

UNIVERZITET U SARAJEVU

EKONOMSKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

**VIRTUELNA STVARNOST KAO ALAT ZA PODIZANJE SVIJESTI O
ZAŠTITI I OČUVANJU ŽIVOTNE SREDINE**

Sarajevo, februar 2024. godine

Almira Šuman

*Sve što je predhodilo ovome
bilo je posvećeno i nadahnuto ljubavlju prema mojoj porodici;
mojoj majci **Edini**, ocu **Enesu** i kćerkama **Hani** i **Lamiji**.*

Maktub!

U skladu sa članom 54. Pravila studiranja za I, II ciklus studija, integrisani, stručni i specijalistički studij na Univerzitetu u Sarajevu, daje se

IZJAVA O AUTENTIČNOSTI RADA

Ja, Almira Šuman, studentica drugog (II) ciklusa studija, broj index-a 5591-59724 na programu Menadžment, smjer Menadžment i informacione tehnologije, izjavljujem da sam završni rad na temu:

VIRTUELNA STVARNOST KAO ALAT ZA PODIZANJE SVIJEŠTI O ZAŠTITI I OČUVANJU ŽIVOTNE SREDINE

pod mentorstvom Prof. dr. Tarika Zaimovića izradila samostalno i da se zasniva na rezultatima mog vlastitog istraživanja. Rad ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene materijale drugih autora, osim onih koji su priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija uključujući i alate umjetne inteligencije.

Ovom izjavom potvrđujem da sam za potrebe arhiviranja predao/predala elektronsku verziju rada koja je istovjetna štampanoj verziji završnog rada.

Dozvoljavam objavu ličnih podataka vezanih za završetak studija (ime, prezime, datum i mjesto rođenja, datum odbrane rada, naslov rada) na web stranici i u publikacijama Univerziteta u Sarajevu i Ekonomskog fakulteta.

U skladu sa članom 34. 45. i 46. Zakona o autorskom i srodnim pravima (Službeni glasnik BiH, 63/10) dozvoljavam da gore navedeni završni rad bude trajno pohranjen u Institucionalnom repozitoriju Univerziteta u Sarajevu i Ekonomskog fakulteta i da javno bude dostupan svima.

Sarajevo, 08.12.2023. godine

Potpis studentice:



SAŽETAK

U posljednjih nekoliko decenija, sve više ljudi širom svijeta, a posebno djece, ima smanjenu interakciju s prirodnim okruženjem i njegovim biodiverzitetom. Kada razmišljamo o prirodi i okolišu, digitalni sadržaji nisu prve stvari koje nam padaju na pamet. Ipak, digitalizacija je stigla i na ovo područje. Nove tehnologije kao što su proširena stvarnost (eng. Augmented Reality - AR), virtuelna stvarnost (eng. Virtual Reality - VR) i mješovita stvarnost (eng. Mixed Reality - MR) mogu stvoriti potpuno virtuelne svjetove (VR) ili kombinovati virtuelne elemente sa stvarnim svijetom (AR, MR). Tehnologija virtuelne stvarnosti povećava empatiju i može uticati na ljude da se ponašaju proekološki. Pitanja održivosti jedna su od glavnih briga našeg vremena i uključuju složen skup međusobno povezanih ekoloških, društvenih i ekonomskih problema. U tu svrhu, virtualna stvarnost je identificirana kao obećavajući alat i istražena u mnogim kontekstima i za različite teme i ciljeve. Ovo nas dovodi do predmeta istraživanja ovog rada koji će biti usmjeren na istraživanje kako i na koji način virtualna stvarnost može doprinijeti podizanju svijesti o zaštiti i očuvanju životne sredine kroz obuku i obrazovanje, te kako održivi razvoj može biti posljedica tih aktivnosti. Cilj ovog rada je upoznati se sa tehnologijom virtuelne stvarnosti, te koliki je njen doprinos u obuci i obrazovanju. Pored toga, dati uvid u značaj očuvanja životne sredine i postizanja održivog razvoja, te kako VR doprinosi podizanju svijesti o zaštiti i očuvanju životne sredine kako bi se postigao održivi razvoj. Kako bi ovaj rad ispunio postavljene ciljeve biće korištena kvalitativna metodologija istraživanja, kao najprikladnija istraživačka metoda za ovu temu, a to je sistematski pregled literature. Primjenom ove metode izdvojeni radovi su pregledani i rezultati do kojih se došlo ukazuju na veliki potencijal ove tehnologije u pogledu primjene u obrazovno procesu i podizanja svijesti o značaju očuvanja i zaštite životne sredine kako bi se stvorile ključne pretpostavke za dugoročni održivi razvoj.

