrila u Puli, Fakultetu informatike u Puli, Družetić (2018) je napisao završni rad *Virtualna realnost* u kojem opisuje razvoj ideje kroz povijest, pregled tehnologije danas te korištenje i rad na 3D aplikacijama. Seidl (2016) na Grafičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu piše diplomski rad o temi *Videoigre, njihova primjena u multimediji i obrazovanju*. U radu donosi detaljan pregled primjene virtualne stvarnosti, a eksperimentalni dio rada posvećuje pozitivnom i negativnom djelovanju videoigara te njihovoj primjeni u obrazovanju. Još je puno diplomskih i završnih radova studenata, uglavnom fakulteta koji su na neki način vezani za informacijsko-komunikacijske tehnologije. Radovi su većinom napisani u zadnjih nekoliko godina što pokazuje koliko tema korištenja tehnologije virtualne i proširene stvarnosti postaje aktualna u Republici Hrvatskoj,

Ovih nekoliko članaka, i još mnogi drugi koji su nastali u sklopu konferencije, a posebno oni koji stručno upućuju buduće poduzetnike kako jednostavnije pokrenuti svoje početne ideje i zaobići zapreke koje su drugi već prošli, a koju organizira Fakultet organizacije i informatike, pokazuju kako suradnja visokoškolskih ustanova, njezinih i drugih studenata te poduzetnika

može postati jedan zaokruženi i cjelovit ciklus razvoja te akademske i gospodarske djelatnosti. Sigurno sličan doprinos donose sajmovi i manifestacije na kojima se okupljaju sve zainteresirane strane za neku gospodarsku djelatnost.

Gotovo 10 godina u prostoru Zagrebačkog velesajma održava se jedan od najvećih *gaming* sajmova i festivala na svijetu Reboot InfoGamer. Internetska stranica festivala <https://www.rebootinfogamer.hr/> donosi podatak o više od 100 000 posjetitelja te najznačajnija imena i proizvođače u *gaming* industriji, a u sklopu manifestacije održava se i regionalno e-sport natjecanje.

Na području Republike Hrvatske postoji i nekoliko značajnih tvrtki koje svoj rad temelje na tehnologiji virtualne i proširene stvarnosti. Godine 2016. kao rezultat jednog EU projekta osnovana je tvrtka SpectreXR. Osnivači ovog *startupa* razvili su vlastiti proizvod, alata za Unity 3D platformu, koji bi omogućio ubrzan razvoj aplikacija za proširenu, virtualnu i mješovitu stvarnost. Kabraić (2021) ističe kako proizvod tvrtke SpectreXR, OctoXR, omogućuje developerima različitih znanja i vještina kreiranje realističnih aplikacija za interakciju s digitalnim svijetom koristeći se *hand tracking* tehnologijom. Culex, tvrtka osnovana 2011. godine, bilježi sve veći interes za tehnologiju proširene i virtualne stvarnosti te ističu nekoliko projekata koje su radili na području Republike Hrvatske. U tehnologiji virtualne stvarnosti izradili su aplikaciju kojom učenici uče o Vukovarsko-srijemskoj županiji, za tvrtku Končar izradili su aplikaciju pomoću koje zaposlenici uče sastavljati generator, a za Veleučilište Lavoslav Ružička pružili rješenje za strah od javnoga nastupa pred publikom. Primjer uspješne tvrtke je i Delta Reality, koja je primjerice za industriju nafte i plina u tehnologiji virtualne stvarnosti razvila modul za obuku zaposlenika na udaljenim lokacijama.

Sve gore navedene inicijative, projekti, primjeri implementacije, znanstveni i stručni radovi pridonose popularizaciji tehnologije virtualne i proširene stvarnosti te podižu svjesnost o njezinim prednostima i mogućnostima. Ta će činjenica sigurno doprinijeti i većem prodiranju te tehnologije u sustav odgoja i obrazovanja.

2.5. Proširena i virtualna stvarnost u obrazovanju

U sustavu odgoja i obrazovanja oduvijek je bila značajna prisutnost informacijsko-komunikacijskih tehnologija. Gotovo da ne postoji tehnološki iskorak u povijesti čovječanstva koji svoju namjenu nije pronašao u različitim odgojno-obrazovnim ustanovama. Radio, televizija, velika glomazna računala pa kasnije ona manja, stolna ili prijenosna računala, projektori, tableti, mobiteli, pametne ploče, roboti i tehnologija virtualne i proširene stvarnosti ... sve je to u svoje vrijeme pronalazilo primjenu u odgoju i obrazovanju. Napretkom tehnologije uvijek se tražila mogućnost njezine implementacije u školstvu, kako bi se učenici i studenti pripremili za buduće tržište rada u kojem se ta tehnologija već primjenjivala. Ponekad kao predmet poučavanja, a ponekad kao nastavno sredstvo i pomagalo uvijek je bila dio škola i fakulteta. Zbog toga su njihove prednosti i nedostaci, načini korištenja i načini poučavanja uz njihovu primjenu bili i predmet mnogih domaćih i inozemnih istraživanja pa je tako i tehnologija virtualne i proširene stvarnosti.

Velev i Zlateva (2017) na temelju mnogobrojnih istraživanja navode pet područja u kojima će tehnologija virtualne stvarnosti napraviti najveći prodor. Računalne igre su područje u kojima je ta tehnologija već napravila značajan prodor, a isto se očekuje i u području zabave. Film, televizija i glazba uz ovu tehnologiju omogućit će korisnicima jedno potpuno novo iskustvo. Prije stvarnoga dolaska na lokaciju korisnici će uz tehnologiju virtualne stvarnosti moći „uroniti“ u hotele, prostore za sastanke, znamenitosti koje ih zanimaju i sl. Zbog toga kao treće značajno područje valja istaknuti područje turističkih putovanja i korištenja slobodnoga vremena. U području oglašavanja i marketinga prilike u stvaranju jedinstvenoga potrošačkog iskustva su nepregledne. Zadnje područje je područje obrazovanja. Autori ističu kako su obrazovanje i tehnologija uvijek bili povezani. Korištenje tehnologija virtualne stvarnosti omogućuje jedno potpuno novo iskustvo učenja na daljinu, a potencijala autori najviše vide u području arhitekture i građevinarstva, kemije, strojarstva, medicine i biologije, fizike i astronomije, poslovanja, zabave, mode, medija, vojske, znanstvene vizualizacije, sporta, telekomunikacije itd.

Martín-Gutiérrez, Efrén Mora, Añorbe-Díaz i González-Marrero (2016) navode četiri osnovne prednosti u korištenju virtualnih tehnologija. Virtualne tehnologije povećavaju motivaciju i angažman studenata te se oni osjećaju kao protagonisti stvarnosti oko sebe. Korištenje virtualnih tehnologija omogućuje konstruktivistički pristup učenju, međusobnu interakciju i interakciju s objektima u virtualnoj stvarnosti. Tehnološki napredak koji omogućava veći

pristup uređajima za virtualnu i proširenu stvarnost s pametnih telefona, tableta i videouređaja, učinio je virtualne tehnologije dostupnima i pristupačnima većem broju ljudi. Virtualne tehnologije omogućuju interakciju s objektima s kojima to u stvarnosti ne bi bilo moguće.

Kavanagh, Luxton-Reilly, Wuensche i Plimmer (2017) ističu kako korištenje virtualne stvarnosti tek treba šire obuhvatiti obrazovni sustav, a razlog leži u limitiranosti same tehnologije, cijene i logističkih pitanja vezanih za njezino korištenje. Kao argument skorog korištenja tehnologije proširene i virtualne stvarnosti u obrazovanju Elmqaddem (2019) ističe činjenicu da su tehnološki giganti kao Facebook, Microsoft, Apple i Google uložili značajna sredstva u tu tehnologiju.

Hu-Au i Lee (2017) doba u kojem mladi ljudi danas pohađaju školu nazivaju iskustvenim dobom (engl. *Experience Age*). Iskustveno doba podrazumijeva da učenici znanje prije svega stječu iskustvom, a tehnologija virtualne stvarnosti im to omogućuje.

Pokazalo se da upotreba tehnologije virtualne stvarnosti povećava angažiranost i usredotočenost učenika, a interaktivno okruženje potiče ih na veću aktivnost u radu, zaključuje Boyles (2017).

Upotreba tehnologije virtualne i proširene stvarnosti ne ovisi samo o tehnologiji, tj. samom uređaju, već i o infrastrukturi koja se nalazi oko nje. Prije svega o brzini protoka informacija, internetskoj vezi koja se može ostvariti. Autori Baratè, Haus, Ludovico, Pagani i Scarabottolo (2019) objavljuju rad o temi 5G mreža i korištenja tehnologija proširene i virtualne stvarnosti u obrazovanju s naglaskom na obrazovanju u području glazbe. Zaključuju kako postojeća infrastruktura nije u mogućnosti podržati potrebe za kvalitetnom produkcijom sadržaja virtualne i proširene stvarnosti, ali će 5G mreža moći ispuniti ta iščekivanja.

2.5.1. Koraci implementacije

Na koji način koristiti neke nove tehnologije, nije uvijek razumljivo samo po sebi. Često se nastavnici u tome možda ni ne snalaze niti ozbiljno promišljaju korake koje je potrebno učiniti pa je zbog početnih pogrešaka ili nedovoljne pripreme moguće i brzo odustajanje. Bez obzira na to što je tehnologija sve naprednija, ona je i sve više dizajnirana da bude „prijateljska“, ali treba uzeti u obzir da većina nastavnika nije tijekom svojega školovanja uopće imala doticaja s takvom vrstom tehnologije, a možda ni s onom koja u razvojnom smislu pripada prethodnoj generaciji. Ta činjenica može obeshrabriti korisnike u pokušaju njezina korištenja stoga je

izuzetno bitno stručno usavršavanje u tom području i znanje o koracima implementacije tehnologije virtualne i proširene stvarnosti u školi.

Fernandez (2017) ističe da ne smijemo smetnuti s uma kako je tehnologija virtualne i proširene stvarnosti samo alat u postizanju cilja stjecanja znanja za rastuće i sve konkurentnije tržište rada. Tehnološki alati se mijenjaju, ali cilj obrazovanja ostaje nepromijenjen. Fernandez predlaže šest koraka za uvođenje tehnologije virtualne i proširene stvarnosti u redovito obrazovanje. Prvi korak podrazumijeva osposobljavanje učitelja za rad u tim tehnologijama. Učiteljima nedostaju znanja vezana za potencijal korištenja tehnologija virtualne i proširene stvarnosti u nastavi. Potrebno je učitelje upoznati s elementima uređaja i trendovima razvoja, ali i s aplikacijama koje je na njima moguće koristiti. Drugi korak obuhvaća vrijeme u kojem će nastavnici razmisliti o mogućnostima implementacije tehnologije u svoje konkretne nastavne jedinice na temelju kojih će se kreirati prvi prototipovi, prilagodbom postojećih rješenja. U trećem koraku okuplja se tim koji čine nastavnik praktičar s idejom iz drugog koraka, programer koji će raditi razvoj i prilagodbu predloženoga rješenja i obrazovni arhitekt koji će na temelju drugih primjera dobre prakse predložiti nastavniku mjere za poboljšanje originalne ideje. Autor upozorava na važnost kontrole kvalitete ovoga procesa rada. Četvrti se korak sastoji od dvije faze. Prva je testiranje proizvoda na manjem broju korisnika radi otklanjanja potencijalnih pogrešaka i eventualnu prilagodbu proizvoda, a druga je testiranje gotovoga proizvoda koji eventualno treba doraditi na temelju povratnih informacija sudionika testiranja. Peti je korak izrada uputa (tečajeva) za korištenje proizvoda uz navođenje pedagoških elemenata bitnih za rad nastavnika, ciljevi učenja, zadatci na temelju iskustva, stvaranje rubrika, primjeri stvarnih problema koje je potrebno riješiti koristeći se tehnologijom s kojom rade. Šesti i posljednji korak je faza implementacije. Učenicima je bitno naglasiti s kojim se ciljem i uz koja poboljšanja uvodi nova tehnologija te dobiti od njih povratne informacije za eventualne prilagodbe i poboljšanja. Prve aplikacije ključne su za daljnji uspjeh rada s njima, kao i konkretno poboljšanje ishoda učenja.

Go (2017) predlaže nekoliko načina kako se tehnologija virtualne stvarnosti može implementirati u obrazovanje. Virtualni kampus uz stvaranje virtualnih entiteta učenika u virtualnom prostoru koji bi sadržavao npr. knjižnicu sa svim potrebnim materijalima za učenje, učionicu u kojoj bi učenici nazočili predavanjima, prostor za druženje i razmjenu iskustava. U virtualnom kampusu učenici bi mogli bacati virtualni kamen u vodu i gledati kretanje valova te tako učiti gibanje valova iz fizike. Autor nadalje navodi korištenje virtualnih pokusa koji u stvarnosti mogu naštetiti ljudima ili se uopće ne mogu izvesti u „normalnim“ okolnostima, ali

koje je moguće izvoditi u virtualnom okružju. Osim što mogu realizirati pokuse koje možda nikada neće imati prilike vidjeti, učenici kroz virtualni pokus mogu proći sve faze procesa eksperimentiranja. Isto tako važna je činjenica da uz dobre upute učenici samostalno mogu provoditi pokuse u virtualnom okružju. Zadnja preporuka autora za korištenje virtualne stvarnosti u obrazovanju tiče se „igranja uloga“ u virtualnom okružju. Učenici, primjerice u nastavi Engleskog jezika, mogu sa stranim kolegom simulirati govore u predsjedničkoj kampanji u Sjedinjenim Američkim Državama. Virtualna stvarnost omogućuje primjenu ove metode rada i u drugom okružju osim učionice. To okružje može biti prilagođeno tematici igre uloga i tako dodatno stimulirati učenike na rad.

Roblyer i Hughes (2019) donose sveobuhvatni opis koraka koje moraju provesti nastavnici ako žele implementirati i integrirati tehnologije u poučavanje ili ako se suoče sa zahtjevom da ju moraju koristiti. Svoju metodu nazivaju Turn-around Technology Integration Pedagogy Planning (TTIPP), a provodi se kroz tri faze i devet koraka. Temeljna je misao metode utvrđivanje ciljeva i ishoda učenja prije same integracije tehnologije. Prva faza podrazumijeva stvaranje plana na temelju analize potreba i okružja u kojem se radi. Prvi korak prve faze zahtijeva analizu potreba i odgovora na pitanje koji se problemi žele riješiti uključivanjem tehnologije, dok se u drugom koraku analiziraju tehnološki resursi učenika i škole. Što učenici misle o korištenju tehnologije, koliko im je dostupna kod kuće, koliko se nastavnici osjećaju ugodno koristeći tehnologije te s kojim resursima raspolažu, mora se odgovoriti u drugom koraku. Roblyer i Hughes posebno bitnim ističu odgovoriti na pitanja drugog koraka u kontekstu korištenja tehnologija virtualne stvarnosti jer ona još uvijek nije u širokoj upotrebi. Zadnji korak prve faze obuhvaća identificiranje mogućnosti određenih tehnologija te strategiju poučavanja koju koristi nastavnik. Ako je nastavnikova strategija rada u razredu tradicionalni pristup, važno je da tehnologija omogući točne i precizne informacije koje će se procijeniti tradicionalnim testom. S druge strane, konstruktivistički pristup podrazumijeva izbor tehnologije koja će omogućiti učenicima razvijanje vještina i samostalni pronalazak rješenja u zadacima koji se postavljaju pred njega. Druga faza zahtijeva dizajniranje procesa integracije. Kroz četvrti korak autori upozoravaju kako je bitno jasno postaviti načine vrednovanja učeničkih postignuća s kojima moraju biti upoznati i nastavnik i učenik. Peti korak ističu i kao možda najvažniji u kontekstu integracije tehnologije jer odgovara na pitanje na koji će se način integrirati i navode tri modela: zamjena (engl. *Replacement*), pojačanje (engl. *Amplification*) i transformacija (engl. *Transformation*). Prema modelu zamjena funkcija koja se može obavljati analogno zamjenjuje se digitalnom. Model pojačanje integrira tehnologiju radi poboljšanja

postojećega procesa. Transformacija je model koji podrazumijeva korištenje metode poučavanja koja ne bi bila moguća bez korištenja tehnologije. Transformacija i zamjena modeli su kojima treba težiti. Model transformacije potrebno je primijeniti kod integracije tehnologije virtualne stvarnosti. Šesti korak uključuje pripremu tijekom sata, pravila o korištenju tehnologija, razmatranje pitanja privatnosti i sigurnosti učenika, pripremu nastavnih materijala te razmatranje što učiniti u slučaju da tehnologija zakaže, stvaranje rezervnoga plana. Treća faza vezana je za pregled, promišljanje i implementaciju promjena na konkretne cjeline. U sedmom se koraku mora analizirati uspješnost ciljeva iz četvrtoga koraka, a na temelju te analize u osmom se koraku provodi revizija implementacije. Zadnji, deveti korak, upućuje na dijeljenje rezultata s kolegama i njihova javna objava na internetu. Dijeljenjem prikupljamo i iskustva drugih kolega te na temelju njih možemo poboljšati svoj rad.

2.5.2. Primjeri aplikacija za virtualnu i proširenu stvarnost i njihovu implementaciju u obrazovanju

Aplikacije koje se mogu pronaći na tržištu, a koriste se u tehnologiji virtualne ili proširene stvarnosti i namijenjene su za područje osnovnoškolskoga, srednjoškolskoga ili visokoškolskoga obrazovanja, a možemo ih podijeliti na one koje su izrađene kao dio nekomercijalnih projekata, financiranih javnim sredstvima, koje su naručili javni naručitelji, realizirane kao dio nekih projekata i sl., te aplikacije koje su izradile komercijalne tvrtke i pokušavaju ih monetizirati različitim modelima. Argument naglog zastarijevanja tehnologije vrijedi i kod aplikacija. Nažalost, ne postoji znanstveno vrednovanje pojedinih aplikacija, već su one izabrane prema intuitivnom stavu u kontekstu korisnosti u obrazovanju.

Aplikacija JigSpace je platforma koju bismo najjednostavnije opisali kao knjižnicu sadržaja za tehnologiju virtualne ili proširene stvarnosti koja odgovara na pitanje kako nešto radi. Od principa rada svemirske stanice na Marsu i indukcijskoga motora, preko načina rada glasovira, do izgleda unutrašnjosti planeta Zemlje.



Slika 7. Jig Space. <https://www.jig.space/help-center/exploded-views-in-augmented-reality>

Platforma je pokrenuta 2017. godine, a firma se nalazi u Melburnu u Australiji.

Na svojoj internetskoj stranici (<https://jig.space/index.html>) imaju više od 2 milijuna korisnika, s prosječnom ocjenom zadovoljstva korisnika 4,8.



Otkrijte najnapredniji način za učenje novog jezika, poruka je iza aplikacije Mondlay. Aplikacija je to za virtualnu stvarnost koja nam pomaže u učenju stranoga jezika. Postoji mogućnost odabiranja 30 jezika, među kojima su i oni svjetski najzastupljeniji, poput engleskog, španjolskog, njemačkog, francuskog, talijanskog, ruskog, japanskog i kineskog jezika. Virtualna stvarnost odvest će nas, primjerice, u taksi, javni prijevoz, recepciju hotela, restoran i sl. te nam ponuditi mogućnost komuniciranja s virtualnim sugovornicima. Aplikacija nudi različite vrste konverzacija potrebne u stvarnom životu uz trenutačne povratne informacije o našoj uspješnosti. Aplikacija je do sada preuzeta više od 20 milijuna puta (<https://www.mondly.com/vr-for-daydream>).

Slika 8. Mondlay. <https://www.mondly.com/vr>

Rome Reborn aplikacija je za tehnologiju virtualne stvarnosti koja omogućuje pregled antičkog Rima. Zgrade i spomenici rekonstruirani su sukladno povijesnim izvorima, a sadržaj je obogaćen i predavanjima vodećih eksperata za to područje i testom znanja kroz koji korisnik može provjeriti svoje znanje. Panteon, rimski forum, Koloseum, samo su neka od svjetski povijesno najbogatijih područja koja koristeći ovu aplikaciju možete posjetiti, stoji na

internetskim stranicama Rome Reborn (<https://romereborn.org>). Početak aplikacije je u međunarodnoj inicijativi koju je sredinom 1990-ih pokrenuo UCLA Cultural Virtual Reality Laboratory. Cilj je bio stvaranje 3D digitalnih modela koji ilustriraju urbani razvoj staroga Rima, od prvoga naselja u brončanom dobu do njegovog napuštanja u ranom srednjem vijeku. Trenutačna verzija aplikacije u privatnom je vlasništvu, a cilj je projekta obuhvatiti i druge povijesno značajne gradove i mjesta.

Kao svjetski najzabavnije igralište za područje fizike reklamira se aplikacija Newton's House of Forces. Aplikacija je doslovno zamišljena kao prostor u kojem se možete igrati zakonima fizike. Aplikaciju je napravila firma Victory XR, jedna od vodećih firmi u području razvoja aplikacija za obrazovanje pomoću tehnologije virtualne stvarnosti. Na internetskoj stranici kompanije (<https://www.victoryxr.com/>) nalazi se podatak da su do sada kreirali više od 240 jedinstvenih aplikacija za virtualnu stvarnost. Među svojim proizvodima nude različitu paletu tehnologija i njihovog načina korištenja, ali i područja interesa. Izradili su aplikaciju za izučavanje ljudskih prava u tehnologiji proširene stvarnosti kroz koju studenti upoznaju značajne povijesne ličnosti u području ljudskih prava, kao i udžbenik o ljudskoj anatomiji koji se koristi tehnologijom proširene stvarnosti.