Ključne riječi: Virtuelna stvarnost, obrazovanje, životna sredina, podizanje ekološke svijesti, održivi razvoj.

ABSTRACT

In the last few decades, more and more people around the world, especially children, have reduced interaction with the natural environment and its biodiversity. When we think about nature and the environment, digital content is not the first thing that comes to mind. However, digitization has reached this area as well. New technologies such as Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR) and Mixed Reality (MR) can create completely virtual worlds (VR) or combine virtual elements with real world (AR, MR). Virtual reality technology increases empathy and can influence people to behave pro-environmentally. Sustainability issues are one of the major concerns of our time and involve a complex set of interrelated environmental, social and economic issues. In that purpose, virtual reality has

been identified as a promising tool and explored in many contexts and for different topics and goals. This brings us to the research subject of this work, which will be focused on researching how and in what way virtual reality can contribute to raising awareness of environmental protection and preservation through training and education, and how sustainable development can be a consequence of these activities. The aim of this work is to get acquainted with the technology of virtual reality, and its contribution in training and education. In addition, to provide an insight into the importance of environmental protection and achieving sustainable development, and how VR contributes to raising awareness about environmental protection and preservation in order to achieve sustainable development. In order for this work to fulfill the set goals, a qualitative research methodology will be used, as the most appropriate research method for this topic, which is a systematic literature review. Using this method, the selected works were reviewed and the results obtained indicate the great potential of this technology in terms of use in the educational process and raising awareness of the importance of preserving and protecting the environment in order to create key assumptions for long-term sustainable development.

Key words: Virtual reality, education, environment, environmental awareness, sustainable development.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Obrazloženje teme	1
1.1.1. Svrha istraživanja	1
1.1.2. Istraživačka pitanja	4
1.1.3. Ciljevi istraživanja	5
1.1.4. Metodologija istraživanja	5
1.1.5. Prijedlog strukture rada	6
2. PREGLED LITERATURE	6
2.1. Virtuelna stvarnost	6
2.1.1. Definiranje virtuelne stvarnosti	7
2.1.2. Kako virtuelna stvarnost funkcionira	8
2.1.2.1. <i>Tehnologije na kojima počiva virtuelna stvarnost</i>	10
2.1.3. Razvoj i sfere primjene virtuelne stvarnosti	14
2.1.3.1. <i>Historijski osvrt na razvoj VR tehnologije</i>	14
2.1.3.2. <i>Sfere primjene virtuelne stvarnosti</i>	19
2.1.4. Virtuelna stvarnost i druge srodne tehnologije	22
2.1.5. Alati koje podržavaju VR tehnologiju	23
2.1.6. Prednosti i nedostaci primjene ove vrste tehnologije	29
2.1.7. Budućnost virtuelne stvarnosti	31
2.2. Virtuelna stvarnost i njena primjena u obrazovanju	32
2.2.1. Obrazovanje i primjena novih tehnologija	32
2.2.2. Uloga VR tehnologije u obrazovanju	34
2.2.3. Etika i pravne regulacije primjene VR tehnologije u obrazovanju	37
2.3. Očuvanje životne sredine i održivi razvoj	38
2.3.1. Životna sredina i naš odnos prema njoj	38
2.3.2. Tehnološki doprinos očuvanju životne sredine	40
2.3.3. Ekološka paradigma i održivi razvoj	42
2.3.4. Upotreba VR tehnologije u svrhu podizanja svijesti o očuvanju životne sredine	43
3. KONCEPT I STRUKTURA ISTRAŽIVANJA	45
3.1. Kontekst istraživanja	46
3.2. Metodologija sistematskog pregleda literature	47
3.3. Postupak prikupljanja podataka	48
4. ANALIZA PODATAKA I DISKUSIJA REZULTATA	51
4.1. Područja istraživanja	54
4.2. Zemlje porijekla	55