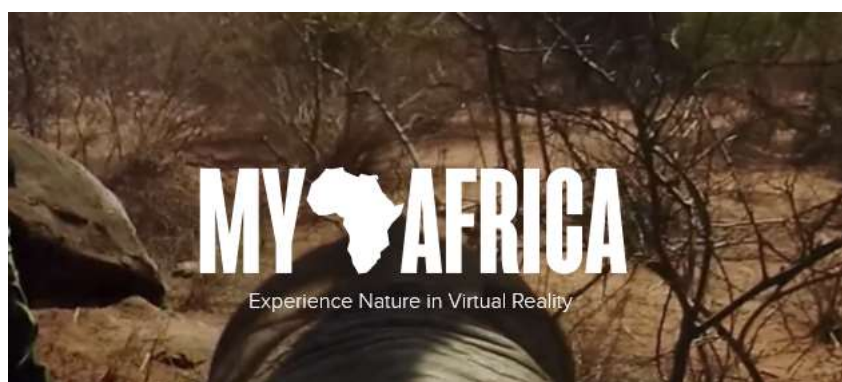
Victory XR ističe aplikaciju VictoryXR's Science Curricula koja je skup kurikulskih cjelina u tehnologiji virtualne stvarnosti koje prate Next Generation Science Standards, američku znanstvenu normu za STEM područje (akronim riječi science (znanost), technology (tehnologija), engineering (inženjerstvo) i mathematics (matematika)). Na svojoj internetskoj stranici ističu da je to jedina aplikacija u tehnologiji virtualne stvarnosti koja prati taj standard te da zbog toga nastavnici mogu biti sigurni u njezinu podudarnost s kurikulumom. VictoryXR's Science Curricula sastoji se od 48 jedinica koje sadrže 240 jedinstvenih iskustva u virtualnoj stvarnosti.

National Geographic, sinonim za kvalitetne dokumentarne filmove o prirodi, znanosti, kulturi i povijesti napravio je iskorak i u tehnologiji virtualne stvarnosti. National Geographic Explore VR omogućuje istraživanje Antarktike i Machu Picchua. Tehnologija virtualne stvarnosti omogućuje korisnicima vožnju kajakom oko ledenjaka i penjanje po njima, iskustvo bijesne oluje, potragu za izgubljenom kolonijom pingvina te pretraživanje drevnih nastambi Inka.



Slika 9. National geographic explore VR.
<https://www.oculus.com/experiences/quest/2046607608728563>

My Africa: Elephant Keeper je aplikacija u kojoj se korisnici u virtualnom okruženju brinu za maloga slona, hrane ga, čiste, slušaju otkucaje srca, uzimaju uzorak krvi itd. Aplikaciju su napravili Vision3 i Conservation International. Conservation International se bavi zaštitom i očuvanjem okoliša.



Slika 10. My Africa Elephant Keeper. <https://www.conservation.org/stories/virtual-reality/my-africa>

Broj i vrsta aplikacija namijenjenih direktnom ili indirektnom obrazovanju zaista je širok. Pokrivena su sva područja znanosti i sve vrste tehnologija tako da se nastavnici, učenici, studenti i korisnici općenito zaista mogu odlučiti između znatnog broja sadržaja. Pregled programa koji se mogu implementirati u osnovnoškolski, srednjoškolski i visokoškolski obrazovni sustav pokazuje kako su kvalitetom dosegle stvarno okruženje te da su mogućnosti interakcije i manipulacije sadržajem nemjerljive. Kompanije će širenjem tržišta, dostupnošću tehnologije i njezinom sve većom kvalitetom sve više plasirati proizvode čija će kvalitativna analiza postati dio znanstvenih istraživanja, ali i akcijskih primjera dobre prakse. Sve gore

prikazane aplikacije namijenjene su, prije svega, angloameričkom govornom području, tj. prilagođene su svima koji razumiju engleski jezik kao najrasprostranjeniji jezik komunikacije. Sigurno će tržište, kao što se to dogodilo i s drugim aplikacijama i programskim rješenjima, s vremenom ponuditi i mogućnosti izbora drugih jezika, posebno u kontekstu primjene u odgojno-obrazovnim ustanovama.

2.6. Proširena i virtualna stvarnost u obrazovanju – pregled dosadašnjih istraživanja

Liu, Kumar Bhagat, Gao, Chang i Huang (2017) donose podatak kako je rastao broj radova na temu virtualne stvarnosti od 1995. do 2016. godine. Zaključili su kako je rast bio eksponencijalan, a najviše su zastupljeni radovi iz Sjedinjenih Američkih Država, Ujedinjenog Kraljevstva i Tajvana. Upravo eksponencijalni rast broja istraživanja i posvećenost istraživanjima u tehnološki najnaprednijim zemljama svijeta ukazuje na činjenicu da se implementacija tehnologije virtualne i proširene stvarnosti događa u odgojno-obrazovnom sustavu u svijetu i kako su implikacije toga procesa vrijedne pažnje znanstvenika i istraživača. Zanimljiva je činjenica da najviše istraživanja dolazi iz zemalja koje svoj gospodarski razvoj i porast bruto društvenoga dohotka temelje na novim tehnologijama i tu je očito kako se Europska unija mora priključiti tom nizu zemalja, posebno u kontekstu obrazovanja kao osnovnoga preduvjeta za razvoj tehnološko-digitalnoga društva, kao što je i istaknuto u strateškim dokumentima poput Digital Education Action Plan 2021. - 2027. (Europska komisija, 2020).

Uvođenje nove tehnologije u odgojno-obrazovni sustav uvijek predmnijeva postavljanje pitanja njezine svrhe i opravdanosti. Škola odgaja i obrazuje učenike i u tom kontekstu važna je i odgojna i obrazovna komponenta novih tehnologija u obrazovanju, u ovom slučaju tehnologija virtualne i proširene stvarnosti. Obrazovna komponenta školstva mjeri se uspjehom učenika, stoga su provedena istraživanja koja su imala za cilj izmjeriti dodatnu vrijednost tehnologije virtualne i proširene stvarnosti na uspjeh učenika.

Prema Martín-Gutiérrez, Efrén Mora, Añorbe-Díaz i González-Marrero (2016) postoje mnogobrojna istraživanja u znanstvenoj literaturi koje povezuju tehnologiju virtualne stvarnosti i školski uspjeh te motivaciju učenika (Harris i Reid, 2005; Sotiriou i Bogner, 2008; Di Serio, Ibáñez i Kloos, 2013; Martín-Gutiérrez i Meneses, 2014; Bacca, Baldiris, Fabregat, Graf i Kinshuk, 2014; Holley, Hobbs i Menown, 2016), društvene i suradničke odnose među učenicima (Kaufmann, Steinbugl, Dünser i Gluck, 2005; Martín-Gutiérrez, Saorín, Contero, Alcaniz, Perez-Lopez i Ortega, 2010), psihomotoričke i kognitivne vještine učenika (Feng, Duh i Billingham, 2008). Većina relevantnih istraživanja koje navodi Martín-Gutiérrez provedena je u prvom desetljeću 21. stoljeća. Mnogobrojna se istraživanja odnose na korištenje tehnologije virtualne i proširene stvarnosti u obrazovanju, ali se tijekom godina zbog napretka u tehnologiji značajnije promijenila i sama tehnologija i mogućnosti njezina korištenja. Kako je u radu ranije apostrofirano, istraživači su 2016. godinu istaknuli kao godinu u kojoj će se tehnologija početi više koristiti, ponajprije jer je postala jeftinija i kvalitetnija pa su za referentne radove o

korištenju tehnologije virtualne i proširene stvarnosti za potrebe ovoga rada istaknuta istraživanja nastala nakon 2016. godine. Istraživanja možemo podijeliti u nekoliko kategorija: ona koja se odnose na učenike i studente te mjere njihove stavove, razmišljanja, postignuća prije i nakon korištenja tehnologija virtualne i proširene stvarnosti i istraživanja koja se odnose na nastavnike i njihova razmišljanja. Neki istraživači komparirali su i tehnologije međusobno.

Huang, Ball, Francis, Ratan, Boumis i Fordham (2019) su zbog nedostatka radova o temi komparacije uspješnosti tehnologija proširene i virtualne stvarnosti proveli istraživanje upravo o navedenoj temi. Uspoređivali su ishode učenja kod korisnika tehnologije virtualne i korisnika tehnologije proširene stvarnosti. Istraživanje je pokazalo kako korisnici tehnologije virtualne stvarnosti više pozornosti obraćaju na stvoreno okruženje u odnosu na one koji su koristili tehnologiju proširene stvarnosti. Isti korisnici pokazali su i višu razinu koncentracije i uživanja u procesu korištenja. Istraživanje je potvrdilo da su korisnici tehnologije virtualne stvarnosti više zadržali vizualne informacije u odnosu na slušne informacije. Autori zaključuju kako tehnologija i virtualne i proširene stvarnosti ima svoje mjesto u području obrazovanja uz uzimanje u obzir njihovih snaga i slabosti.

Kritičko preispitivanje istraživanja o temi upotrebe tehnologija virtualne i proširene stvarnosti u visokoškolskom obrazovanju napravili su 2019. godine DePape, Barnes i Petryschuk. Autori su proveli metaanalizu te su na kraju odabrana 23 istraživanja za daljnju analizu. Sintetizirali su četiri bitne teme u istraživanjima: tehnološki čimbenici, karakteristike učenika, ishodi učenja i preporuke. Vezano za tehnološke čimbenike, istraživanje je pokazalo kako učenici koriste svoje mobitele za pokretanje virtualne stvarnosti, ali snižavanjem cijene proizvoda poput kacige za glave ili drugih sličnih proizvoda povećat će se i njihova popularnost. Vezano za karakteristike učenika, istraživanja su pokazala kako se iskustvo učenika kreće od opsežne prakse do potpunoga izostanka iskustva. Neka istraživanja uopće nisu mjerila prethodno iskustvo učenika, što autori svakako preporučuju jer spremnost uključivanja u korištenje tih tehnologija sigurno utječe na njihovo daljnje korištenje. Autori ističu istraživanje Ausburg i sur. iz 2009. godine, koje izvještava o tehnofobiji koju osjećaju studentice dok koriste tehnološki složenije uređaje, dok Hogan (2008) tu fobiju prepoznaje kod starijih osoba. Vezano za ishode učenja, istraživači su podijelili temu na tri podteme: razvoj tvrdih vještina koje obuhvaćaju razvoj tehničkih znanja, mekih vještina kao razvoj komunikacijskih vještina i osnovnih vještina koje omogućavaju zapošljavanje osoba. Sinteza istraživanja pokazala je kako platforme za virtualnu stvarnost mogu poboljšati niz vještina poput znanja engleskoga jezika, 3D mapiranje, znanje iz područja povijesti, društveno komunikacijske vještine i računalnu pismenost. U

četvrtom dijelu istraživanja autori donose nekoliko preporuka za implementaciju tehnologija virtualne i proširene stvarnosti u obrazovanju. Prva preporuka odnosi se na korištenje teorijskoga okvira u istraživanjima i praksi. To znači da se prilikom provođenja istraživanja i implementacije važno osloniti na odgovarajuće teorijske koncepte i modele. Korištenje teorijskoga okvira pruža strukturu i smjernice za razumijevanje i primjenu tehnologija virtualne i proširene stvarnosti u obrazovnom kontekstu. Omogućuje nastavnicima da bolje strukturiraju i planiraju svoju nastavu, prilagode aktivnosti učenicima i osiguraju da tehnologija bude integrirana na način koji podržava ciljeve učenja. Korištenje teorijskoga okvira također pruža više mogućnosti za učenike da se izraze na različite načine i uključe u aktivnosti koje potiču dublje razumijevanje i primjenu znanja. Druga preporuka odnosi se na potrebu za selektivnošću u korištenju tehnologija virtualne i proširene stvarnosti. Iako su takve tehnologije dostupne, ističe se važnost svjesnoga i selektivnoga korištenja. Time se izbjegava percipiranje tih tehnologija samo kao zabave, a ističe se njihova stvarna vrijednost kao prilika za autentično učenje. Treća je preporuka vezana za oprez zbog potencijalne prekomjerne izloženosti tehnologijama virtualne i proširene stvarnosti. Upozorava se da prevelika izloženost tim tehnologijama može dovesti do dosade i nedostatka interesa studenata. Stoga je važno uspostaviti ravnotežu u njihovoj upotrebi i osigurati da izloženost bude dozirana i svrhovita.

Do sličnoga zaključka dolaze i Kamińska, Sapiński, Wiak, Tikk, Haamer, Avots, Helmi, Ozcinar i Anbarjafari (2019) koji su proučavali najaktualnije aplikacije za virtualnu stvarnost koje se koriste u obrazovanju. Izdvojili su aplikacije u obrazovanju inženjera, medicinskom obrazovanju i općem obrazovanju. Nakon analize aplikacija autori zaključuju kako tehnologija virtualne stvarnosti pruža vizualizaciju kakva u klasičnoj učionici nije moguća. Ona omogućuje svima da sudjeluju u obrazovnom procesu, pruža neograničen pristup informacijama, knjigama i časopisima. S druge strane, onemogućuje fleksibilnost klasične učionice, postavljanje pitanja, primanje odgovora i sudjelovanje u raspravama. Dio nastavnika može pružati otpor prema uvođenju tehnologije, dok se ostali mogu previše osloniti na tehnologiju zanemarujući interakciju između nastavnika i učenika. Autori na kraju članka pozivaju na ravnotežu između najsuvremenijih tehnoloških rješenja i ljudske interakcije te odnosa između nastavnika i učenika.

Jiang, Vimalasvaran, King Wang, Boon Lim, Reddy Mogali i Tudor Car (2022) objavljuju rad u kojem donose pregled dosadašnjih istraživanja o korištenju tehnologije virtualne stvarnosti u dodiplomskom medicinskom obrazovanju. Istraživanje donosi pregled četiriju bibliografskih baza podataka u prosincu 2020. godine. Najveći postotak istraživanja (60,5 %) donosi podatke

kako se tehnologija virtualne stvarnosti koristi u simuliranju kirurških operacija, a 3D modeli (13,2 %) i virtualni svjetovi (17,5 %) koriste se prilikom obrazovanja u polju anatomije. Visoka razina interaktivnosti s korisnikom zabilježena je u najvećem broju slučajeva (69,3 %). Postojeća istraživanja ponajviše se odnose na područje kirurgije i anatomije te se kroz zaključak upućuje buduće istraživače da više pozornosti obrate na mogućnosti korištenja tehnologije virtualne stvarnosti u drugim područjima medicine.

Hanid, Said i Yahaya (2020) na temelju meta analize 17 istraživanja zaključuju da je tehnologija proširene stvarnosti donijela značajne promjene u okruženje učenja te su identificirane četiri ključne strategije učenja koje koriste tu tehnologiju, interaktivno učenje, učenje putem igara, suradničko učenje i iskustveno učenje, od kojih se interaktivno učenje najčešće primjenjuje. Osim toga, istraživanja ukazuju na važnost pažljivoga oblikovanja procesa učenja uz korištenje tehnologije proširene stvarnosti te potrebu za daljnjim istraživanjima kako bi se ista efikasno implementirala u nastavi.

Wu, Yu i Gu (2020) kroz analizu stručne literature objavljenje od 2013. do 2019. godine detektirali su 35 istraživanja iz kojih su daljnjom analizom zaključili kako je učenje uz tehnologiju virtualne stvarnosti učinkovitije od klasičnih modela učenja. Veći učinak zabilježen je kod učenika u dobi od 5 do 18 godina, poboljšavajući kako njihovo znanje tako i razvoj vještina.

Nesenbergs, Abolins, Ormanis i Mednis (2021) analizom 9 istraživanja zaključuju kako virtualna i proširena stvarnost nije sposobna potpuno zamijeniti studiranje u fizičkom obliku na studiju. Istraživanja donose podatke da su ocjene studenata opadale kad god se takva ideja pokušala realizirati. Isto tako, zaključeno je kako korištenje tehnologije izravno pozitivno utječe na angažiranost studenata.

Zhang, Li, Huang, Feng i Luo (2022) svojim su istraživanjem objedinili 129 studija usmjerenih na primjenu proširene stvarnosti u obrazovanju od predškolskoga do srednjoškolskoga obrazovanja u proteklih 20 godina. Analizirali su kontekst, tehnologiju, dizajn i učinkovitost nastave koja se održava uz podršku tehnologije proširene stvarnosti. Zaključuju kako se tijekom posljednja dva desetljeća povećao broj radova o temi nastave potpomognute tehnologijom proširene stvarnosti. Navedena tehnologija češće se koristila u osnovnim školama i to za poučavanje fizike, geologije i biologije te povijesti i učenje stranih jezika. Istraživanja su pokazala kako korištenje tehnologije virtualne stvarnosti ima veliki učinak na ishode učenja. Autori ističu kako je predškolsko obrazovanje uglavnom zanemareno područje.

Pregled raznih istraživanja koja su mjerila učinak tehnologije virtualne stvarnosti na učenje metodom testiranja prije i nakon korištenja napravili su i Fabris, Rathner, Fonga i Sevignya (2019). U dva od sedam slučajeva zabilježena su značajna poboljšanja (Maresky i dr., 2019.; Marsh i dr., 2008), u četiri nisu zabilježene značajne razlike (Brewer i dr., 2012.; Pulijala i dr., 2018a; Stepan i dr., 2017.; Teranishi i Yamagishi, 2018), a u jednom slučaju zabilježen je i negativan učinak na učenje, ponajviše zbog ograničenja u interaktivnosti (Makransky idr., 2019). Autori ističu i manjkavosti nekih od istraživanja vezano za nepredstavljanje kontrolne skupine, korištenje različitih resursa za učenje i neuspoređivanje starijih nastavnih metoda i tehnologija virtualne stvarnosti.

AlGerafi, Zhou, Oubibi i Wijaya (2023) zaključuju kako je tehnologije proširene stvarnosti puno raširenija u osnovnom i srednjoškolskom obrazovanju od tehnologije virtualne stvarnosti. Isto tako, zaključuju kako nedostaje empirijskih istraživanja koja bi se bavila usporedbom obrazovnih ishoda koji proizlaze iz primjene tehnologije proširene i virtualne stvarnosti.

Graser i Böhm (2022) donose pregled trenutačnoga stanja u znanstvenoj literaturi o čimbenicima prihvaćanja korisnika tehnologije proširene stvarnosti u obuci i obrazovanju. Identificirana su 45 znanstvena rada, od čega se njih 22 odnose na područje obrazovanja. Autori zaključuju kako ne postoji model prihvaćanja tehnologije proširene stvarnosti koji se može generalizirati i koji je još dovoljno empirijski potvrđen u različitim područjima primjene.

Chang, Binali, Liang, Chiou, Cheng, Lee i Tsai (2022) na temelju analize 134 istraživanja o korištenju tehnologije proširene stvarnosti u obrazovanju od 2012. do 2021. godine zaključuju kako ta tehnologije poboljšava ishode učenja.

Garzón, Pavón i Baldiris (2019) analiziraju 61 istraživanje objavljeno između 2012. i 2018. godine koje identificiraju status i tendencije u korištenju tehnologije proširene stvarnosti u obrazovanju i utjecaj ove tehnologije na procese učenja. Rezultati ukazuju kako tehnologija virtualne stvarnosti ima srednji učinak na učinkovitost učenja, a najčešće zabilježene prednosti su „dobitci u učenju“ i „motivacija“. Slične rezultate dobili su i Garzón, Kinshuk, Baldiris, Gutiérrez i Pavón (2020). Analizirajući 46 istraživanja o korištenju tehnologije proširene stvarnosti u obrazovanju i zaključuju kako ta tehnologija ima srednji utjecaj na uspjeh učenika u učenju. Li, Wang, He, Cheng i Wang (2021) analizom 35 članaka istražuju učinke primjene proširene stvarnosti na akademska postignuća učenika osnovne i srednje škole. Rezultati istraživanja pokazali su da tehnologija proširene stvarnosti ima umjeren učinak na postignuća

učenika, a kao prednosti korištenja tehnologije proširene stvarnosti u obrazovanju navode se poticanje interesa i motivacije, stvaranje interaktivnoga okružja i poboljšanje u pozornosti.

2.6.1. Istraživanja o spremnosti studenata na korištenja virtualne stvarnosti

Yildirim, Elban i Yildirim (2018) proveli su istraživanje s 25 sudionika, studenata prve godine fakulteta koji pohađaju kolegij Povijest civilizacija i koji su znali za tehnologiju proširene stvarnosti, ali nemaju iskustva u njenom korištenju. Istraživači su kroz intervju sa sudionicima zaključili kako sudionici tehnologiju virtualne stvarnosti smatraju korisnom i dopadljivom za uporabu, a posebno ističu njezinu primjenu u radu s osobama s teškoćama ili onih u nepovoljnijem položaju.

Domingo i Bradley (2017) proveli su istraživanje o stavovima studenata nakon korištenja virtualne stvarnosti. U istraživanju je sudjelovao 21 student na zadnjoj godini nastavničkoga smjera studija umjetnosti. Svi studenti bili su stariji od 25 godina. Većina studenata (52 %) imala je pozitivnu percepciju nakon rada u okružju virtualne stvarnosti, a otprilike pola promijenilo je mišljenje iz negativnoga u pozitivno nakon što su dulje vrijeme proveli radeći u tom okružju. Nitko od studenata nije izjavio kako je promijenio mišljenje iz pozitivnoga u negativno.

Dyer, Swartzlander i Gugliucci (2018) proveli su projekt razvoja empatičnosti kod studenata medicinske struke uz pomoć tehnologija virtualne stvarnosti. Simulacija je omogućavala studentima da se nađu u ulozi pacijenta koji ima teškoće povezane sa starijom životnom dobi, kao što su oštećenja vida i sluha, Alzheimerova bolest i sl. Istraživanju se odazvalo 600 sudionika. Rezultati su pokazali razvoj empatije i bolje razumijevanje problema i tegoba kod osoba starije životne dobi s kojima će jednoga dana sudionici istraživanja svakodnevno raditi.

Istraživanje sa 43 studenta strojarstva prosječne dobi od 22 godine proveli su autori Carbonell-Carrera i Luis Saorin (2017). Ispitanici su se, koristeći vlastite pametne telefone i 3D virtualne naočale, u aplikaciji Google Street View pomoću *joysticka* kretali po virtualnom prostoru tražeći rutu od mjesta do mjesta. Autori su ispitali motivaciju sudionika, a rezultati su pokazali kako korištenje ove aplikacije sudionicima pruža ugodu, zanimljiva im je te ju smatraju atraktivnom i poželjnom za obrazovanje u području lokacijskoga snalaženja. Istraživanje ne navodi izričito neki stav studenata o virtualnoj stvarnosti, međutim, autori navode kako je 50% sudionika osjetilo vrtoglavicu tijekom eksperimenta koristeći naočale za virtualnu stvarnost, a

čak 12,5 % je osjetilo vrlo jaku vrtoglavicu. Ova informacija sugerira da su neki sudionici imali negativno iskustvo s virtualnom stvarnošću zbog opisane tjelesne nelagode.

Saab, Hegarty, Murphy i Landers (2019) istražili su stavove studenata sestrinstva o korištenju virtualne stvarnosti tijekom studiranja. U istraživanju je sudjelovalo 26 sudionika, u dobi od 20 do 42 godine. Sudionici ispitivanja provodili su u prosjeku 4,2 sata na internetu dnevno, ali ih većina nije imala nikakva iskustva u korištenju tehnologije virtualne stvarnosti (69 %). Sudionici su kroz intervju preporučili korištenje tehnologije virtualne stvarnosti, ali kao dodatnoga alata prilikom sažimanja naučenoga, a ne kao zamjenu za tradicionalni pristup poučavanju. Kroz istraživanje su ispitanici upozorili da je važno uzeti u obzir i troškove korištenja i edukacije za korištenje tehnologije virtualne stvarnosti te prostor u kojem bi se ona koristila.

Lucas (2018) je istraživao kako studenti reagiraju na korištenje virtualne tehnologije te u čemu je primjena tehnologije virtualne stvarnosti najkorisnija u kurikulumu iz područja građevinarstva. U istraživanju je sudjelovalo 27 studenata programa Građevinske znanosti i menadžmenta. Studenti su ispunjavali anketu prije iskustva tehnologije virtualne stvarnosti, potom su proveli 5 do 8 minuta u okružju virtualne stvarnosti te ponovno ispunjavali anketu nakon iskustva. U anketi su bila i pitanja otvorenoga tipa kako bi se dobile što bolje povratne informacije o korisničkom iskustvu. Većina studenata (60 %) nije imala prethodnoga iskustva u korištenju tehnologije virtualne stvarnosti. Većini je studenata korištenje tehnologije bilo vrlo lako (63 %) ili lako (37 %), a sličan postotak studenata nije imao problema koristeći programski model koji su promatrali. U istraživanju su studenti imali priliku dati i odgovor na pitanja o udobnosti nošenja Head-Mounted Displaya. Većina (59 %) nije osjetila nikakvu nelagodu, dok su samo dva studenta (8 %) imala problema pri stabilizaciji uređaja na glavi. Lucas je ispitivao i preporuke studenata za buduće korištenje u kurikulumu iz područja građevinarstva. Usporedio je odgovore ankete prije korištenja i nakon korištenja. U anketi prije korištenja većina studenata najviše je smatrala potencijal tehnologije u vizualizaciji (26 odgovora), a u anketi nakon korištenja u razumijevanju montaže konstrukcije (13 odgovora). Jedan od najvećih problema s korištenjem tehnologije virtualne stvarnosti u učionici nije ni trošak ni dostupnost, već nedostatak sadržaja koji bi se koristio u obrazovne svrhe. Istraživanje je pokazalo kako studenti imaju pozitivan stav prema korištenju tehnologije virtualne stvarnosti, ali i upozorilo kako se dio studenata osjeća nelagodno kada tu tehnologiju koristi pred svojim kolegama.

Roy, Bakr i George (2015. poslano, 2017. objavljeno) na osnovi proučene literature proveli su istraživanje o potencijalima virtualne stvarnosti u obrazovanju u području dentalne medicine.

Smatraju kako će napretkom tehnologije ona postati nezaobilazan dio modernoga obrazovanja kao nadogradnja postojećih tradicionalnih metoda.

Meyer (2020) je isto tako objavio rad o temi korištenja virtualne i proširene stvarnosti u visokoškolskom obrazovanju u području medicine, isto zaključivši kako će korištenje te tehnologije uvelike unaprijediti način obrazovanja budućih medicinskih djelatnika. Naglašava kako u visoko kompetitivnom području kako što je medicina studenti često nemaju resursa steći znanja i iskustva koliko bi željeli, što im ova tehnologija može omogućiti. Simulacije mogu omogućiti iskustvo u situacijama koje nisu tipične i s kojima se studenti rijetko mogu susresti. Isto tako važno je da se iskustvo na ovaj način može stjecati u sigurnom okružju.

Cicek, Bernik, Tomičić (2021) istraživali su prednosti korištenja tehnologija virtualne stvarnosti u višem obrazovanju. Istraživanjem provedenim pomoću *online* upitnika željeli su detektirati postoji li dovoljan interes studenata za korištenje tehnologije virtualne stvarnosti kako bi ono opravdalo troškove koji su potrebni za njegovo uvođenje i učinkovito primjenjivanje u obrazovanju. Više od 50 % sudionika istraživanja koristilo je tehnologiju virtualne stvarnosti i prije anketiranja. Rezultati istraživanja pokazuju interes za korištenje virtualne stvarnosti u obrazovanju, ali ističu i važnost društvene interakcije u samoj obrazovnoj ustanovi ili u virtualnom okružju. Nepobitno je potvrđena činjenica da je potrebno razmotriti načine uvođenja ove tehnologije u sustav obrazovanja kako bi se učenicima pružila alternativa tradicionalnom obrazovanju s ciljem poboljšanja procesa učenja.

Na Sveučilištu u Sydneyu 2017. godine napravljen je laboratorij za virtualnu stvarnost kroz koji je u dvije i pol godine prošlo 4833 studenata, najviše iz Fakulteta inženjerstva (engl. Faculty of Engineering) (53 %), Fakultet za umjetnost i društvene znanosti (engl. Faculty of Arts & Social Science) (23,8 %) i Fakultet za znanost (engl. Faculty of Science) (23,2 %). Marks i Thomas (2022) donose rezultate *online* ankete kojom su studenti procjenjivali svoje prethodno iskustvo s tehnologijom virtualne stvarnosti i iskustvo prilikom korištenja tehnologije u laboratoriju. Za većinu studenata to je bilo prvo iskustvo u korištenju tehnologije virtualne stvarnosti (71,5 %). 211 studenata (71,5 %) smatra kako je korištenje tehnologije virtualne stvarnosti poboljšalo ishode učenja. Više od jedne trećine studenata (36,3 %) prijavilo je nelagodu pri korištenju tehnologije. Glavobolja, vrtoglavica, zamagljen vid i težina slušalice samo su neke od nelagoda koje su naveli. Iz pozitivno kodiranih studentskih odgovora ponavljaju se tri ključne teme: uzbuđenje prilikom korištenja nove tehnologije, poboljšano razumijevanje sadržaja i veća angažiranost u edukaciji. Gotovo 70 % studenata (68,5 %) želi koristiti tehnologiju virtualne stvarnosti i u budućnosti.

Iz navedenih istraživanja može se zaključiti da su stavovi studenata o virtualnoj stvarnosti uglavnom pozitivni i da postoji interes i želja za korištenje ove tehnologije u obrazovanju. Generalno bi se na temelju navedenih istraživanja moglo zaključiti kako većina studenata percipira tehnologiju virtualne stvarnosti kao korisnu i dopadljivu za korištenje u obrazovanju, kako studenti često prepoznaju prednosti tehnologije virtualne stvarnosti u poboljšanju razumijevanja sadržaja i poboljšanju ishoda učenja, kako tehnologija virtualne stvarnosti može biti korisna u različitim područjima obrazovanja, uključujući medicinu, građevinarstvo, dentalnu medicinu i druge. Nedostatci tehnologije virtualne stvarnosti je moguća tjelesna nelagodu pri njezinu korištenju, posebno u pogledu problema poput vrtoglavice, glavobolje i zamagljenoga vida te činjenica da uvođenje tehnologije virtualne stvarnosti u obrazovni sustav može zahtijevati dodatne troškove u smislu prilagodbe prostora i edukaciju za korištenje tehnologije.

Zaključno ova istraživanja sugeriraju da postoji potencijal za korištenje tehnologije virtualne stvarnosti u obrazovanju, ali da je važno pravilno planirati i implementirati njezinu uporabu kako bi se osigurala pozitivna iskustva i poticajni rezultati za studente.

2.6.2. Istraživanja o stavovima nastavnika o virtualnoj stvarnosti

Kavanagh, Luxton-Reilly, Wuensche i Plimmer (2017) provode istraživanje kako bi utvrdili probleme vezane za korištenje virtualne stvarnosti u obrazovanju i zašto su se nastavnici uopće odlučili koristiti tu tehnologiju. Za potrebe istraživanja napravili su dvije neovisne analize. U prvoj je provedena analiza znanstvenih radova autora koji su implementirali tehnologiju virtualne stvarnosti u obrazovanje, a druga je proučavala probleme i ograničenja na koje su pri tome naišli. Analiza je pokazala kako se ta tehnologija u obrazovanju koristi samo u posebnim situacijama koje, primjerice, zahtijevaju prikaz neke realne simulacije. Korisnici virtualne stvarnosti u obrazovanju najčešće su potaknuti intrinzičnom motivacijom vjerujući kako će učenici biti motiviraniji pratiti sadržaje ako koriste tu tehnologiju, a kao probleme pri korištenju ističu trošak i obuku. Isto tako, učenici su istaknuli kako neka rješenja nisu dovoljno realistična. Faktor motiviranosti izgubio bi se učestalijim korištenjem. Na kraju rada apostrofirano je kako je potencijal tehnologije virtualne stvarnosti puno veći nego potencijalni problemi.

Pirker, Holly, Almer, Gutl i Winston Belcher (2019) svojim su istraživanjem ispitivali stavove 14 nastavnika fizike o korištenju tehnologije virtualne stvarnosti kako bi bolje razumjeli njihove potrebe prilikom korištenja te tehnologije u učionicama. Svi nastavnici bili su mlađi od 28

godina i imaju pozitivan stav prema korištenju modernih informacijsko-komunikacijskih tehnologija. Istraživanje je pokazalo kako nastavnici žele koristiti tehnologiju virtualne stvarnosti, ali ne u svakodnevnom radu, već u pojedinačnim posebnim situacijama kao što je projektni dan. Razlog je tome što ih zabrinjava vrijeme potrebno za pripremu tehnologije za rad, na što autori predlažu uspostavljanje unaprijed pripremljenih laboratorija za virtualnu stvarnost, gdje bi već sve bilo unaprijed postavljeno. Isto tako, u istraživanju su nastavnici istaknuli kako ih zabrinjava rad s velikim skupinama učenika jer bi se oni tada više fokusirali samo na tehnologiju, a manje na sadržaje poučavanja. Ovaj zaključak istraživanja poziva na razradu novih pedagoških strategija rada u okruženju tehnologije virtualne stvarnosti. Autori predlažu korištenje aplikacija koje od učenika očekuju suradnički rad, primjerice, dok jedan učenik radi na samoj tehnologiji, dvoje učenika mogu mu davati ulazne podatke za rad na konkretnom zadatku.

Cho i Chun (2019) proučavaju perspektivu nastavnika u primjeni tehnologije virtualne stvarnosti u srednjoškolskom obrazovanju u Južnoj Koreji u području geografije. U radu je prepoznata potreba za dodatnim stručnim usavršavanjima nastavnika koji žele koristiti ovu tehnologiju u svojim učionicama. Nakon završenoga petnaestosatnog usavršavanja, proveli su analizu anketnog upitnika i intervjuirali fokus grupe vezano za zapreke u usavršavanju i korištenju tehnologije. U anketi je sudjelovalo 500 nastavnika iz osnovnih i srednjih škola. Njih 77 % izjavilo je kako su imali problema prilikom korištenja novih metoda i tehnologije virtualne stvarnosti, a većina je odgovorila da bi rado sudjelovala u stručnim usavršavanjima u tom području te da im u istom nedostaje iskustva. U intervjuu je sudjelovalo 17 nastavnika i samo je jedna nastavnica imala negativan stav prema primjeni tehnologije virtualne stvarnosti u svojoj učionici. Na kraju istraživanja zaključuje se kako su programi usavršavanja prijeko potrebni želi li se ostvariti potencijal primjene tehnologije virtualne stvarnosti u učionicama, kao i činjenica da nastavnici imaju snažnu želju koristiti informacijsko-komunikacijske tehnologije u nastavi, posebno tehnologiju virtualne stvarnosti, te da imaju snažnu želju dodatno se usavršavati u tom području.

Upotrebu tehnologija virtualne stvarnosti u području sigurnosti na gradilištu proučavali su Chien Pham, Dao, Pedro, Tuan Le, Hussain, Cho i Sik Park (2018). Zaključuju kako su gradilišta najopasnija i najkompliciranija radna mjesta koja mogu rezultirati nesrećama sa smrtnim ishodom, što znači da zahtijevaju kompetentne stručnjake, a s druge strane u obrazovanju budućih građevinara temama sigurnosti ne pridaje se odgovarajuća pozornost. Tradicionalni pedagoški alati ne nude dovoljno mogućnosti za stjecanje praktičnih iskustava u

području sigurnosti na gradilištima te su zbog toga autori razvili inovativni obrazovni alat koji koristi virtualnu stvarnost pružajući nastavnicima dovođenje okružja gradilišta u učionice. Preliminarno testiranje aplikacije pokazalo je kako nastavnici smatraju aplikaciju korisnijom u odnosu na tradicionalnu metodu poučavanja o sigurnosti na gradilištima. Autori kao idući korak ističu potrebu dugoročnoga istraživanja kako bi se mogla realno evaluirati prava kvaliteta metode poučavanja uz korištenje virtualne stvarnosti.

Jang, Ko, Shin i Han (2021) potvrđuju da su stavovi nastavnika prema korištenju tehnologije utjecali na njihove stavove prema korištenju tehnologije virtualne i proširene stvarnosti u obrazovanju. Istraživanje je potvrdilo kako pozitivni stavovi prema tehnologiji virtualne i proširene stvarnosti u nastavi utječu i na njihovo korištenje u nastavnom procesu. Rezultati istraživanja upućuju na to da bi promicanje stavova nastavnika prema korištenju tehnologije imalo pozitivan učinak na veću uporabu tehnologije virtualne i proširene stvarnosti u učionicama.

Profesori su uglavnom pozitivno nastrojeni prema tehnologiji virtualne stvarnosti u obrazovanju, prepoznajući njezin potencijal za obogaćivanje nastave i motivaciju učenika. Međutim, postoji potreba za rješavanjem određenih izazova i prepreka kako bi se učinkovito implementirala ova tehnologija u obrazovni sustav. Stručna usavršavanja, unaprijed pripremljeni laboratoriji i inovativni pedagoški pristupi mogu pomoći u boljem iskorištavanju potencijala tehnologije virtualne stvarnosti u edukaciji.

3. CILJ, PROBLEMI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

Cilj je istraživanja utvrditi faktore korištenja tehnologije virtualne i proširene stvarnosti u visokoškolskom obrazovanju u Republici Hrvatskoj u kontekstu njihova prihvaćanja od studenata i nastavnika koji izvode nastavu.

Parcijalni ciljevi odnose se na:

- utvrđivanje razlika u spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti prema razini poznavanja tehnologije virtualne stvarnosti kod sveučilišnih nastavnika
- utvrđivanje razlika u spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti prema razini poznavanja rada s informacijsko-komunikacijskim tehnologijama kod sveučilišnih nastavnika
- utvrđivanje razlika u stavu o korisnosti korištenja tehnologije virtualne stvarnosti prema razini poznavanja tehnologije virtualne stvarnosti kod sveučilišnih nastavnika
- utvrđivanje razlika u stavu o korisnosti korištenja tehnologije virtualne stvarnosti prema razini poznavanja rada s informacijsko-komunikacijskim tehnologijama kod sveučilišnih nastavnika
- utvrđivanje povezanosti između spremnosti nastavnika na učenje o novim tehnologijama te njihova stava o dostupnosti tehnologije virtualne stvarnosti
- utvrđivanje razlika u spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti prema vrsti studija kod studenata nastavničkih i nenastavničkih studija ili studijskih smjerova
- utvrđivanje razlika u razini poznavanja informacijsko-komunikacijskih tehnologija prema vrsti studija kod studenata nastavničkih i nenastavničkih studija ili studijskih smjerova
- utvrđivanje razlika u spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti prema godini studiranja
- utvrđivanje razlika u razini poznavanja informacijsko-komunikacijskih tehnologija prema godini studiranja
- utvrđivanje razlike u učestalosti korištenja informacijsko-komunikacijskih tehnologija prema vrsti studija kod studenata nastavničkih i nenastavničkih studija ili studijskih smjerova
- utvrđivanje razlike u učestalosti korištenja informacijsko-komunikacijskih tehnologija prema godini studiranja

- utvrđivanje povezanosti između stava studenata o korisnosti i želje za korištenjem tehnologije virtualne stvarnosti u procesu studiranja.

3.1. Problemi i hipoteze istraživanja

P1: Ispitati razlike u spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti kod nastavnika koji imaju više iskustva u radu s informacijsko-komunikacijskim tehnologijama u odnosu na one koji imaju manje iskustva.

H1: Postoji statistički značajna razlika u spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti kod nastavnika koji imaju više iskustva u radu s informacijsko-komunikacijskim tehnologijama u odnosu na one koji imaju manje iskustva. Nastavnici koji imaju više iskustva u radu s informacijsko-komunikacijskim tehnologijama spremniji su na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti od onih koji imaju manje iskustva.

P2: Ispitati razliku u spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti kod nastavnika koji su upoznati s tehnologijom virtualne stvarnosti u odnosu na one koji nisu.

H2: Postoji statistički značajna razlika u spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti kod nastavnika koji su upoznati s tehnologijom virtualne stvarnosti u odnosu na one koji nisu. Nastavnici koji su upoznati s tehnologijom virtualne stvarnosti spremniji su na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti od onih koji nisu upoznati s tom tehnologijom.

P3: Ispitati povezanost između spremnosti nastavnika na učenje o novim tehnologijama koje mogu pomoći studentima u učenju i njihova stava o dostupnosti tehnologije virtualne stvarnosti.

H3: Postoji statistički značajna pozitivna korelacija između spremnosti nastavnika na učenje o novim tehnologijama koje mogu pomoći studentima u učenju i njihova stava o dostupnosti tehnologija virtualne stvarnosti.

P4: Ispitati razliku u spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti studenata koji studiraju na nastavničkim u odnosu na studente koji studiraju na nenastavničkim studijima ili studijskim programima.

H4: Postoji statistički značajna razlika u spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti studenata koji studiraju na nastavničkim u odnosu na studente koji studiraju na nenastavničkim studijima ili studijskim smjerovima. Studenti koji studiraju na nenastavničkim studijima ili studijskim smjerovima spremniji su na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti od onih koji studiraju na nastavničkim studijima ili studijskim smjerovima.

P5: Ispitati povezanost između stava studenata o korisnosti tehnologije virtualne stvarnosti u procesu studiranja i njihove spremnosti za korištenje tehnologije virtualne stvarnosti.

H5: Postoji statistički značajna pozitivna korelacija između stava studenata o korisnosti tehnologije virtualne stvarnosti u procesu studiranja i njihove spremnosti za korištenjem tehnologije virtualne stvarnosti.

4. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

4.1. Uzorak ispitanika-studenti

Ukupno je sudjelovalo 423 studenata odabranih metodom nasumičnoga odabira koji su činili stratificirani uzorak ispitanika prema vrsti studija i prema godini studiranja. U istraživanju su sudjelovali studenti obaju spolova, a istraživanje je bilo anonimno i dobrovoljno.

U istraživanju je sudjelovalo 226 studenata nastavnčkih studija, odnosno studijskih smjerova, ravnomjerno raspoređenih s Učiteljskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Filozofskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu te 197 studenata nenastavnčkih studija, odnosno studijskih smjerova, s Fakulteta organizacije i informatike Sveučilišta u Zagrebu, Filozofskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Tablica 1 prikazuje kako 53,43 % ispitanika koji su sudjelovali u ispunjavanju anketnoga upitnika dolazi s nastavnčkih studija ili studijskih smjerova, dok je 46,57 % ispitanika s nenastavnčkih studija ili studijskih smjerova ispunilo anketni upitnik.

Tablica 1. Klasifikacija ispitanika prema vrsti studija

Klasifikacija ispitanika prema vrsti studija	N	Postotak %
Nastavnčki studij ili studijski smjer	226	53,43
Nenastavnčki studij ili studijski smjer	197	46,57

N = broj sudionika ispitivanja

Tablica 2 prikazuje kako je raspodjela sudionika anketnoga ispitivanja prema godinama studija skoro jednoliki raspoređena. Najviše ispitanika 24,11 % studiralo je u akademskoj godini 2021./2022. na prvoj godini studija, a najmanje 14,89 % na petoj godini studija.

Tablica 2. Klasifikacija ispitanika prema godini studija

Klasifikacija ispitanika prema godini studija	N	Postotak %
Prva godina studija	102	24,11
Druga godina studija	101	23,88
Treća godina studija	72	17,02
Četvrta godina studija	85	20,09
Peta godina studija	63	14,89

N = broj sudionika ispitivanja

4.2. Uzorak ispitanika-nastavnici

U istraživanju je sudjelovao 201 nastavnik obaju spolova. Za potrebe istraživanja nastavnici su bili odabrani metodom nasumičnoga odabira koji su stratificirani prema razini iskustva u radu s informacijsko-komunikacijskim tehnologijama te prema korištenju tehnologije virtualne stvarnosti u nastavnom procesu. Klasifikacija poduzorka nastavnika prema iskustvu u radu s informacijsko-komunikacijskim tehnologijama izvršena je temeljem rezultata anketnih upitnika. Nastavnici su stratificirani u dva poduzorka koji su podijeljeni na one koji imaju više iskustva u radu s informacijsko-komunikacijskim tehnologijama te one koji imaju manje iskustva u radu s informacijsko-komunikacijskim tehnologijama. Također, drugi poduzorak činile su dvije skupine nastavnika i to oni koji se koriste tehnologijom virtualne stvarnosti u nastavnom procesu i oni koji se njome ne koriste.

U istraživanju su sudjelovali nastavnici s Učiteljskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Fakulteta organizacije i informatike Sveučilišta u Zagrebu, Filozofskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i Arhitektonskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Tablica 3 prikazuje kako 52,74 % ispitanika koristi često, dok 47,26 % ne koristi često informacijsko-komunikacijske tehnologije. Ispitanici su u anketnom upitniku mogli odabrati učestalost korištenja prema Likertovoj ljestvici od *više puta dnevno, nekoliko puta tjedno, jednom tjedno, nekoliko puta mjesečno* i *uopće ne koristim*. Od svih rezultata koje su ispitanici odgovorili napravljena je prosječna razina korištenja te su ispitanici čiji su rezultati bili niži od prosječnih svrstani u kategoriju „ne koriste često informacijsko-komunikacijske tehnologije“, a oni čiji su rezultati bili viši od prosjeka u kategoriju „često koriste informacijsko-komunikacijske tehnologije“.

Tablica 3. Klasifikacija ispitanika prema razini iskustva u korištenju informacijsko-komunikacijskih tehnologija

Klasifikacija ispitanika prema razini iskustva u korištenju informacijsko-komunikacijskih tehnologija	N	Postotak %
Često koriste informacijsko-komunikacijske tehnologije	106	52,74
Ne koriste često informacijsko-komunikacijske tehnologije	95	47,26

N = broj sudionika ispitivanja

Tablica 4 prikazuje raspodjelu ispitanika prema razini poznavanja tehnologije virtualne stvarnosti. Rezultati pokazuju kako je 22,89 % ispitanika potpuno upoznato i upoznato s tehnologijom virtualne stvarnosti, a većina, 77,11 % ispitanika nije upoznata i uglavnom nije upoznata s tehnologijom virtualne stvarnosti.

Tablica 4. Klasifikacija ispitanika prema razini poznavanja tehnologija virtualne stvarnosti

Klasifikacija ispitanika prema razini poznavanja tehnologija virtualne stvarnosti	N	Postotak %
Korisnici koji su potpuno upoznati i upoznati s tehnologijom virtualne stvarnosti	46	22,89
Korisnici koji nisu upoznati i uglavnom nisu upoznati s tehnologijom virtualne stvarnosti	155	77,11

N = broj sudionika ispitivanja

Istraživanje je provedeno tijekom ljetnoga semestra akademske godine 2021./2022. i zimskoga semestra akademske godine 2022./2023. od mjeseca svibnja do prosinca. Provođenje istraživanja izvršio je sam autor. Istraživanje je provedeno u skladu s etičkim načelima propisanim Etičkim kodeksom Sveučilišta u Zagrebu sukladno Odluci Etičkoga povjerenstva Učiteljskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Prije početka istraživanja kontaktirane su telefonski ili putem e-pošte uprave visokih učilišta u kojima se provodilo istraživanje te je zatražena suglasnost za sudjelovanje studenata i nastavnika u istraživanju.

4.3. Izbor varijabli za empirijsko istraživanje

Za potrebe ovoga istraživanja konstruirana su dva anketna upitnika i to jedan anketni upitnik za studente i jedan anketni upitnik za nastavnike. Temeljem dosadašnjih istraživanja i anketnih upitnika Antón-Sancho, Fernández-Arias i Vergara (2022), Sancho, Fernández-Arias i Vergara (2023) i Fernández-Arias, Antón-Sancho, Sánchez-Jiménez i Vergara (2023) konstruirani su anketni upitnici korišteni u ovom istraživanju.

Anketni upitnik za nastavnike i studente na početku donosi kratki uvod u istraživanje, cilj istraživanja s objašnjenjem što je to tehnologija virtualne i proširene stvarnosti te je naznačeno vrijeme potrebno za ispunjavanje anketnoga upitnika.

4.3.1. Anketni upitnik za studente

U prvom dijelu anketnoga upitnika za studente ispitivali su se opći podaci o ispitaniku koji su relevantni za istraživanje, kao što su vrsta studija ili studijskoga smjera te godina studiranja. U drugom dijelu anketnoga upitnika ispitivala se *upoznatost i učestalost korištenja (iskustvo korištenja) informacijsko-komunikacijskih tehnologija*. Od ispitanika se tražilo da procjene kompetencije rada u programima za elektroničku poštu, u programu za obradu teksta, programu za tablično računanje, programu za izradu prezentacija, aplikaciji za grupne sastanke mrežne seminare, programu za upravljanje relacijskim bazama podataka, programu za obradu zvuka i slike, internetskom pregledniku te tehnologiji virtualne i proširene stvarnosti. Od ispitanika se tražilo i da procijene učestalost korištenja svakog od navedenih programa ili aplikacija. U trećem su dijelu studenti, na temelju ponuđenih 8 tvrdnji, procjenjivali *spremnost na korištenje i korisnost tehnologije virtualne stvarnosti u visokoškolskom obrazovanju*.

Spremnost za korištenje tehnologije virtualne stvarnosti mjerila se tvrdnjama:

- Spreman/Spremna sam naučiti koristiti nove tehnologije ako će mi to pomoći u učenju
- Želio/Željela bih koristiti virtualnu stvarnost prilikom učenja i tijekom nastave
- Smatram da bi uvođenjem tehnologije virtualne stvarnosti postao bolji student.

Korisnost tehnologije virtualne stvarnosti mjerila se tvrdnjama:

- Smatram da bi me korištenje tehnologije virtualne stvarnosti dodatno motiviralo za učenje i rad
- Smatram da bi me korištenje tehnologije virtualne stvarnosti dodatno zainteresiralo za nastavno gradivo

- Smatram da bih lakše svladao nastavno gradivo uz korištenje tehnologije virtualne stvarnosti
- Smatram da bih mogao kvalitetnije naučiti nastavno gradivo korištenjem tehnologije virtualne stvarnosti.

Studenti su svaku tvrdnju procjenjivali na skali Likertova tipa od 5 stupnjeva (od 1 – u potpunosti se ne slažem do 5 – u potpunosti se slažem).

Koeficijenti pouzdanosti skala anketnoga upitnika za studente o korištenju novih tehnologija u obrazovanju utvrđeni su metodom Chronbachove alphe. Skale su imale koeficijente pouzdanosti iznad 0,90 što je prema (Nunnally i Bernstein, 1994) prihvatljiv koeficijent te se skale smatraju izuzetno visoko pouzdanima i primjerenima za ovu vrstu istraživanja.

Tablica 5. Koeficijenti pouzdanosti anketnoga upitnika za studente

	Prva skala: Spremnost na korištenje VR-a	Druga skala: Korisnost VR-a
Chronbachova alpha α	0,97	0,90

4.3.2. Anketni upitnik za nastavnike

Anketni upitnik za nastavnike sastojao se od tri dijela. U prvom i drugom dijelu anketnoga upitnika nastavnici su procjenjivali svoju *upoznatost s informacijsko-komunikacijskim tehnologijama, učestalost korištenja i iskustvo u korištenju informacijsko-komunikacijskih tehnologija*. Ispitivala se upoznatost rada u programima za elektroničku poštu, programu za obradu teksta, programu za tablično računanje, programu za izradu prezentacija, aplikaciji za grupne sastanke i mrežne sminare, programu za upravljanje relacijskim bazama podataka, programu za obradu zvuka i slike, internetskom pregledniku te tehnologiji virtualne i proširene stvarnosti. Od ispitanika se tražilo i da procijene učestalost korištenja svakog od navedenih programa ili aplikacija.

Nastavnici čija je upoznatost s informacijsko-komunikacijskom tehnologijom bila viša od prosječne i koji su učestalije od prosjeka koristili tu tehnologiju svrstani su u kategoriju nastavnika koji imaju više iskustva u radu s informacijsko-komunikacijskom tehnologijom.

Nastavnici koji su s tom tehnologijom upoznati manje od prosjeka i koji ju koriste rjeđe od prosjeka svrstani su u kategoriju nastavnika koji imaju manje iskustva u radu s informacijsko-komunikacijskom tehnologijom. Navedeni podaci daju prvu skalu: *Iskustvo rada u informacijsko komunikacijskim tehnologijama*.

U trećem dijelu nastavnici su na temelju ponuđenih 14 tvrdnji procjenjivali *spremnost na korištenje virtualne stvarnosti* (druga skala), *spremnost na učenje o novim tehnologijama* (treća skala) i *dostupnost tehnologije virtualne stvarnosti* (četvrta skala).

Spremnost na korištenje virtualne stvarnosti mjerila se tvrdnjama:

- Spreman/Spremna sam naučiti nove tehnologije ako će to pomoći studentima u učenju
- Želio/Željela bih koristiti tehnologiju virtualne stvarnost u nastavnom procesu.

Spremnost na učenje o novim tehnologijama mjerila se tvrdnjama:

- Spreman/Spremna sam naučiti nove tehnologije ako će to pomoći studentima u učenju
- Želio/Željela bih koristiti tehnologiju virtualne stvarnost u nastavnom procesu
- Uvođenjem tehnologije virtualne stvarnosti postao bi kvalitetniji nastavnik.

Dostupnost tehnologije virtualne stvarnosti mjerila se tvrdnjama:

- Moj fakultet bi podržao inicijativu uvođenja tehnologije virtualne stvarnosti u proces poučavanja
- Moj fakultet bi financijski podržao uvođenje tehnologije virtualne stvarnosti
- Tehnologija virtualne stvarnosti vrijedi uloženih financijskih sredstava zbog rezultata koji se mogu postići u nastavnom procesu.

Nastavnici su svaku tvrdnju procjenjivali na skali Likertova tipa od 5 stupnjeva (od 1 – u potpunosti se ne slažem do 5 – u potpunosti se slažem).

Upitnici su sredstvo za prikupljanje podataka o istraživačkim varijablama. S obzirom na kompleksnost operacija pri sastavljanju čestica anketnoga upitnika postavlja se pitanje pouzdanosti. Pri konstruiranju ovakve vrste upitnika potrebno je izračunati koeficijent pouzdanosti za unutarnju konzistentnost među česticama i može se koristiti za procjenu pouzdanosti mjernoga instrumenta.

Koeficijenti pouzdanosti pojedinih skala anketnoga upitnika za nastavnike o korištenju novih tehnologija u obrazovanju utvrđeni su metodom Chronbachove alphe. Skale su pokazale zadovoljavajuću pouzdanost jer se koeficijenti Chronbachove alphe kreću u vrijednostima iznad 0,70 što je prema Nunnally i Bernstein (1994) prihvatljiv koeficijent.

Tablica 6. Koeficijenti pouzdanosti anketnoga upitnika za nastavnike

	Prva skala: Iskustvo u radu s IKT- om	Druga skala: Spremnost na korištenje VR-a	Treća skala: Spremnost na učenje o novim tehnologijama	Četvrta skala: Dostupnost VR-a
Chronbach alpha α	0,76	0,88	0,79	0,80

4.4. Provedba istraživanja

Za metodu prikupljanja podataka korišten je elektronički (*online*) anketni upitnik izrađen pomoću Google obrasca, popularne Google usluge za izradu anketa i upitnika. U Google obrascima konstruirana su dva anketna upitnika, jedan namijenjen studentima i jedan namijenjen nastavnicima na visokoškolskim ustanovama. Ispitanici su samostalno unosili svoje odgovore. Anketni upitnik za studente o korištenju novih tehnologija u obrazovanju sadržavao je pet pitanja, a anketni upitnik za nastavnike tri pitanja.

Ispitanici su na adresu svoje elektroničke pošte dobili poveznicu na anketni upitnik s kratkim tekstom u kojem je objašnjena svrha i cilj istraživanja te su bili zamoljeni da objektivno i iskreno ispune anketni upitnik. U vremenu kad im je to najviše odgovaralo, ispitanici su ispunili anketni upitnik i poslali ga putem *online* Google obrasca koji generira sve primljene odgovore. Završetkom anketiranja svi odgovori su preuzeti i dalje statistički obrađivani.

4.5. Metode obrade podataka

U fazi obrade podataka kod anketnih upitnika korištena je deskriptivna statistika za dobivanje osnovnih statističkih pokazatelja: aritmetička sredina (AS), standardna devijacija (SD), spljoštenost distribucije (KURT) i zakrivljenost distribucije (SKEW).

Za utvrđivanje razlika između poduzoraka nastavnika s više i manje iskustva u radu s informacijsko-komunikacijskim tehnologijama u spremnosti korištenja tehnologije virtualne stvarnosti te poduzorka nastavnika s više ili manje iskustva u radu s informacijsko-komunikacijskim tehnologijama koristila se univarijantna analiza varijance – ANOVA. Razlike u stavu o korisnosti informacijsko-komunikacijskih tehnologija nastavnika u odnosu na razinu poznavanja virtualne stvarnosti i razinu poznavanja informacijsko-komunikacijskih tehnologija provjeravane su univarijantnom analizom varijance – ANOVA. Povezanost između spremnosti nastavnika na učenje o novim tehnologijama koje mogu pomoći studentima u učenju i njihova stava o dostupnosti tehnologije virtualne stvarnosti utvrđivana je Pearsonovim koeficijentom korelacije.

Univarijantnom analizom varijance – ANOVA utvrđivane su razlike u spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti između studenata koji studiraju na nastavničkim i nenastavničkim studijima te prema godini studiranja. Razina poznavanja informacijsko-komunikacijskih tehnologija između studenata koji studiraju na nastavničkim i nenastavničkim studijima te prema godini studiranja provjeravana je univarijantnom analizom varijance – ANOVA. Povezanost između stava studenata o korisnosti tehnologije virtualne stvarnosti u procesu studiranja i njihove želje za korištenjem tehnologije virtualne stvarnosti utvrđivala se Pearsonovim koeficijentom korelacije.

Kako je homoscedasticitet jedan od uvjeta za primjenu analize varijance, na početku je testirana hipoteza da su varijance poduzoraka u pogledu zavisne varijable homogene. Za testiranje homogenosti varijance primijenjen je Levenov test. Statistička značajnost razlika aritmetičkih sredina između skupina utvrđena je pomoću F-vrijednosti. Kod varijabli kod kojih je Levenovim testom utvrđena značajna razlika između varijanci, u daljnjoj analizi razlika koristio se Welch F test koji ne zahtijeva preduvjet o homogenosti varijance.

Statistička značajnost razlika testirana je na razini značajnosti $p < 0,05$. Obrada podataka izvršena je programom STATISTICA version 14.0.0.15., TIBCO Software Inc.

5. REZULTATI

U sljedećim tablicama bit će prikazani osnovni statistički parametri za sva obilježja koja su mjerena u ovom istraživanju.

5.1. Deskriptivna statistika istraživanih varijabli - nastavnici

Rezultati prikazani u tablici 6 prikazuju deskriptivnu statistiku razine iskustva rada s informacijsko-komunikacijskim tehnologijama, spremnost na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti, spremnost na učenje o novim tehnologijama i dostupnost tehnologije virtualne stvarnosti. Iz rezultata je vidljivo kako je razina iskustva rada s informacijsko-komunikacijskim tehnologijama relativno visoka ($AS = 2,91$) s malim varijacijama među sudionicima. Spremnost na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti među sudionicima anketiranja relativno je visoka ($AS = 3,76$) uz umjerenu varijabilnost, kao i spremnost na učenje o novim tehnologijama ($AS = 3,55$). Prosječni stav o dostupnosti tehnologije virtualne stvarnosti relativno je visok ($AS = 3,19$) uz umjerene varijacije među sudionicima. Zbog prirode testa na većim uzorcima, provjerena je asimetričnost i zakrivljenost distribucija. Vrijednosti su unutar granica od -2 do 2 te su uz zadovoljenjem toga kriterija (Tabachnick i Fidel, 2013) istraživane varijable uvrštene u parametrijsku analizu.

Tablica 6. Rezultati deskriptivne analize anketnoga upitnika za nastavnike

Varijable	N	AS \pm SD	Skewness	Kurtosis
Iskustvo rada s informacijsko-komunikacijskim tehnologijama	201	2,91 \pm 0,58	0,21	-0,56
Spremnost na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti	201	3,76 \pm 1,06	-1,24	1,42
Spremnost na učenje o novim tehnologijama	201	3,55 \pm 1,03	-0,99	1,02
Dostupnost tehnologije virtualne stvarnosti	201	3,19 \pm 0,96	-0,43	0,13

Rezultati prikazani u tablici 7 prikazuju razinu poznavanja različitih informacijsko-komunikacijskih tehnologija, točnije programskih rješenja koja se mogu koristiti u svakodnevnom radu za 201 nastavnika koji je sudjelovao u istraživanju. Iz rezultata je vidljivo kako je prosječna razina poznavanja rada s elektroničkom poštom ($AS = 3,75$) te među svim ponuđenim informacijsko-komunikacijskim tehnologijama ima najveću razinu poznavanja.

Prema razini poznavanja sljedeći su internetski preglednici s rezultatom (AS = 3,70). Rezultati su pokazali kako je razina poznavanja rada s programom za obradu teksta (AS = 3,59), a razina poznavanja rada s programom za tablično računanje (AS = 3,34). Najslabije su rezultate ispitanici pokazali u razini poznavanja rada s tehnologijom proširene stvarnosti (AS = 1,88) te tehnologijom virtualne stvarnosti (AS = 1,96) i programom za upravljanje relacijskim bazama podataka (AS = 1,96).

Tablica 7. Rezultati deskriptivne analize razine poznavanja informacijsko-komunikacijskih tehnologija

Varijable	N	AS±SD
Razina poznavanja rada s programom za elektroničku poštu	201	3,75 ± 0,48
Razina poznavanja rada s programom za obradu teksta	201	3,59 ± 0,55
Razina poznavanja rada s programom za tablično računanje	201	3,34 ± 0,81
Razina poznavanja rada s programom za izradu prezentacija	201	3,05 ± 0,88
Razina poznavanja rada s aplikacijom za grupne sastanke i mrežne seminare	201	2,88 ± 1,06
Razina poznavanja rada s programom za upravljanje relacijskim bazama podataka	201	1,96 ± 1,02
Razina poznavanja rada s programom za obradu zvuka i slike	201	2,28 ± 0,99
Razina poznavanja rada s internetskim preglednikom	201	3,70 ± 0,55
Razina poznavanja rada s tehnologijom virtualne stvarnosti	201	1,96 ± 0,89
Razina poznavanja rada s tehnologijom proširene stvarnosti	201	1,88 ± 0,89

Rezultati prikazani u tablici 8 prikazuju razinu učestalosti korištenja različitih informacijsko-komunikacijskih tehnologija za koje je već izmjerena razina poznavanja. Iz rezultata je vidljivo kako nastavnici najučestalije koriste internetski preglednik (AS = 4,58). Među najčešće korištenim programskim rješenjima na drugom je mjestu razina poznavanja rada za elektroničku poštu (AS = 4,51) te program za obradu teksta (AS = 4,35). Prethodna tablica pokazala je gotovo identičan poredak razine poznavanja i učestalosti korištenja pojedinih informacijsko-komunikacijskih tehnologija. Rezultati pokazuju kako najnižu učestalost korištenja imaju tehnologija proširene stvarnosti (1,39), tehnologija virtualne stvarnosti (AS =

1,47) i program za upravljanje relacijskim bazama podataka (AS = 1,61). Isti poredak pokazali su rezultati najmanje razine poznavanja informacijsko-komunikacijskih tehnologija.

Tablica 8. Rezultati deskriptivne analize razine učestalosti korištenja informacijsko-komunikacijskih tehnologija

Varijable	N	AS ± SD
Razina učestalosti korištenja elektroničke pošte	201	4,51±1,11
Razina učestalosti korištenja programa za obradu teksta	201	4,35±0,93
Razina učestalosti korištenja programa za tablično računanje	201	3,17±1,28
Razina učestalosti korištenja programa za izradu prezentacija	201	3,23±1,12
Razina učestalosti korištenja aplikacije za grupne sastanke i mrežne seminare	201	2,74±1,22
Razina učestalosti korištenja programa za upravljanje relacijskim bazama podataka	201	1,61±1,02
Razina učestalosti korištenja programa za obradu zvuka i slike	201	1,84±1,05
Razina učestalosti korištenja internetskih preglednika	201	4,58±1,10
Razina učestalosti korištenja tehnologije virtualne stvarnosti	201	1,47±0,79
Razina učestalosti korištenja tehnologije proširene stvarnosti	201	1,39±0,73

5.2. Razlike u spremnosti korištenja tehnologije virtualne stvarnosti kod nastavnika s obzirom na iskustvo rada u informacijsko-komunikacijskim tehnologijama

Prvi problem istraživanja bio je ispitati razlike u spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti kod nastavnika koji imaju više iskustva u radu s informacijsko-komunikacijskim tehnologijama u odnosu na one koji imaju manje iskustva. Očekivalo se kako postoji statistički značajna razlika u spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti kod nastavnika koji imaju više iskustva u radu s informacijsko-komunikacijskim tehnologijama u odnosu na one koji imaju manje iskustva, na način da su nastavnici koji imaju više iskustva u radu s informacijsko-komunikacijskim tehnologijama spremniji na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti od onih koji imaju manje iskustva.

U tablici 9 prikazani su rezultati Levenova testa za testiranje jednakosti varijanci u analizi varijance. Rezultati pokazuju statističku značajnost te se u daljnjoj obradi za utvrđivanje razlika koristila Welch analiza varijance (ANOVA) koja ne zahtijeva preduvjet o traženoj homogenosti varijanci.

Tablica 9. Rezultati Levenova testa za procjenu homogenosti varijance kod utvrđivanja spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti

Spremnost na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti	F-vrijednost	p-razina
	8,37	0,00

F = koeficijent analize varijance; p = razina statističke značajnosti

Promatrajući rezultate Welch analize varijance (ANOVA) u tablici 10, vidljivo je da ne postoji statistički značajna razlika u spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti među nastavnicima koji imaju manju razinu iskustva u odnosu na one koji imaju višu razinu iskustva informacijsko-komunikacijskih tehnologija ($p = 0,08$).

Tablica 10. Rezultati analize varijance/Welch F test za utvrđivanje spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti

Spremnost na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti	Više iskustva u radu s IKT-om	Manje iskustva u radu s IKT-om	F	p
	AS/SD	AS/SD		
	3,21 ± 0,59	3,09 ± 0,38	3,15	0,08

*AS-aritmetička sredina; SD-standardna devijacija; F-Welch F vrijednost; p = Welch vrijednost; *na razini pogreške $p < 0,05$*

Dakle, hipoteza da nastavnici koji imaju više iskustva u radu s informacijsko-komunikacijskim tehnologijama spremniji na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti od nastavnika koji imaju manje iskustva u radu s informacijsko-komunikacijskim tehnologijama nije potvrđena.

5.3. Razlike u spremnosti korištenja tehnologije virtualne stvarnosti kod nastavnika s obzirom na razinu poznavanja tehnologije virtualne stvarnosti

Drugi problem istraživanja bio je ispitati razlike u spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti kod nastavnika koji su upoznati s tehnologijom virtualne stvarnosti u odnosu na one koji nisu. Očekivalo se kako postoji statistički značajna razlika u spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti kod nastavnika koji su upoznati s tehnologijom virtualne stvarnosti u odnosu na one koji nisu na način da su nastavnici koji su upoznati s tehnologijom virtualne stvarnosti spremniji su na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti od onih koji nisu upoznati s tom tehnologijom.

U tablici 11 prikazani su rezultati Levenova testa za testiranje jednakosti varijanci u analizi varijance. Rezultati pokazuju statističku značajnost te se u daljnjoj obradi za utvrđivanje razlika koristila Welch analiza varijance (ANOVA) koja ne zahtijeva preduvjet o traženoj homogenosti varijanci.

Tablica 11. Rezultati Levenova testa za procjenu homogenosti varijance kod utvrđivanja spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti

Spremnost na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti	F	p
	7,08	0,01

F = koeficijent analize varijance; p = razina statističke značajnosti

Promatrajući rezultate Welch analize varijance (ANOVA) u tablici 12, vidljivo je da ne postoji statistički značajna razlika u spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti među nastavnicima koji imaju manju razinu poznavanja u odnosu na one koji imaju višu razinu poznavanja tehnologije virtualne stvarnosti ($p = 0,69$).

Tablica 12. Rezultati analize varijance/Welch F test za utvrđivanje spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti

Spremnost na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti	Viša razina poznavanja VR-a	Niža razina poznavanja VR-a	F	p
	M/SD	M/SD		
	3,13±0,43	3,22 ± 0,70	0,16	0,69

*AS-aritmetička sredina; SD-standardna devijacija; F-Welch F vrijednost; p = Welch vrijednost; *na razini pogreške $p < 0,05$*

Dakle, hipoteza da su nastavnici koji su upoznati s tehnologijom virtualne stvarnosti spremniji na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti od onih koji nisu upoznati s tom tehnologijom nije potvrđena.

5.4. Rezultati povezanosti između spremnosti nastavnika na učenje o novim tehnologijama te njihova stava o dostupnosti tehnologije virtualne stvarnosti

Treći problem istraživanja bio je ispitati povezanost između spremnosti nastavnika na učenje o novim tehnologijama koje mogu pomoći studentima u učenju i njihova stava o dostupnosti tehnologije virtualne stvarnosti. Očekivalo se kako postoji statistički značajna pozitivna korelacija između spremnosti nastavnika na učenje o novim tehnologijama koje mogu pomoći studentima u učenju i njihova stava o dostupnosti tehnologije virtualne stvarnosti.

Utvrđivanje povezanosti između spremnosti nastavnika na učenje o novim tehnologijama te njihova stava o dostupnosti tehnologije virtualne stvarnosti provjerena je Pearsonovim koeficijentom korelacije. Rezultati u tablici 13 pokazuju da na razini značajnosti od $p < 0,05$ postoji statistički značajna pozitivna povezanost svih analiziranih varijabli koje se utvrđuju između spremnosti nastavnika na učenje o novim tehnologijama koje će pomoći studentima u učenju i njihova stava o dostupnosti tehnologije virtualne stvarnosti. Rezultati koeficijenta korelacije pokazuju visoke vrijednosti, što znači da je povezanost visoka (Matijević, Bilić i Opić, 2016).

Tablica 13. Rezultati povezanosti između spremnosti nastavnika na učenje o novim tehnologijama te njihova stava o dostupnosti tehnologije virtualne stvarnosti

	Stav o dostupnosti tehnologije virtualne stvarnosti
Spremnost nastavnika na učenje o novim tehnologijama	0,70*

**na razini pogreške $p < 0,05$*

Dakle, hipoteza da postoji statistički značajna pozitivna povezanost između spremnosti nastavnika na učenje o novim tehnologijama koje će pomoći studentima u učenju i njihova stava o dostupnosti tehnologije virtualne stvarnosti je potvrđena.

5.5. Deskriptivna statistika istraživanih varijabli kod studenata

Rezultati prikazani u tablici 14 prikazuju razinu korisnosti tehnologije virtualne stvarnosti i spremnost na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti kod studenata, sudionika istraživanja.

Prosječna percipirana korisnost tehnologije virtualne stvarnosti je iznad aritmetičke sredine (AS = 3,25), s prilično visokom varijabilnošću među sudionicima (SD = 1,17). Prosječna spremnost za korištenje tehnologije virtualne stvarnosti također je iznad sredine (AS = 3,38), s visokom varijabilnošću među sudionicima (SD = 1,20). Navedeno upućuje da sudionici imaju različite stavove o korisnosti tehnologije virtualne stvarnosti te različite stavove o spremnosti na korištenje te tehnologije. Vrijednosti su unutar granica od -2 do 2 te su uz zadovoljenje toga kriterija (Tabachnick i Fidel, 2013) istraživane varijable uvrštene u parametrijsku analizu.

Tablica 14. Rezultati deskriptivne analize anketnoga upitnika za studente

Varijable	N	AS ± SD	Skewness	Kurtosis
Korisnost tehnologije virtualne stvarnosti	423	3,25±1,17	-0,43	-0,62
Spremnost na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti	423	3,38±1,20	-0,55	-0,63

Rezultati prikazani u tablici 15 prikazuju razinu poznavanja različitih informacijsko-komunikacijskih tehnologija, točnije programskih rješenja koja se mogu koristiti u svakodnevnom radu na ispitivanom uzorku studenata. Studenti su najviše upoznati s internetskim preglednikom (AS = 3,90), a vrlo sličan rezultat pokazuje i razina poznavanja rada s programom za elektroničku poštu (AS = 3,86). Rezultati pokazuju kako je razina poznavanja rada s programom za izradu prezentacija na trećem mjestu (AS = 3,79), a potom slijedi program za obradu teksta (AS = 3,59) i aplikacija za grupne sastanke i mrežne seminare (AS = 3,38). Ispitanici najslabije poznaju tehnologiju za proširenu stvarnost (AS = 2,08), program za upravljanje relacijskim bazama podataka (AS = 2,24) i tehnologiju virtualne stvarnosti (AS = 2,28).

Tablica 15. Rezultati deskriptivne analize razine poznavanja informacijsko-komunikacijskih tehnologija

Varijable	N	AS±SD
Razina poznavanja rada s programom za elektroničku poštu	423	3,86±0,36
Razina poznavanja rada s programom za obradu teksta	423	3,59±0,61
Razina poznavanja rada s programom za tablično računanje	423	3,06±0,82
Razina poznavanja rada s programom za izradu prezentacija	423	3,79±0,44
Razina poznavanja rada s aplikacijom za grupne sastanke i mrežne seminare	423	3,38±0,67
Razina poznavanja rada s programom za upravljanje relacijskim bazama podataka	423	2,24±0,91
Razina poznavanja rada s programom za obradu zvuka i slike	423	2,63±0,88
Razina poznavanja rada s internetskim preglednikom	423	3,90±0,33
Razina poznavanja rada s tehnologijom virtualne stvarnosti	423	2,28±0,96
Razina poznavanja rada s tehnologijom proširene stvarnosti	423	2,08±0,94

Kod mjerenja razine učestalosti korištenja različitih informacijsko-komunikacijskih tehnologija čiji su rezultati prikazani u tablici 16, prikazano je kako studenti najučestalije koriste internetski preglednik (AS = 4,94), potom elektroničku poštu (AS = 4,53) i na trećem mjestu program za obradu teksta (AS = 3,61). Najrjeđe se koriste tehnologijom proširene stvarnosti (AS = 1,55), tehnologijom virtualne stvarnosti (AS = 1,62) i programom za upravljanje relacijskim bazama podataka (AS = 1,70).

Tablica 16. Rezultati deskriptivne analize razine učestalosti korištenja informacijsko-komunikacijskih tehnologija

Varijable	N	AS±SD
Razina učestalosti korištenja elektroničke pošte	423	4,53±0,72
Razina učestalosti korištenja programa za obradu teksta	423	3,61±1,05
Razina učestalosti korištenja programa za tablično računanje	423	2,26±1,21
Razina učestalosti korištenja programa za izradu prezentacija	423	2,72±0,98
Razina učestalosti korištenja aplikacije za grupne sastanke i mrežne seminare	423	3,22±1,30
Razina učestalosti korištenja programa za upravljanje relacijskim bazama podataka	423	1,70±1,02
Razina učestalosti korištenja programa za obradu zvuka i slike	423	2,07±1,11
Razina učestalosti korištenja internetskih preglednika	423	4,94±0,40
Razina učestalosti korištenja tehnologije virtualne stvarnosti	423	1,62±1,07
Razina učestalosti korištenja tehnologije proširene stvarnosti	423	1,55±0,97

Razlike između studenata u nastavničkim i nenastavničkim studijima u spremnosti za korištenje tehnologije virtualne stvarnosti

Četvrti problem istraživanja bio je ispitati razliku u spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti studenata koji studiraju na nastavničkim studijima u odnosu na studente koji studiraju na nenastavničkim studijima ili studijskim programima. Očekivalo se kako postoji statistički značajna razlika u spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti studenata koji studiraju na nastavničkim studijima u odnosu na studente koji studiraju na nenastavničkim studijima ili studijskim smjerovima na način da su studenti koji studiraju na nenastavničkim studijima spremniji na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti od onih koji studiraju na nastavničkim studijima ili studijskim smjerovima.

U tablici 17 prikazani su rezultati Levenova testa za testiranje jednakosti varijanci u analizi varijance. Vidljivo je da test ne pokazuje statističku značajnost kod provjeravane varijable te se u daljnjoj obradi za utvrđivanje razlika koristila analiza varijance.

Tablica 17. Rezultati Levenova testa za procjenu homogenosti varijance kod utvrđivanje spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti u odnosu na vrstu studija

	F-vrijednost	p-razina
Spremnost na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti	2,20	0,14

F = koeficijent analize varijance; p = razina statističke značajnosti

Promatrajući rezultate analize varijance (ANOVA) u tablici 18, vidljivo je da ne postoji statistička značajnost između spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti među studentima koji studiraju na nastavničkim studijima u odnosu na one koji studiraju na nenastavničkim studijima ili studijskim programima.

Tablica 18. Rezultati analize varijance (ANOVA) za utvrđivanje spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti u odnosu na vrstu studija

Spremnost na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti	Nastavnički studiji ili studijski programi	Nenastavnički studiji ili studijski programi	F	p
	AS/SD	AS/SD		
	3,25 ± 1,08	3,21 ± 1,13	0,08	0,78

AS = aritmetička sredina; SD = standardna devijacija; F = koeficijent analize varijance; p = razina statističke značajnosti; na razini $p = 0,05^$*

Dakle, četvrta hipoteza da su studenti koji studiraju na nenastavničkim studijima ili studijskim programima spremniji na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti od onih koji studiraju na nastavničkim studijima ili studijskim programima nije potvrđena.

5.6. Povezanost između stava studenata o korisnosti i njihove spremnosti za korištenje tehnologije virtualne stvarnosti u procesu studiranja

Peti problem istraživanja bio je ispitati povezanost između stavova studenata o korisnosti tehnologije virtualne stvarnosti u procesu studiranja i njihove spremnosti za korištenje tehnologije virtualne stvarnosti. Očekivalo se kako postoji statistički značajna pozitivna korelacija između stava studenata o korisnosti tehnologije virtualne stvarnosti u procesu studiranja i njihove spremnosti za korištenje tehnologije virtualne stvarnosti.

Utvrđivanje povezanosti između stava studenata o korisnosti i spremnosti za korištenje tehnologije virtualne stvarnosti u procesu studiranja provjerena je Pearsonovim koeficijentom korelacije. Rezultati u tablici 19 pokazuju da na razini značajnosti od $p < 0,05$ postoji statistički značajna pozitivna povezanost između varijabli koje procjenjuju stavove studenata o korisnosti i želje za korištenjem tehnologije virtualne stvarnosti u procesu studiranja. Rezultati koeficijenta korelacije pokazuju visoke vrijednosti, što znači da je povezanost visoka i vrlo visoka (Matijević, Bilić i Opić, 2016).

Tablica 19. Rezultati povezanosti između stava studenata o korisnosti i želje za korištenjem tehnologije virtualne stvarnosti u procesu studiranja

	Želja za korištenjem tehnologije virtualne stvarnosti
Stav studenata o korisnosti tehnologije virtualne stvarnosti	0,90*

Dakle, hipoteza da postoji statistički značajna pozitivna povezanost između varijabli koje procjenjuju stavove studenata o korisnosti i želje za korištenjem tehnologije virtualne stvarnosti u procesu studiranja je potvrđena. Zaključuje se da što studenti više vjeruju u korisnost tehnologije virtualne stvarnosti to su ju spremniji koristiti.

6. RASPRAVA

Među brojnim faktorima koji utječu na potencijalno korištenje tehnologije virtualne stvarnosti u visokoškolskom obrazovanju u Republici Hrvatskoj, među značajnijima su svakako spremnost nastavnika i studenata na rad s novim tehnologijama, prethodno poznavanje rada u informacijsko-komunikacijskim tehnologijama općenito, prethodno iskustvo rada u tehnologiji virtualne stvarnosti te želja za primjenom inovativnih tehnoloških rješenja u radu i poučavanju te korištenje takvih tehnologija u procesu studiranja.

Rezultati deskriptivne analize razine poznavanja različitih informacijsko-komunikacijskih tehnologija kod anketiranih studenata i nastavnika pokazuju kako najvišu razinu poznavanja sudionici ankete izražavaju za gotovo ista programska rješenja. Rezultati pokazuju kako su studenti najviše upoznati s internetskim preglednikom, a drugo mjesto zauzima program za elektroničku poštu. Kod anketiranih nastavnika prvo mjesto zauzima elektronička pošta, a drugo internetski preglednik. Internetski preglednik i elektronička pošta nezaobilazni su alati za komuniciranje, istraživanje i učenje u visokoškolskom obrazovanju u Republici Hrvatskoj te su sukladno tome rezultati za ove programske aplikacije i očekivani.

Rezultati učestalosti korištenja različitih informacijsko-komunikacijskih tehnologija gotovo u potpunosti prate rezultate poznavanja različitih informacijsko-komunikacijskih tehnologija. Studenti najučestalije koriste internetski preglednik i elektroničku poštu, a iste programe najučestalije koriste i nastavnici; internetski preglednik i elektroničku poštu. Razina učestalosti i poznavanja informacijsko-komunikacijskih tehnologija daju gotovo identične rezultate, što je i u skladu s očekivanjima ovoga istraživanja.

Banek Zorica i Ivanjko (2012) navode kako je elektronička pošta jedna od najčešće korištenih internetskih usluga, a koristi ju 96 % studenata. Dukić i Mađarić (2012) u istraživanju provedenom na uzorku od 388 studenata potvrđuju kako je većina studenata koristila elektroničku poštu za komunikaciju s nastavnicima (71,4 %), što podrazumijeva da su upoznati s tom tehnologijom, a što je potvrđeno i ovim istraživanjem. Šimić (2022) ispituje spremnost učitelja za korištenje informacijsko-komunikacijske tehnologije u nastavi. Na uzorku od 101 ispitanika, koji su činili učitelji razredne i predmetne nastave osnovnih škola, potvrdili su kako učitelji smatraju da su najviše stručni u korištenju elektroničke pošte ($M = 4,49$).

Rezultati najniže razine poznavanja različitih informacijsko-komunikacijskih tehnologija isto tako su gotovo identični kod obje kategorije ispitanika. Studenti najslabije poznaju tehnologiju

za proširenu stvarnost, program za upravljanje relacijskim bazama podataka te tehnologiju virtualne stvarnosti, a nastavnici rad s tehnologijom proširene stvarnosti, tehnologijom virtualne stvarnosti i programom za upravljanje relacijskim bazama podataka.

Studenti najrjeđe koriste tehnologiju proširene stvarnosti i tehnologiju virtualne stvarnosti, a iste rezultate pokazali su i anketirani nastavnici. Najrjeđe koriste tehnologiju proširene stvarnosti i tehnologiju virtualne stvarnosti.

Istraživanje Vukšan i Krstinić (2020) potvrđuje kako velika većina (92 %) studenata zna što je virtualna i proširena stvarnost, ali samo 20 % ispitanika koristi tu tehnologiju u svakodnevnom životu i to ponajviše za razonodu i igranje videoigara. U odnosu na rezultate istraživanja Vukšan i Krstinić (2020), ovo istraživanje pokazalo je kako više puta dnevno tehnologiju virtualne stvarnosti koristi samo 3,78 % studenata, a nekoliko puta tjedno 5,44 % studenata. Tehnologiju proširene stvarnosti svakodnevno koristi još manji postotak studenata, samo 2,13%, a nekoliko puta tjedno 4,3 %. Vukšan i Krstinić (2020) zaključuju kako je samo 4 od 80 studenata (5 %) imalo do sada iskustvo korištenja tehnologije virtualne i proširene stvarnosti u nastavi. U odnosu na njihove rezultate, ovo je istraživanje pokazalo kako je 11,52 % studenata potpuno upoznato s tehnologijom virtualne stvarnosti, a s tehnologijom proširene stvarnosti 8,51 % studenata. Nisku razinu poznavanja i korištenja tehnologije virtualne stvarnosti pokazala je sličnost u rezultatima u oba istraživanja.

6.1. Spremnost nastavnika za korištenje tehnologije virtualne stvarnosti

Rezultati istraživanja pokazali su kako ne postoji statistički značajna razlika u spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti među nastavnicima koji imaju manju razinu poznavanja u odnosu na one koji imaju višu razinu poznavanja informacijsko-komunikacijskih tehnologija.

Prema dobivenim rezultatima istraživanja ne može se prihvatiti prva hipoteza koja nije utvrdila postojanje statistički značajne razlike u spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti nastavnika koji imaju više iskustva u radu s informacijsko-komunikacijskim tehnologijama u odnosu na nastavnike koji imaju manje iskustva u radu s tim tehnologijama. Interes nastavnika, točnije njihova spremnost na korištenje novih tehnologija, u ovom slučaju tehnologije virtualne stvarnosti očito ne ovisi o poznavanju drugih informacijsko-komunikacijskih tehnologija. Takav zaključak pridonosi uvođenju novih tehnologija u visokoškolsko obrazovanje jer podrazumijeva da su nastavnici spremni na njihovo korištenje bez obzira na ranija predznanja. Naravno, ta činjenica obvezuje da se metodologija uvođenja tehnologije virtualne stvarnosti mora pažljivo i pomno razraditi, kako nastavnici zbog nedovoljnog predznanja ne bi izgubili motivaciju za uporabom tim tehnologijama.

Isto tako, rezultati ukazuju kako ne postoji statistički značajna razlika u spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti među nastavnicima koji imaju manju razinu poznavanja u odnosu na one koji imaju višu razinu poznavanja tehnologije virtualne stvarnosti.

Rezultati anketiranih nastavnika u skladu su s očekivanjima jer je deskriptivna analiza pokazala izuzetno mali broj nastavnika koji poznaje tehnologiju virtualne stvarnosti, točnije, prosječna razina poznavanja rada s tehnologijom virtualne stvarnosti pokazala je izrazito nisku ocjenu.

Jedan od razloga zašto spremnost na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti ne ovisi ni o razini prethodnoga poznavanja drugih informacijsko-komunikacijskih tehnologija ni tehnologije virtualne stvarnosti moguće je pronaći u istraživanju Antón-Sancho, Fernández-Arias i Vergara (2022). Na uzorku od 623 sveučilišna nastavnika, autori utvrđuju kako nastavnici prepoznaju da tehnologija virtualne stvarnosti ima visoke tehničke i didaktičke potencijale u visokoškolskom obrazovanju. Istraživanjem je utvrđeno da takvi stavovi ne ovise o „digitalnoj dobi“ nastavnika. Informacije o visokom tehničkom i didaktičkom potencijalu tehnologije virtualne stvarnosti mogući su razlog zašto su sudionici i ovoga istraživanja, bez obzira na prethodna predznanja, spremni koristiti tu tehnologiju u svojem radu. Činjenica da ne postoji razlika u stavu o spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti, bez obzira

radi li se o nastavnicima koji su rođeni u razdoblju primjene modernih informacijsko-komunikacijskih tehnologija ili su kasnije u svojem životu počeli primjenjivati te tehnologije, implicira uspješnost i spremnost na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti kod svih nastavnika u sustavu visokoškolskoga obrazovanja.

George, Anastasios, Dimitrios i Christos (2022) ispituju čimbenike koji utječu na korištenje tehnologije proširene stvarnosti budućih i trenutačnih učitelja. Podatci prikupljeni od 137 budućih i 169 trenutačnih učitelja pokazuju kako će učitelji koji imaju pozitivan stav prema tehnologiji proširene stvarnosti i smatraju ju korisnom u nastavnom procesu pokazati veću pozitivnu percepciju o njezinu korištenju.

Ipak, neka su istraživanja zabilježila razlike u stavovima kod različitih grupa nastavnika. Antón-Sancho, Fernández-Arias i Vergara (2023) utvrđuju kako nastavnici u Meksiku daju vrlo visoke ocjene didaktičkoj vrijednosti, točnije, primjenjivosti tehnologije virtualne stvarnosti na predavanjima, bez obzira na to što nemaju digitalne vještine potrebne za njezino korištenje. Nastavnici humanističkih znanosti najlošije ocjenjuju tehnologiju virtualne stvarnosti, dok stručnjaci za tehničko obrazovanje ovom alatu daju najviše ocjene. Razlike u stavovima o tehnologiji virtualne stvarnosti pojavljuju se i prema spolu nastavnika i prema digitalnoj generaciji kojoj nastavnici pripadaju, točnije, prema tome jesu li rođeni u doba korištenja modernih informacijsko-komunikacijskih tehnologija (digitalni urođenici) ili su tehnologiju susreli kasnije tijekom svojega života (digitalni pridošlice). Konkretno, među nastavnicima inženjerstva muškarci daju više ocjene od žena i po tehničkim karakteristikama i po didaktičkoj primjenjivosti, dok u humanističkim znanostima žene ocjenjuju didaktičku upotrebu tehnologije virtualne stvarnosti višom od muškaraca. Među nastavnicima humanističkih znanosti, društvenih znanosti i inženjerstva, nastavnici koji su tzv. digitalni pridošlice više cijene didaktičku primjenjivost tehnologije virtualne stvarnosti, dok su u prirodnim i zdravstvenim znanostima digitalni urođenici skloniji korištenju ovih tehnologija u razvoju svojih predavanja.

Fernández-Arias, Antón-Sancho, Sánchez-Jiménez i Vergara (2023) na uzorku od 606 nastavnika utvrđuju kako postoje značajne razlike u ocjenama tehničkoga i uporabnoga znanja korištenja tehnologije virtualne stvarnosti između nastavnika iz područja zdravstvenih znanosti u odnosu na nastavnike inženjerskih znanosti. Nastavnici obaju područja daju visoke ocjene (iznad 4 od 5) na didaktičke dimenzije virtualne stvarnosti, a srednje ocjene (između 3 i 4 od 5) na nedostatke te tehnologije. Nije pronađena ni statistički značajna razlika u digitalnim

kompetencijama za korištenje tehnologije virtualne stvarnosti između nastavnika obaju područja.

Eickelmann i Vennemann (2017) dijele nastavnike u pet različitih skupina prema stajalištu o korištenju informacijsko-komunikacijskih tehnologija u učionici: entuzijasti, djelomični entuzijasti, učitelji usredotočeni na informacije, djelomično sumnjičavi s određenom nadom i apsolutno sumnjičavi koji izražavaju odbacivanje informacijsko-komunikacijske tehnologije. Potencijal uvođenja informacijsko-komunikacijskih tehnologija u nastavni proces mjere brojem entuzijasta i djelomičnih entuzijasta u odnosu na one koji odbacuju korištenje tehnologije. Korištenje informacijsko-komunikacijskih tehnologija najviše odbijaju nastavnici u starijoj dobnoj skupini. Četiri od deset nastavnika starijih od 50 godina izražava apsolutnu sumnju prema korisnosti informacijsko-komunikacijskih tehnologija u nastavnom procesu.

Usprkos razlici u stavovima kod nastavnika određenih područja znanosti, istraživanja potvrđuju kako postoji spremnost na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti bez obzira na razinu znanja i iskustva o informacijsko-komunikacijskim tehnologijama općenito i tehnologije virtualne stvarnosti. Isto tako, bez obzira na digitalnu dob nastavnika, točnije, bez obzira jesu li se rodili u doba kada su moderne informacijsko-komunikacijske tehnologije dio svakodnevice ili su ih počeli koristiti kasnije tijekom života, nastavnici su spremni koristiti tehnologiju virtualne stvarnosti. Takvi stavovi nastavnika proizlaze iz činjenice da nastavnici prepoznaju visoke tehničke i didaktičke potencijale tehnologije virtualne stvarnosti u visokoškolskom obrazovanju.

Shodno dobivenim rezultatima može se zaključiti da se ne prihvaća druga hipoteza istraživanja jer nije utvrđeno postojanje statistički značajne razlike u spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti kod nastavnika koji su upoznati s tehnologijom virtualne stvarnosti u odnosu na one koji nisu.

6.2. Povezanost između spremnosti nastavnika na učenje o novim tehnologijama i njihova stava o dostupnosti tehnologije virtualne stvarnosti

Istraživanjem se utvrdilo kako postoji statistički značajna pozitivna povezanost između spremnosti nastavnika na učenje o novim tehnologijama koje mogu pomoći studentima u svladavanju nastavnoga gradiva te njihova stava o dostupnosti tehnologije virtualne stvarnosti. Rezultati koeficijenta korelacije pokazuju relativno visoke vrijednosti što znači da je povezanost umjerena. Istraživanje Khukalenka i Kaplan-Rakowski (2021) na uzorku od 20876 nastavnika u Rusiji utvrđuju umjereno pozitivnu percepciju uporabe tehnologije virtualne stvarnosti u nastavi i učenju i činjenicu da 37 % sudionika istraživanja nikada nije koristilo tu tehnologiju u učionici. Rezultati istraživanja otkrili su pozitivnu korelaciju između učestalosti korištenja tehnologije virtualne stvarnosti i razine njezine integracije u obrazovni sustav, ali i da samo znanje o tehnologiji virtualne stvarnosti ne mora nužno dovesti do njezine stvarne uporabe i integracije u razredu. Važnije je upoznavanje s tehnologijom i razumijevanje procesa njezina integriranja u nastavni proces. Tek tada će nastavnici biti spremni koristiti tehnologiju virtualne stvarnosti češće i kreativnije. Rezultati istraživanja Khukalenko i Kaplan-Rakowski (2021) u skladu su s rezultatima ovoga istraživanja. Spremnost nastavnika na učenje o novim tehnologijama pozitivno korelira sa stavom o dostupnosti tehnologija virtualne stvarnosti. Spremnost i dostupnost nisu jedini čimbenici koji će omogućiti korištenje tehnologije virtualne stvarnosti u visokoškolskim institucijama. Bitan je čimbenik i dodatno upoznavanje s didaktičkim vrijednostima i načinima korištenja te tehnologije.

Temeljem provedenih analiza istraživanja može se prihvatiti treća hipoteza prema kojoj postoji statistički značajna pozitivna korelacija između spremnosti nastavnika na učenje o novim tehnologijama koje mogu pomoći studentima u učenju i njihova stava o dostupnosti tehnologija virtualne stvarnosti.

6.3. Spremnost studenata za korištenje tehnologije virtualne stvarnosti

Rezultati istraživanja pokazali su kako ne postoji statistički značajna razlika između spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti među studentima koji studiraju na nastavničkim u odnosu na one koji studiraju na nenastavničkim studijima ili studijskim smjerovima.

Isto tako rezultati ukazuju kako ne postoji statistički značajna razlika između spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti među studentima prema godini studiranja.

Istraživanje Domingo i Bradley (2017) potvrđuje kako većina studenata (52 %) nakon korištenja virtualne stvarnosti ima pozitivnu percepciju o virtualnoj stvarnosti, a otprilike pola sudionika istraživanja promijenilo je mišljenje iz negativnoga u pozitivno. Nitko od studenata nije izjavio kako je promijenio mišljenje iz pozitivnoga u negativno, što znači da su studenti nakon prvog korištenja spremni nadalje koristiti tehnologije virtualne stvarnosti.

Tehnologiju virtualne stvarnosti poznaje i koristi mali broj studenata hrvatskoga visokoškolskog obrazovanja, što je najvjerojatnije razlog zašto nije utvrđena statistički značajna razlika u korištenju prema vrsti studija i prema godini studiranja. Dosadašnja istraživanja ovoga problema nisu provedena, odnosno u dostupnoj literaturi nisu pronađena istraživanja o temi spremnosti studenata na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti prema vrsti studija ili studijskoga smjera ili prema godini studiranja.

Prema dobivenim rezultatima istraživanja ne može se prihvatiti četvrta hipoteza koja nije utvrdila postojanje statistički značajne razlike u spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti studenata koji studiraju na nastavničkim u odnosu na studente koji studiraju na nenastavničkim studijima ili studijskim smjerovima.

6.4. Povezanost između stava studenata o korisnosti i želje za korištenjem tehnologije virtualne stvarnosti u procesu studiranja

Istraživanje je utvrdilo kako postoji statistički značajna pozitivna povezanost između stava studenata o korisnosti i želje za korištenjem tehnologije virtualne stvarnosti u procesu studiranja. Rezultati koeficijenta korelacije pokazuju visoke vrijednosti što znači da je povezanost visoka i vrlo visoka.

Bičanić (2021) u istraživanju na 155 studenata utvrđuje da 56,8 % ispitanika smatra kako bi tehnologiju virtualne stvarnosti bilo lako koristiti za učenje u visokoškolskoj nastavi, dok je 31 % studenata ostalo suzdržano o takvom stav. Da bi se primjenom tehnologije virtualne stvarnosti u nastavi moglo poboljšati i unaprijediti njihovo iskustvo učenja, smatra 64,5 % studenata, a da bi im navedena tehnologija pomogla u stjecanju kognitivnih znanja i vještina misli 64,6 % studenata. Tvrdnju da tehnologija virtualne stvarnosti u nastavi može utjecati na poboljšanje studentske samoučinkovitosti u izvršavanju aktivnosti na nastavi i učenju potvrđuje 57,4 % studenata, a da bi uvođenje tehnologije virtualne stvarnosti u nastavu bilo od velike koristi za smjer studija koji studira smatra 59,4 % ispitanika.

Sukladno rezultatima toga istraživanja vidljivo je kako gotovo 2/3 studenata povezuje korisnost tehnologije virtualne stvarnosti i želje za njezinim korištenjem u procesu studiranja, što je u skladu i s rezultatima ovoga istraživanja. Također, istraživanje Sattar, Palaniappan, Lokman, Shah, Khalid i Hasan (2020) pokazalo je kako se studenti osjećaju motiviranije za učenje koristeći se tehnologijom virtualne stvarnosti.

Saab, Hegarty, Murphy i Landers (2019) u istraživanju na 26 studenata sestristva, utvrđuju kako većina ispitanika (69,2 %) nije imalo nikakva iskustva u korištenju tehnologije virtualne stvarnosti, ali su preporučili njezino uvrštavanje u kurikulum. Istraživanjem je potvrđeno kako studenti povezuju stav o korisnosti tehnologije virtualne stvarnosti u procesu studiranja i želje za korištenjem te tehnologije.

Bennett i Saunders (2019) u istraživanju na 62 studenta preddiplomskog studija biologije utvrđuju kako 70 % sudionika istraživanja nije imalo nikakvo iskustvo u korištenju tehnologije virtualne stvarnosti. Nakon korištenja tehnologije virtualne stvarnosti 93,55 % ispitanika izjavilo je kako je korištenje virtualne stvarnosti poboljšalo njihovo iskustvo u učenju. Studenti su potvrdili (52 % snažno potvrđuje i 43 % potvrđuje) kako bi preporučili korištenje tehnologije virtualne stvarnosti i u drugim kolegijima. U istraživanju je potvrđena povezanost između korisnosti i želje za korištenjem tehnologije virtualne stvarnosti.

Temeljem provedenih analiza istraživanja može se prihvatiti peta hipoteza prema kojoj postoji statistički značajna pozitivna korelacija između stava studenata o korisnosti tehnologije virtualne stvarnosti u procesu studiranja i njihove želje za korištenjem tehnologije virtualne stvarnosti. Istraživanja potvrđuju kako studenti povezuju korisnost neke tehnologije sa željom za njezino korištenje, što znači da potencijalni strah od korištenja novih tehnologija, kao što je tehnologija virtualne stvarnosti, nije opravdan.

7. NEDOSTATCI ISTRAŽIVANJA

Neka ograničenja ovoga istraživanja svakako bi trebalo uzeti u obzir. Uzorak ispitanika koji je korišten u ovom istraživanju nije u potpunosti reprezentativan jer nije pokriveno cijelo područje Republike Hrvatske i nisu pokrivene sve visokoškolske obrazovne institucije, odnosno nisu istražena sva znanstvena područja. Bez obzira na velik broj sudionika istraživanja, rezultati bi sigurno bili relevantniji da su i studenti i nastavnici dolazili sa svih sveučilišta u Republici Hrvatskoj i da su bila zastupljena sva znanstvena područja. Isto tako, da je anketni upitnik sadržavao podatke o studiju s kojeg dolaze i studenti i nastavnici, odgovori bi se mogli usporediti i tako jasnije dobiti predodžbu koliko se stavovi nastavnika i njihovih studenata podudaraju. Preporuka je da se buduća istraživanja ovakvoga tipa provode upravo na takav način, kako bi se za pojedini fakultet dobila jasnija predodžba o čimbenicima koji utječu na korištenje ili spremnost na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti. Kako se mnogobrojna svjetska istraživanja temelje na ispitivanju načina uporabe informacijsko-komunikacijskih tehnologija, točnije tehnologije virtualne stvarnosti u nekom području i usporedbe s uporabom u nekom drugom području, anketni upitnik koji bi sadržavao područje studiranja studenta i područje u kojem radi nastavnik, svakako bi doprinio boljem uvidu u problematiku istraživanja i omogućio usporedbu s rezultatima inozemnih istraživanja.

U ovom istraživanju nije se detaljnije provjeravalo koje elemente korisnosti, osim pomoći studentima u učenju, donosi tehnologija virtualne stvarnosti u visokoškolskom obrazovanju. Daljnjim istraživanjima svakako treba ispitati elemente zbog kojih studenti i nastavnici smatraju tehnologiju virtualne stvarnosti korisnom i zbog kojih su ju spremni koristiti. Ovim istraživanjem odgovoreno je na pitanje o spremnosti na korištenje i korisnosti tehnologije virtualne stvarnosti, ali bi isto tako istraživanjem trebalo obuhvatiti i činjenicu koristili li se zaista ta tehnologija na fakultetima u Republici Hrvatskoj.

8. ZNANSTVENI DOPRINOS ISTRAŽIVANJA

Provedeno istraživanje među prvim je istraživanjima o korištenju tehnologije virtualne i proširene stvarnosti u procesu poučavanja i učenja u visokoškolskom obrazovanju na području Republike Hrvatske. Istraživanjem se, temeljem analize rezultata stavova nastavnika i studenata, došlo do zaključka kao i preporuka o mogućnostima korištenja tehnologije virtualne i proširene stvarnosti u učenju i poučavanju. Uz navedeno, istraživanjem se utvrdilo koji čimbenici i na koji način utječu na spomenute stavove. Činjenica da spremnost nastavnika na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti ne ovisi o njihovom prethodnom iskustvu u radu s informacijsko-komunikacijskim tehnologijama upućuje na to da iskustvo u radu s općenitim informacijsko-komunikacijskim tehnologijama možda ne pridonosi automatski spremnosti za specifičnu tehnologiju virtualne stvarnosti. Ovo saznanje ukazuje na važnost ciljanoga obrazovanja i obuke za nastavnike koji žele učinkovito koristiti tehnologiju virtualne stvarnosti u obrazovanju, čak i ako su iskusni u općem korištenju tehnologije. Također upućuje na to da pristup uvođenju inovativnih tehnologija mora biti prilagođen i specifičan za samu tehnologiju, uzimajući u obzir njezine jedinstvene karakteristike i zahtjeve. Činjenica da spremnost nastavnika na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti ne ovisi o tome jesu li već upoznati s tom tehnologijom, ukazuje na to da nastavnici bez prethodnoga iskustva nisu automatski manje spremni za korištenje tehnologije virtualne stvarnosti i da imaju otvoren stav prema njezinoj upotrebi. Identificirana pozitivna korelacija između spremnosti za učenje o novim tehnologijama i pozitivnih stavova prema tehnologiji virtualne stvarnosti ukazuje na važnost kontinuiranoga obrazovanja nastavnika. Ovi nalazi impliciraju da je ključno ulagati u edukaciju kako bi se potaknulo pozitivno prihvaćanje inovacija u obrazovanju.

Spremnost studenata na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti bez obzira na vrstu studijskoga smjera ili programa upućuje na zaključak kako je spremnost na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti među studentima univerzalna. Navedena činjenica implicira da je interes za ovu tehnologiju raširen među studentima različitih akademskih područja te da svi imaju pozitivan stav o njezinu prihvaćanju. Identificiranje pozitivne korelacije između stava studenata o korisnosti tehnologije virtualne stvarnosti i njihove spremnosti za njezino korištenje naglašava važnost isticanja koristi tehnologije u obrazovanju. Na temelju te spoznaje potrebno je usmjeriti razvoj nastavnih pristupa koji će isticati prednosti i doprinose tehnologije virtualne stvarnosti u poboljšanju iskustva učenja.

9. ZAKLJUČAK

Istraživanje je imalo za cilj ispitati spremnost nastavnika i studenata na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti u visokoškolskom obrazovanju. Koristeći postavljene hipoteze i definirane probleme istraživanja, analizirani su rezultati, a dobiveni zaključci donose vrijedne spoznaje o odnosu između iskustva rada s informacijsko-komunikacijskim tehnologijama, upoznatosti s tehnologijom virtualne stvarnosti te spremnosti za njezino korištenje.

Prvi istraživački problem bio je ispitati razlike u spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti kod nastavnika s različitim iskustvom u radu s informacijsko-komunikacijskim tehnologijama. Na temelju prvoga istraživačkog problema definirana je hipoteza o kojoj se na osnovi dobivenih rezultata može zaključiti kako ne postoji statistički značajna razlika u spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti kod nastavnika koji imaju više iskustva u radu s informacijsko-komunikacijskim tehnologijama u odnosu na one koji imaju manje iskustva. Navedeno ukazuje na kompleksnost utjecaja iskustva u radu s informacijsko-komunikacijskim tehnologijama na spremnost nastavnika za prihvaćanje tehnologije virtualne stvarnosti. Očito je potrebno detaljnije istraživanje koje bi analiziralo specifično iskustvo i vještine koje su ključne za efikasno korištenje tehnologije virtualne stvarnosti u nastavi. Rezultati ovoga istraživanja upućuju na to da iskustvo s općenitim informacijsko-komunikacijskim tehnologijama ne mora nužno izravno utjecati na spremnost za prihvaćanje tehnologije virtualne stvarnosti. Ovo je značajno sa stajališta planiranja edukativnih inicijativa koje uključuju tehnologiju virtualne stvarnosti. Možda je potrebno veće specifično iskustvo ili dodatna edukacija o konkretnoj tehnologiji virtualne stvarnosti kako bi nastavnici bili spremniji za njezino uvođenje u obrazovni proces.

Drugi istraživački problem bio je ispitati razliku u spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti kod nastavnika koji su upoznati s tehnologijom virtualne stvarnosti u odnosu na one koji nisu. Definiranjem ovoga problema naglašava se važnost svijesti i poznavanja tehnologije virtualne stvarnosti kod nastavnika te je na temelju njega definirana druga hipoteza kojom se utvrdilo kako ne postoji statistički značajna razlika u spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti kod nastavnika koji su upoznati s tehnologijom virtualne stvarnosti u odnosu na one koji nisu. Zaključno, nepotvrđivanje druge hipoteze sugerira da spremnost za korištenje tehnologije virtualne stvarnosti među nastavnicima ovisi o drugim čimbenicima. Vjerojatnije je da su to čimbenici poput motivacije za učenje, prilagodbe i obuke, više nego o prethodnom poznavanju tehnologije. To također implicira da je nužno

pružiti podršku i resurse kako bi se osiguralo da nastavnici razviju potrebne vještine i znanja za učinkovitu integraciju tehnologije virtualne stvarnosti u svoju pedagošku praksu.

Treći istraživački problem bio je ispitati povezanost između spremnosti nastavnika na učenje o novim tehnologijama koje mogu pomoći studentima u učenju i njihova stava o dostupnosti tehnologije virtualne stvarnosti. Ovaj problem ukazuje na važnost nastavničke spremnosti za kontinuirano učenje i prilagodbu novim tehnologijama koje potencijalno mogu obogatiti proces učenja. Na temelju trećega istraživačkog problema potvrđena je treća hipoteza istraživanja i potvrđena je povezanost između spremnosti za učenje i pozitivnoga stava prema dostupnosti tehnologije virtualne stvarnosti. Potvrđivanje treće hipoteze ukazuje na potrebu promicanja kontinuiranoga profesionalnog razvoja nastavnika i edukacije o inovativnim tehnologijama. Edukativni programi koji se fokusiraju na integraciju tehnologije u učenje, mogu biti ključni za stvaranje poticajnoga okružja koje uključuje tehnologiju virtualne stvarnosti.

Četvrti istraživački problem bio je ispitati razliku u spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti studenata na nastavničkim i nenastavničkim studijskim programima. Navedeni problem istraživao je potencijalne razlike u spremnosti studenata s različitih studijskih programa za prihvaćanje tehnologije virtualne stvarnosti. Temeljem toga istraživačkog problema definirana je hipoteza kojom nije potvrđena razlika u spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti prema vrsti studija ili studijskoga programa. Navedeno upućuje na zaključak kako je spremnost studenata na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti univerzalna. Utjecaj vanjskih čimbenika poput općega društvenog prihvaćanja tehnologije ili dostupnosti obrazovnih resursa koji omogućuju interakciju s tehnologijom virtualne stvarnosti vjerojatno snažnije utječu na spremnost korištenja tehnologije virtualne stvarnosti od vrste studija ili studijskoga programa.

Peti istraživački problem bio je ispitati povezanost između stava studenata o korisnosti tehnologije virtualne stvarnosti u procesu studiranja i njihove spremnosti za korištenje tehnologije virtualne stvarnosti. Razumijevanje ovoga problema važno je jer može pomoći u oblikovanju strategija za poticanje integracije tehnologije virtualne stvarnosti u obrazovni proces. Temeljem petoga istraživačkog problema definirana je hipoteza kojom se zaključilo kako postoji statistički značajna pozitivna korelacija između stava studenata o korisnosti tehnologije virtualne stvarnosti u procesu studiranja i njihove spremnosti za korištenje tehnologije virtualne stvarnosti. Potvrda pete hipoteze ukazuje na važnost pozitivnoga stava studenata prema tehnologiji virtualne stvarnosti kao prediktora njihove spremnosti za njezino

korištenje. Promicanje pozitivnih percepcija i svijesti među studentima može biti ključno za uspješnu implementaciju tehnologije virtualne stvarnosti u obrazovanju.

Zaključci koji su proizašli iz hipoteza i problema istraživanja ukazuju na kompleksnost čimbenika koji utječu na spremnost nastavnika i studenata za korištenje tehnologije virtualne stvarnosti. Edukacija, svijest, iskustvo i pozitivni stavovi ključni su za uspješnu integraciju ove tehnologije u obrazovni sustav. Edukacijske strategije trebale bi biti usmjerene na povećanje svijesti i razumijevanja nastavnika i studenata o tehnologiji virtualne stvarnosti te istovremeno poticati pozitivne stavove prema njezinoj primjeni. Osim toga, važno je stvarati prilike za iskustveno učenje i eksperimentiranje s tehnologijom kako bi se potaknula njezina učinkovita integracija u obrazovne procese.

10. LITERATURA

- AlGerafi, M. A. M., Zhou, Y., Oubibi, M. i Wijaya, T. T. (2023). Unlocking the Potential: A Comprehensive Evaluation of Augmented Reality and Virtual Reality in Education. *Electronics*, 12(18), 3953.
- Anderson, L. W. (2008). Four Levels of Technology Integration in Learning Environments. *Journal of Technology and Teacher Education*, 16(4), 581-620.
- Antón-Sancho, Á., Fernández-Arias, P. i Vergara, D. (2022). Virtual Reality in Health Science Education: Professors' Perceptions. *Multimodal Technol and Interaction*. 6(12), 1-20.
- Antón-Sancho, Á., Fernández-Arias, P. i Vergara, D. (2023). Perception of the Use of Virtual Reality Didactic Tools among Faculty in Mexico. *Future Internet*. 15 (2), 1-15.
- Are VR headsets bad for your health? (2020). *Science Focus*. <https://www.sciencefocus.com/future-technology/are-vr-headsets-bad-for-your-health/>
- Atkinson, P. (2014). ENIAC versus Colossus and the early presentation of electronic computers. U *2014 Annual Design History Society Conference: Design for War and Peace*, Department for Continuing Education, University of Oxford.
- Augsburg, T., Fraillon, J., Ainley, J., i Schulz, W. (2009). Digital natives: Ten years after. U M. J. Jacobson i P. Reimann (Ur.), *Designs for Learning Environments of the Future: International Perspectives from the Learning Sciences*. Springer.
- Bailenson, J. N. (2018). *Experience on Demand: What Virtual Reality Is, How It Works, and What It Can Do*. W. W. Norton & Company.
- Banek Zorica, M. i Ivanjko, T. (2010). Knjižnice, studenti i društvene mreže: ispitivanje informacijskih navika studenata. U A. Rešidbegović, B. Sabljaković, i N. Grebović, N. (Ur.), *Zbornik radova 4. međunarodne konferencije BAM 2010 - Evropske smjernice za saradnju biblioteka arhiva i muzeja: informacijske ustanove za 21. stoljeće* (str. 135-143). Asocijacija informacijskih stručnjaka - bibliotekara, arhivista i muzeologa.
- Baratè, A., Haus, G., Ludovico, L. A., Pagani, E. i Scarabottolo, N. (2019). *5G Technology For Augmented And Virtual Reality In Education*. Dipartimento di Informatica „Giovanni Degli Antoni”, Università degli Studi di Milano, Italy.

Bennett, J. A. i Saunders, C. P. (2019). A Virtual Tour of the Cell: Impact of Virtual Reality on Student Learning and Engagement in the STEM Classroom. *American Society for Microbiology*, 20(2).

Bernik, A. i Bubaš, G. (2018). Obrazovne koristi od računalnih igara i gemifikacija e-učenja. U M. Konecki, M. Schatten i M. Konecki, (Ur.), *Računalne igre 2018: stručna konferencija* (str. 168-176). Fakultet organizacije i informatike.

Bezić, K. (2000). Tehnologija obrazovanja i školovanje učitelja. U V. Rosić (Ur.), *Nastavnik i suvremena obrazovna tehnologija* (str. 19-26). Sveučilište u Rijeci Filozofski fakultet u Rijeci.

Bičanić, D. (2021). *Virtualna stvarnost u visokoškolskom obrazovanju*. (Diplomski rad, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli).

Boyles, B. (2017). *Virtual Reality and Augmented Reality in Education*. Center for Teaching Excellence, United States Military Academy, West Point, NY.

Burdea, C. G. i Coiffet, P. (2003). *Virtual Reality Technology*. John Wiley & Sons Inc. Hoboken, New Jersey.

Carbonell-Carrera, C. i Luis Saorin, J. (2017). Geospatial Google Street View with Virtual Reality: A Motivational Approach for Spatial Training Education. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 6(9), 261.

Carbonell-Carrera, C. i Saorin, J. L. (2017). Virtual Learning Environments to Enhance Spatial Orientation. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(3), 709-719.

Chang, H-Y., Binali, T., Liang, J-C., Chiou, G-L., Cheng, K-H., Wen-Yu Lee, S. i Tsai, C-C. (2022). Ten years of augmented reality in education: A meta-analysis of (quasi-) experimental studies to investigate the impact. *Computers & Education*, 191.

Chien Pham, H., Dao, N., Pedro, A., Tuan Le, Q., Hussain, R., Cho, S. i Sik Park, C. (2018). Virtual Field Trip for Mobile Construction Safety Education Using 360-Degree Panoramic Virtual Reality. *International Journal of Engineering Education*, 34 (4), 1174–1191.

Cho, D. i Chun, B. A. (2019). Virtual Reality as a New Opportunity in Geography Education: From the teachers' perspectives in Korea. U *Proceedings of the 2019 5th international conference on education and training technologies* (str. 140–145).

Cicek, I., Bernik, A. i Tomičić, I. (2021). Student Thoughts on Virtual Reality in Higher Education—A Survey Questionnaire. *Information* 2021, 12(4), 151.

Ćurković, S., Vučić, D. i Konecki, M. (2018). Online igre - korisna zabava ili rizično ponašanje za zdravlje. U M. Konecki, M. Schatten i M. Konecki (Ur.), *Računalne igre 2018: stručna konferencija* (str. 99-109). Fakultet organizacije i informatike.

Ćurković, S., Konecki, M. i Vučić, D. (2019). E-sport: usporedba s tradicionalnim sportom i mogućnost razvoja ove vrste sporta u studentskoj populaciji. U M. Konecki, M. Schatten i M. Konecki (Ur.), *Računalne igre 2019: stručna konferencija* (str. 168-176). Fakultet organizacije i informatike.

Das, S. R. (2019). The future of fintech. *Special issue on FinTech*, 48 (4), 981-1007.

Dauchot, N. (2018). Virtual Reality: The Good, Bad, and Ugly: The User Experience of Virtual Reality (Part 2). *Portal Medium*.

DePape, A-M., Barnes, M. i Petryschuk, J. (2019). Students' Experiences in Higher Education With Virtual and Augmented Reality: A Qualitative Systematic Review. *Innovative Practice in Higher Education DePape*, 3(3).

Doming, R. J. i Bradley, G. E. (2017). Education Student Perceptions of Virtual Reality as a Learning Tool. *Journal of Educational Technology Systems*, 46(3), 329-342.

Drucker, P. F. (2020). *The essential drucker*. Routledge.

Družetić, F. (2018). *Virtualna realnost*. (Završni rad, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli).

Dukić, D., i Mađarić, S. (2012). Online učenje u hrvatskom visokom obrazovanju. *Tehnički glasnik*, 6(1), 69-72.

Dyer, E., Swartzlander, B. i Gugliucci, M. R. (2018). Using Virtual Reality In Medical Education To Teach Empathy. *Journal of the Medical Library Association*, 106 (4), 498-500.

Eickelmann, B., & Vennemann, M. (2017). Teachers' attitudes and beliefs regarding ICT in teaching and learning in European countries. *European Educational Research Journal*, 16(6), 733–761.

Europska komisija. (2020). *Digital Education Action Plan (2021-2027)*. https://ec.europa.eu/education/education-in-the-eu/digital-education-action-plan_en

Europska komisija. (2010). *Strategija Europa 2020*.

- Europska komisija. (2019). *Education and Training Monitor 2019 EU infographics*.
- Europska komisija. (2019). *Education and Training Monitor 2019 Croatia - Country Infographic*.
- Europska komisija (2019). *The 2018 International Computer and Information Literacy Study*. [The 2018 International Computer and Information Literacy Study \(ICILS\): Main findings and implications for education policies in Europe | European Education Area \(europa.eu\)](#)
- Europska komisija (2020). *European Media and Audiovisual Action Plan*.
- Europska komisija (2022). *VR/AR Industrial Coalition – Strategic paper*.
- Fabris, C. P., Rathner, J. A. Fonga, A. Y. i Seignya, C. P. (2019). Virtual Reality in Higher Education. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 27(8), 69-80.
- Fernandez, M. (2017). Augmented Virtual Reality: How to Improve Education Systems. *Higher Learning Research Communications*, 7(1), 1-15.
- Fernández-Arias, P., Antón-Sancho, Á., Sánchez-Jiménez, M. i Vergara, D. Statistical Analysis of Professors' Assessment Regarding the Didactic Use of Virtual Reality: Engineering vs. Health. *Electronics 2023*, 12(6), 1366.
- Freina, L. i Ott, M. (2015). A Literature Review on Immersive Virtual Reality in Education: State Of The Art and Perspectives. *Institute for Educational Technology*.
- Galešev, V., Dmitrović, N., Vlahović, V., Kager, D. i Lučić, K. (2019). *Informatika 1*. Udžbenik.hr
- Garzón, J., Pavón, J. i Baldiris, S. (2019). Systematic review and meta-analysis of augmented reality in educational settings. *Virtual Reality*, 23, 447–459.
- Garzón, J., Kinshuk, Baldiris, S., Gutiérrez, J. i Pavón, J. (2020). How do pedagogical approaches affect the impact of augmented reality on education? A meta-analysis and research synthesis. *Educational Research Review*, 31.
- George, K., Anastasios, M.T., Dimitrios, M. i Christos, C. (2023). The mobile augmented reality acceptance model for teachers and future teachers. *Education and Information Technologies*.

Glowniak, J. (1998). History, structure, and function of the Internet. *Seminars in Nuclear Medicine*, 28(2), 135-144.

Go, A. (2017). Virtual Reality in Medical Education: Current Status and Potential Applications. *Journal of Medical Systems*, 41(8).

Gorman, H. Jr. i Borne, L. E. Jr., (1983). Learning to think by learning LOGO: Rule learning in third-grade computer programmers. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 21(3), 165-167.

Goyal, N., i Kumar, P. (2019). Developing a Framework for Assessing Quality in Open Educational Resources: A UNESCO OER Perspective. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 20(2), 198-219.

Graser, S. i Böhm, S. (2022). A Systematic Literature Review on Technology Acceptance Research on Augmented Reality in the Field of Training and Education.

Hanid, M. F. A., Said, M. N. H. M. i Yahaya, N. (2020). Learning Strategies Using Augmented Reality Technology in Education: Meta-Analysis. *Universal Journal of Educational Research*, 8(5A), 51-56.

Harerimana, A. i Mtshali, G. M. (2019). Nunnally Jum C. and Ira H. Bernstein. 1994. Psychometric Theory. *International Journal of Africa Nursing Sciences*, 11.

Hogan, R. (2008). Technophobia: The psychological impact of information technology. *Information Systems Journal*, 18(2), 169-184.

Huang, K. T., Ball, C., Francis, J., Ratan, R., Boumis, J., i Fordham, J. (2019). Augmented versus virtual reality in education: An exploratory study examining science knowledge retention when using augmented reality/virtual reality mobile applications. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 22(2), 105-110.

Hu-Au, E. i Lee, J. J. (2017). Virtual reality in education: a tool for learning in the experience age. *International Journal of Innovation in Education*, 4(4), 215-226.

Informacijska i komunikacijska tehnologija. (2020). *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2020.
<https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=27406>

- Jang, J., Ko, Y., Shin, W. S. i Han, I. (2021). Augmented Reality and Virtual Reality for Learning: An Examination Using an Extended Technology Acceptance Model. *IEEE Access*, 9.
- Jiang, H., Vimalasvaran, S., Wang, J. K., Lim, K. B., Mogali, S. R., i Car, L. T. (2022). Virtual reality in medical students' education: scoping review. *JMIR Medical Education*, 8(1).
- Juričić Devčić, M. (2014). *Računalom podržane konceptualne mape i kolaborativno učenje. International Conference InfoKomTeh 2014*, 1-14.
- Kamińska D, Sapiński T, Wiak S, Tikk T, Haamer R. E., Avots E, Helmi A, Ozcinar C i Anbarjafari G. (2019). Virtual Reality and Its Applications in Education: Survey. *Information*, 10(10).
- Kavanagh, S., Luxton-Reilly, A., Wuensche, B. i Plimmer, B. (2017). A systematic review of Virtual Reality in education. *Themes in Science and Technology Education*, 10(2), 85-119.
- Kedmenec, I., Kadoić, N. i Oreški, D. (2018). Primjeri i primjene igrifikacije u obrazovanju za poduzetništvo. U M. Konecki, M. Schatten i M. Konecki (Ur.), *Računalne igre 2018: stručna konferencija* (str. 168-176). Fakultet organizacije i informatike.
- Khaliq Ramadlani, A. i Wibisono, M. (2017). *Visual Literacy and Character Education for Alpha Generation*. Proceedings of world academy of science, engineering and technology volume.
- Khukalenko, I.S., Kaplan-Rakowski, R. (2022). Teachers' perceptions of using virtual reality technology in classrooms: A large-scale survey. *Educ Inf Technol*, 27, 11591–11613.
- Kolmar, C. (2023). 25+ Amazing virtual reality statistics: The future of VR + AR. *Zippia*.
- Konecki, M., Švaić, D. i Kovačević, A. (2019). Stanje industrija proizvodnje videoigara u Republici Hrvatskoj. U M. Konecki, M. Schatten i M. Konecki (Ur.), *Računalne igre 2019: stručna konferencija* (str. 9-18). Fakultet organizacije i informatike.
- Kumar, R. (2008). *Convergence of ICT and Education*. Proceedings of world academy of science, engineering and technology volume.
- Li, F., Wang, X., He, X., Cheng, L. i Wang, Y. (2021). How augmented reality affected academic achievement in K-12 education – a meta-analysis and thematic-analysis, *Interactive Learning Environments*.

Liu D., Bhagat K.K., Gao Y., Chang TW., Huang R. (2017). The Potentials and Trends of Virtual Reality in Education. U D. Liu, C. Dede, R. Huang i J. Richards (Ur.), *Virtual, Augmented, and Mixed Realities in Education. Smart Computing and Intelligence*. Springer, Singapore

Liu, D., Kumar Bhagat, K., Gao, Y., Chang, T-W. i Huang, R. (2017). A Bibliometric Analysis on Top Research Studies in the Last Two Decades. U D. Liu, C. Dede, R. Huang i J. Richards (Ur.), *Virtual, Augmented and Mixed Realities in Education*. Springer Singapore.

Lončar, S. (2020). *Naočale za virtualnu stvarnost*. (Diplomski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje).

Lucas, J. (2018). *Student Perceptions and Initial Response to using Virtual Reality for Construction Education*. 54th ASC Annual International Conference Proceeding.

Madary, M., i Metzinger, T. K. (2016). Real virtuality: A code of ethical conduct. Recommendations for good scientific practice and the consumers of VR-technology. *Frontiers in Robotics and AI*, 3.

Maresky, H. S., Oikonomou, A., Ali, I., Ditkofsky, N., Pakkal, M., i Ballyk, B. (2019). Virtual reality and cardiac anatomy: Exploring immersive three-dimensional cardiac imaging, a pilot study in undergraduate medical anatomy education. *Clinical Anatomy*, 32(2), 238-243.

Marsh, D. R., Gilroy, K. E., Van de Weerd, R., Wansi, E., & Qazi, S. (2008). Community case management of pneumonia: at a tipping point?. *Bulletin of the World Health Organization*, 86, 381-389.

Martín-Gutiérrez, J., Efrén Mora, C., Añorbe-Díaz, B i González-Marrero, A. (2016). Virtual Technologies Trends in Education. *EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13 (2), 469-486.

Matijević, M., Bilić, V. i Opić, S. (2016). *Pedagogija za učitelje i nastavnike*. Zagreb: Školska knjiga i Učiteljski fakultet u Zagrebu.

McCrindle, M. (2017). *Meet Generation Alpha: The Children Who Will Change The World*. Forbes.

Meyer, B. (2020). A Shift in Reality: Virtual and Augmented Systems in Higher and Medical Education. *Current Issues in Emerging eLearning*, 6 (1).

Ministarstvo pravosuđa i uprave. *Što predstavlja Lisabonski proces?* <https://uprava.gov.hr/sto-predstavlja-lisabonski-proces/13855>

Ministarstvo znanosti i obrazovanja. *Strateški okvir za digitalno sazrijevanje škola i školskog sustava u Republici Hrvatskoj.*

<https://mzo.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/PristupInformacijama/Strateski-digitalno2030/Strateski%20okvir%20za%20digitalno%20sazrijevanje%20skola%20i%20školskog%20sustava%20u%20Republici%20Hrvatskoj%20-%20202030.pdf>

Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta. (2014). *Strategija obrazovanja, znanosti i tehnologije.*

Moro, C., Štromberga, Z., Raikos, A. i Stirling, A. (2017). The effectiveness of virtual and augmented reality in health sciences and medical anatomy. *Anatomical Sciences Education*, 10(6), 549-559.

Moto-oka, T. (1985). *Fifth Generation Computer Systems*. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, Netherlands.

Mujić, N. (2007). Obrazovanje kao najznačajniji stup na putu u društvo znanja. *Informatologia*, 40 (4), 289-294.

Nesenbergs K., Abolins V., Ormanis J. i Mednis A. (2021). Use of Augmented and Virtual Reality in Remote Higher Education: A Systematic Umbrella Review. *Education Sciences*, 11 (1).

Nunnally Jum, C. i Bernstein, I. H. 1994. *Psychometric Theory*. New York: McGraw-Hill.

Odlyzko, A. (2000). Discrete logarithms: The past and the future. *Towards a Quarter-Century of Public Key Cryptography: A Special Issue of Designs, Codes and Cryptography An International Journal*, 19 (2/3), 59-75.

Our expertise. (2020). *Vrroom.buzz*. <https://studio.vrroom.world/>

Pauković, D. (2023). Proizvođači virtualne stvarnosti u Hrvatskoj bilježe rast, no tržište je još uvijek u razvoju. *Lider*. <https://lidermedia.hr/tvrtke-i-trzista/proizvodaci-virtualne-stvarnosti-u-hrvatskoj-biljeze-rast-no-trziste-je-jos-uvijek-u-razvoju-149873>

Pavičić, J. (2017). *Informacijsko-komunikacijska tehnologija u nastavi*. (Diplomski rad, Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu).

- Pavlić, M. (2020). VR, AR i MR tržište će 2030. vrijediti 30 milijardi dolara. *Bug.hr*. <https://www.bug.hr/biznis/vr-ar-i-mr-trziste-ce-2030-vrijediti-30-milijardi-dolara-13106>
- Pelgrum, W. J., i Law, N. W. Y. (2003). *ICT in education around the world: Trends, problems and prospects*. UNESCO: International Institute for Educational Planning..
- Pirker, J., Holly, M., Almer, H., Gütl, C., i Belcher, J. W. (2019). Virtual reality STEM education from a teacher's perspective. *iLRN 2019 London, Workshop, Long and Short Paper, and Poster Proceedings: from the Fifth Immersive*. Verlag der Technischen Universit.
- Potočnik, D. (2006). *Posjedovanje i korištenje informacijske i komunikacijske tehnologije*. Mladi između želja i mogućnosti: položaj, problemi i potrebe mladih Zagrebačke županije. Institut za društvena istraživanja u Zagrebu.
- Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants. *On the Horizon*, 9 (5).
- Radošević, M. (2013). Računalo kao sredstvo učenja i kao predmet proučavanja. *Suvremena lingvistika*, 79, 169-183.
- Radošević, P. (2013). *Računala u nastavi*. (Diplomski rad, Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu).
- Razlika između Unity 3D i Unreal Enginea. *Machina Game Dev Academy*. <http://gamedev.machina.hr/razlika-unity-3d-unreal-engine/>
- Roblyer, M. D., i Hughes, J. E. (2019). *Integrating educational technology into teaching: Transforming learning across disciplines*. Pearson Education, Incorporated.
- Rogina, M. (2018). *Izrada virtualne tvarnosti – K34*. (Diplomski rad, Sveučilište sjever).
- Roy, E., Bakr, M. M. i George, R. (2017). The need for virtual reality simulators in dental education. *The Saudi Dental Journal*, 29(2), 41-47.
- Saab, M. M., Landers, M., Cooke, E., Murphy, D., i Hegarty, J. (2019). Feasibility and usability of a virtual reality intervention to enhance men's awareness of testicular disorders. *Virtual Reality*, 23, 169-178.
- Sattar M. U., Palaniappan S i Lokman A. (2019). Effects of Virtual Reality training on medical students' learning motivation and competency. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 35(3), 852-857.

Seidl, D. (2016). *Organisational identity and self-transformation: An autopoietic perspective*. Routledge.

Serin, H. (2020). Virtual Reality in Education from the Perspective of Teachers. *Amazonia Investiga*. 9 (26).

Shields, J. (2019). Virtualna stvarnost: opasnosti i izazovi. *Science Focus*, 260, 70-75.

Skočić, L. (2019). *Virtualna i proširena stvarnost te njihova primjena*. (Diplomski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje).

Slater, M., Gonzalez-Liencre, C., Haggard, P., Vinkers, C., Gregory-Clarke, R., Jelley, S., Watson, Z., Breen, G., Schwarz, R., Steptoe, W., Szostak, D., Halan, S., Fox, D. i Silver, J. (2020). The Ethics of Realism in Virtual and Augmented Reality. *Frontiers in Virtual Reality*.

Stanley, D. (2016). *Ada Lovelace, Poet of Science: The First Computer Programmer*. Simon & Schuster Books for Young Readers, New York.

Stereoskop. (2020). *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2020. <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=58034>

Škorić, I. (2010). *Alati za suradničko učenje programiranja*. https://inf.uniri.hr/images/studiji/poslijediplomski/kvalifikacijski/Skoric_Igor_kvalifikacijski_rad.pdf

Što je AR, a što VR i kako nam tehnologija pomaže doživjeti stvarnost. *Europska komisija, Predstavništvo u Hrvatskoj*. https://ec.europa.eu/croatia/content/what-is-AR-what-VR-and-how-technology-helps-us-to-experience-reality_hr

Tabachnick, B. R., i Fidler, F. (2013). Using multilevel models to detect and accommodate cross-site heterogeneity. *Educational Researcher*, 42(2), 84-92.

Topolovec, V, Mezak, J, Hoić-Božić, N. (1999). Računalom podržano kolaborativno učenje: uloga nastavnika i učenika. U V. Rosić (Ur.), *Zbornik radova sa Drugog međunarodnog znanstvenog kolokvija Nastavnik - čimbenik kvalitete u odgoju i obrazovanju* (str. 754-766). Filozofski fakultet u Rijeci.

Topolovec, V., Mrkonjić, I., i Vlašić, Z. (1999). Nastavnici i učenici u procesu informatizacije hrvatskog školstva. U V. Rosić (Ur.), *Zbornik radova sa Drugog međunarodnog znanstvenog*

kolokvija Nastavnik–čimbenik kvalitete u odgoju i obrazovanju (str. 712-724). Filozofski fakultet u Rijeci.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2019). *Artificial Intelligence in Education: Challenges and Opportunities for Sustainable Development*.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2019). *Beijing Consensus on Artificial Intelligence (AI) and Education*.

Vavra, D. (2013). *Informacijska i komunikacijska tehnologija u nastavnim planovima i programima osnovne škole u Hrvatskoj*. Filozofski fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Velev, D., i Zlateva, P. (2017). Virtual reality challenges in education and training. *International Journal of Learning and Teaching*, 3(1), 33-37.

Virtualna stvarnost. (2020). *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2020*. <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=64795>

VR & AR for Marketing in the Age of Remote Work. (2020). *Neumatic Digital*. <https://www.neumatic.com/virtual-reality-marketing/vr-ar-marketing-age-remote-work/>

Vrhar, D. (2017). *Potencijal korištenja koncepta virtualne stvarnosti u kontekstu mobilnog poslovanja*. Sveučilište u Splitu, Ekonomski fakultet

Vrkić Dimić, J. (2010). Razvoj paradigmi i modela uporabe računala u nastavi: od pomoći u poučavanju prema kreativnom i otvorenom kontekstu učenja. *Acta Iadertina*, 7 (1), 0-0.

Vukšan, B., i Krstinić, M. (2020). Korištenje virtualne i proširene stvarnosti na nastavi engleskog jezika. *Politehnika i dizajn*, 8(01).

Wu, B., Yu, X. i Gu, X. (2020). Effectiveness of immersive virtual reality using head-mounted displays on learning performance: A meta-analysis. *British Journal of Educational Technology*, 0(0), 1-15.

XR / VR / AR / MR – U čemu se razlikuju? (2022). *Culex.hr*. <https://culex.hr/xr-vr-ar-mr-u-cemu-se-razlikuju/>

Yildirim, G., Elban, M. i Yildirim, S. (2018). Analysis of Use of Virtual Reality Technologies in History Education: A Case Study. *Asian Journal of Education and Training*, 4(2), 62-69.

Zarabanda, D. E. B. (2019). ICT and its purpose in the pedagogical practice. *Research in Social Sciences and Technology*, 4(2), 83-95.

Zhang, J., Li, G., Huang, Q., Feng, Q. i Luo, H. (2022). Augmented Reality in K–12 Education: A Systematic Review and Meta-Analysis of the Literature from 2000 to 2020. *Sustainability*, 14(15), 9725.

Zhao, S., Kong, Y. i Kong, Y. (2019). On the In-depth Integration of ICT with Present Education. *2019 International Conference on Education Research, Economics and Management (ICEREM 2019)*.

11. POPIS TABLICA

Tablica 1. Klasifikacija ispitanika prema vrsti studija	61
Tablica 2. Klasifikacija ispitanika prema godini studija	61
Tablica 3. Klasifikacija ispitanika prema razini iskustva u korištenju informacijsko-komunikacijskih tehnologija	62
Tablica 4. Klasifikacija ispitanika prema razini poznavanja tehnologija virtualne stvarnosti. 63	
Tablica 5. Koeficijenti pouzdanosti anketnoga upitnika za studente	65
Tablica 6. Koeficijenti pouzdanosti anketnoga upitnika za nastavnike	67
Tablica 6. Rezultati deskriptivne analize anketnoga upitnika za nastavnike	70
Tablica 7. Rezultati deskriptivne analize razine poznavanja informacijsko-komunikacijskih tehnologija.....	71
Tablica 8. Rezultati deskriptivne analize razine učestalosti korištenja informacijsko-komunikacijskih tehnologija	72
Tablica 9. Rezultati Levenova testa za procjenu homogenosti varijance kod utvrđivanja spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti	73
Tablica 10. Rezultati analize varijance/Welch F test za utvrđivanje spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti	73
Tablica 11. Rezultati Levenova testa za procjenu homogenosti varijance kod utvrđivanja spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti	75
Tablica 12. Rezultati analize varijance/Welch F test za utvrđivanje spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti	75
Tablica 13. Rezultati povezanosti između spremnosti nastavnika na učenje o novim tehnologijama te njihova stava o dostupnosti tehnologije virtualne stvarnosti.....	77
Tablica 14. Rezultati deskriptivne analize anketnoga upitnika za studente	78
Tablica 15. Rezultati deskriptivne analize razine poznavanja informacijsko-komunikacijskih tehnologija.....	79
Tablica 16. Rezultati deskriptivne analize razine učestalosti korištenja informacijsko-komunikacijskih tehnologija	80
Tablica 17. Rezultati Levenova testa za procjenu homogenosti varijance kod utvrđivanje spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti u odnosu na vrstu studija.....	81
Tablica 18. Rezultati analize varijance (ANOVA) za utvrđivanje spremnosti na korištenje tehnologije virtualne stvarnosti u odnosu na vrstu studija	81

Tablica19. Rezultati povezanosti između stava studenata o korisnosti i želje za korištenjem tehnologije virtualne stvarnosti u procesu studiranja 82

12. POPIS SLIKA

Slika 1. Proširena stvarnost na tvrđavi Barone, https://www.tvrdjava-kulture.hr/hr/tvrđava-barone/prosirena-stvarnost/	23
Slika 2. Google cardboard. https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Cardboard	26
Slika 3. OCULUS RIFT. https://www.mikronis.hr/Proizvod/oculus-rift-virtual-reality-headset-p-n-301-00204-01/2179	27
Slika 4. HTC VIVE COSMOS. https://www.vive.com/au/product/vive-cosmos/features/	27
Slika 5. Tesla suit. https://m.alza.cz/EN/gaming/teslasuit-d5250186.htm	27
Slika 6. Gold Magnate. https://wiki.eveuniversity.org/Gold_Magnate	28
Slika 7. Jig Space. https://www.jig.space/help-center/exploded-views-in-augmented-reality	42
Slika 8. Mondlay. https://www.mondly.com/vr	43
Slika 9. National geographic explore VR. https://www.oculus.com/experiences/quest/2046607608728563	45
Slika 10. My Africa Elephant Keeper. https://www.conservation.org/stories/virtual-reality/my-africa	45

13. PRILOZI

13.1. Anketni upitnik za nastavnike

1. Razina poznavanja informacijsko-komunikacijskih tehnologija.

(Procijenite Vašu suglasnost s navedenim tvrdnjama. Molim izaberite odgovarajući odgovor za svaku stavku.)

	Potpuno sam upoznat/a	Uglavnom sam upoznat/a	Uglavnom nisam upoznat/a	Nisam upoznat/a
Elektroničkom poštom	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Programom za obradu teksta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Programom za tablično računanje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Programom za izradu prezentacija	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aplikacijom za grupne sastanke i mrežne seminare	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Program za upravljanje relacijskim bazama podataka	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Program za obradu zvuka i slike	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Internetski preglednik	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tehnologija virtualne stvarnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tehnologija proširene stvarnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2. Razina učestalosti korištenja informacijsko-komunikacijskih tehnologija.

(Procijenite Vašu suglasnost s navedenim tvrdnjama. Molim izaberite odgovarajući odgovor za svaku stavku.)

	Više puta dnevno	Nekoliko puta tjedno	Jednom tjedno	Nekoliko puta mjesečno	Uopće ne koristim
Elektroničkom poštom	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Programom za obradu teksta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Programom za tablično računanje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Programom za izradu prezentacija	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aplikacijom za grupne sastanke i mrežne seminare	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Program za upravljanje relacijskim bazama podataka	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Program za obradu zvuka i slike	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Internetski preglednik	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tehnologija virtualne stvarnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tehnologija proširene stvarnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3. Razina poznavanja te spremnost na korištenje i korisnost tehnologije virtualne stvarnosti u visokoškolskom obrazovanju.

(Procijenite Vašu suglasnost s navedenim tvrdnjama. Molim izaberite odgovarajući odgovor za svaku stavku.)

	U potpunosti se ne slažem	Ne slažem se	Niti se slažem niti se ne slažem	Slažem se	Slažem se u potpunosti
1. Tehnologija virtualne stvarnosti vrijedan je obrazovni alat.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Studenti bi bili zainteresirani za učenje putem korištenja tehnologije virtualne stvarnosti.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Studenti bi bili motiviraniji za rad kada bi učili putem korištenja tehnologije virtualne stvarnosti.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Studenti bi bili zaineresiraniji za nastavno gradivo kada bi učili putem korištenja tehnologije virtualne stvarnosti.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Studenti bi lakše svladali nastavno gradivo kada bi učili putem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

korištenja tehnologije virtualne stvarnosti.					
6. Studenti bi kvalitetnije svladali nastavno gradivo kada bi učili putem korištenja tehnologije virtualne stvarnosti.	0	0	0	0	0
7. Moj bi fakultet podržao inicijativu uvođenja tehnologije virtualne stvarnosti u proces poučavanja.	0	0	0	0	0
8. Moj bi fakultet finansijski podržao uvođenje tehnologije virtualne stvarnosti.	0	0	0	0	0
9. Spreman/Spremna sam naučiti nove tehnologije ako će to pomoći studentima u učenju.	0	0	0	0	0
10. Želio/Željela bih koristiti tehnologiju virtualne stvarnosti u nastavnom procesu.	0	0	0	0	0
11. Korištenje novih tehnologija stvari mi osjećaj nelagode.	0	0	0	0	0
12. Tehnologija virtualne stvarnosti je preskupa za korištenje u nastavnom procesu.	0	0	0	0	0
13. Tehnologija virtualne stvarnosti vrijedi uloženi finansijskih sredstava zbog rezultata koji se mogu postići u nastavnom procesu.	0	0	0	0	0
14. Uvođenjem tehnologije virtualne stvarnosti postao bih kvalitetniji nastavnik.	0	0	0	0	0

13.2. Anketni upitnik za studente

1. Studiram na:

- a) nastavničkom studiju ili studijskom smjeru
- b) odgojiteljskom studiju ili studijskom smjeru
- c) nenastavničkom studiju ili studijskom smjeru, kojem _____

2. U akademskoj godini 2021./2022. upisao sam

- a) prvu godinu studija
- b) drugu godinu studija
- c) treću godinu studija
- d) četvrtu godinu studija
- e) petu godinu studija

3. Razina poznavanja informacijsko-komunikacijskih tehnologija.

(Procijenite Vašu suglasnost s navedenim tvrdnjama. Molim izaberite odgovarajući odgovor za svaku stavku.)

	Potpuno sam upoznat/a	Uglavnom sam upoznat/a	Uglavnom nisam upoznat/a	Nisam upoznat/a
Elektroničkom poštom	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Programom za obradu teksta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Programom za tablično računanje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Programom za izradu prezentacija	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aplikacijom za grupne sastanke i mrežne seminare	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Program za upravljanje relacijskim bazama podataka	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Program za obradu zvuka i slike	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Internetski preglednik	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tehnologija virtualne stvarnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tehnologija proširene stvarnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4. Razina učestalosti korištenja informacijsko-komunikacijskih tehnologija.

(Procijenite Vašu suglasnost s navedenim tvrdnjama. Molim izaberite odgovarajući odgovor za svaku stavku.)

	Više puta dnevno	Nekoliko puta tjedno	Jednom tjedno	Nekoliko puta mjesečno	Uopće ne koristim
Elektroničkom poštom	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Programom za obradu teksta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Programom za tablično računanje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Programom za izradu prezentacija	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aplikacijom za grupne sastanke i mrežnih seminara	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Program za upravljanje relacijskim bazama podataka	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Program za obradu zvuka i slike	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Internetski preglednik	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tehnologija virtualne stvarnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tehnologija proširene stvarnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5. Razina poznavanja te spremnost na korištenje i korisnost tehnologije virtualne stvarnosti u visokoškolskom obrazovanju.

(Procijenite Vašu suglasnost s navedenim tvrdnjama. Molim izaberite odgovarajući odgovor za svaku stavku.)

U potpunosti se ne slažem	Ne slažem se	Niti se slažem niti se ne slažem	Slažem se	Slažem se u potpunosti
---------------------------	--------------	----------------------------------	-----------	------------------------

Upoznat/Upoznata sam s mogućnostima korištenja tehnologije virtualne stvarnosti u obrazovanju.	0	0	0	0	0
Smatram da bi me korištenje tehnologije virtualne stvarnosti dodatno motiviralo za učenje i rad.	0	0	0	0	0
Smatram da bi me korištenje tehnologije virtualne stvarnosti dodatno zainteresiralo za nastavno gradivo.	0	0	0	0	0
Smatram da bih lakše svladao nastavno gradivo uz korištenje tehnologije virtualne stvarnosti.	0	0	0	0	0
Smatram da bih mogao kvalitetnije naučiti nastavno gradivo korištenjem tehnologije virtualne stvarnosti.	0	0	0	0	0
Spreman/Spremna sam naučiti koristiti nove tehnologije ako će mi to pomoći u učenju.	0	0	0	0	0
Želio/Željela bih koristiti virtualnu stvarnost prilikom učenja i nastave.	0	0	0	0	0
Smatram da bih uvođenjem tehnologije virtualne stvarnosti postao bolji student.	0	0	0	0	0

ŽIVOTOPIS AUTORA

Darjan Vlahov rođen je 23. ožujka 1984. godine u Sisku. Na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, Fizičkom odsjeku diplomirao je 2009. godine i stekao titulu profesora fizike i informatike. U Osnovnoj školi Viktorovac zaposlio se 2007. godine, a u Gimnaziji Sisak 2009. godine. Godinu dana kasnije odlazi raditi u Nacionalnu i sveučilišnu knjižnicu u gradu Zagrebu, a 2013. godine u Sisačko-moslavačku županiju, prvo na radnom mjestu višeg savjetnika za osnovno i srednjoškolsko obrazovanje u Upravnom odjelu za prosvjetu, kulturu i šport zatim kao pročelnik istog upravnog odjela, a potom kao pročelnik Upravnog odjela za gospodarstvo, investicije, razvojne projekte i fondove EU, gdje i danas radi. Osim rukovođenja upravnim odjelom od 2022. godine radi i kao direktor Razvojne agencije Sisačko-moslavačke županije – SIMORA. Poslovne obaveze na radnom mjestu obuhvaćaju vođenje preko 200 projekata, većinom financiranih sredstvima fondova Europske unije, od kojih su najznačajniji vezano za obnovu od potresa.

Na Učiteljskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, kao vanjski suradnik, drži predavanja i kolegija ICT u odgoju i obrazovanju. Odlukom Vijeća društveno-humanističkog područja izabran je u nastavno zvanje predavača na Učiteljskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Sudjelovao je u više znanstvenih i stručnih konferencija te je autor više znanstvenih i stručnih radova. Darjan Vlahov obnaša dužnost i tajnika Zajednice tehničke kulture Sisačko-moslavačke županije te je član više udruga iz područja obrazovanja, kulture i tehničke kulture. Dobitnik je godišnje nagrade tehničke kulture “Faust Vrančić” za 2022. godinu.

POPIS OBJAVLJENIH RADOVA

Badrić, M., Vlahov, D., Pušić, M. (2019). Kineziološka aktivnost i slobodno vrijeme djece predškolske dobi; U O. Brajdić, Đ. Nićin (ur.), *9.međunarodna konferencija "Sportske nauke i zdravlje"*. Banja Luka: Panevropski univerzitet „Apeiron“, str. 339-345

Konecki, M., Konecki, M., Vlahov, D. (2023). Using Virtual Reality in Education of Programming. *2023 11th International Conference on Information and Education Technology (ICIET)*. 39-43

Pšenica, D., Šalamon-Cindori, B., Vlahov, D. (2013). Novi oblici komunikacije hrvatskih knjižnica na društvenim mrežama; U A. Barbarić, D. Mučnjak (ur.), *Slobodan pristup informacijama : 12. okrugli stol : zbornik radova*. Hrvatsko knjižničarsko društvo, str. 24-31

Šalamon-Cindori, B., Vlahov, D. (2013). Iskustvo Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu na društvenim mrežama; U A. Barbarić, D. Mučnjak (ur.), *Slobodan pristup informacijama : 12. okrugli stol : zbornik radova*. Hrvatsko knjižničarsko društvo, str. 54-59

Vlahov, D. (2018). Tehnologija virtualne i proširene stvarnosti u obrazovanju. U M. Konecki, M. Konecki, Kovačević, A. (ur.), *Računalne igre 2020: stručna konferencija*. Fakultet organizacije i informatike, str. 108-112

Vlahov, D. (2023). Attitudes of Primary and Secondary School Principals about functions from ISLLC standard; U R. Korez Vide, V. Sesar, I. Zdrilic (ur.), *103rd International Scientific Conference on Economic and Social Development – "Digital entrepreneurship in the context of the UN Sustainable Development Goals"*. Varazdin Development and Entrepreneurship Agency and University North, str. 343-353

Vlahov, D. (2023). The factors of using Virtual Technology in secondary education in the Republic of Croatia. *105th International Scientific Conference on Economic and Social Development – "Building Resilient Society"*. Varazdin Development and Entrepreneurship Agency and University North, str. 341-348