4.3. Godine objavljivanja	56
4.4. Citiranost radova	57
4.5. Korištene metodologije	59
4.6. Trendovi i ograničenja	60
4.7. Etika	64
4.8. Ekološka svijest i održivi razvojni ciljevi	65
5. ZAKLJUČAK	69
REFERENCE	71

POPIS TABELA

Tabela 1. Pregled izdvojenih članaka	51
Tabela 2. Broj citiranja izdvojenih članaka po godinama	58
Tabela 3. Zastupljenost ciljeva održivog razvoja u člancima	66
Tabela 4. Pregled VR, AR i MR aplikacija za nauku o životnoj sredini	66

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Studije prema području istraživanja	55
Grafikon 2. Pregled objavljenih studija po godinama	57
Grafikon 3. Najrelevantnije riječi	62
Grafikon 4. Mapa klastera	63
Grafikon 5. Trend objave riječi	64

POPIS ILUSTRACIJA

Ilustracija 1. Istraživačka pitanja	46
Ilustracija 2. Metodologija za izbor i pregled literature	47
Ilustracija 3. Pregled riječi za pretraživanje	48
Ilustracija 4. Niz riječi za pretraživanje	49
Ilustracija 5. Proces izbora članaka	50
Ilustracija 6. Mapa zemalja iz kojih dolaze članci	56

POPIS SLIKA

Slika 1. Heiligova Sensorama - lijevo i Damoklov mač - desno	15
Slika 2. The Ultimate Display	16

Slika 3. Nintendov 3D alat za igrice tzv. Virtual Boy	17
Slika 4. Dijelovi Google Cardboard naočala	18
Slika 5. HTC Vive s kontrolerima	25
Slika 6. Oculus Rift sa kontrolerima	26
Slika 7. PlayStation VR (PSVR) sa kontrolerima	27
Slika 8. Valve Index s kontrolerima i baznim stanicama	28
Slika 9. Samsung Gear VR	29
Slika 10. Pregled 20 VR aplikacija koje se koriste u obrazovanju	35
Slika 11. Poruka sa proekoloških protesta – „Ne postoji Planeta B“	39

1. UVOD

1.1. Obrazloženje teme

1.1.1. Svrha istraživanja

Često smo u prilici da čujemo kako klimatske promjene prijete nestanku čovječanstva, kako svake godine dolazi do drastičnih promjena u našim životnim sredinama, te kako gubimo resurse koji su nam prije bili lako dostupni i u velikim količinama (Griggs *et al.*, 2013). Uz to svjesni smo koliko su ljudska bića povezana i ovisna o drugim živim bićima i da od njihovog opstanka zavisi i naš. Sve to dovelo je do mnoštva istraživanja kako da prilagodimo naš svakodnevni način života tim promjenama, ali i da učinimo nešto kako bi se ove promjene stavile pod kontrolu i smanjili štetni uticaji na prirodu u cijelini (Masson-Delmotte *et al.*, 2022). Sada je jasno da je, osim zalaganja vlada i industrija, odgovornost svakog pojedinca da pravilno koristi resurse, sačuva energiju i prilagodi svoj način života kako bi doprinjeo održivosti.

U posljednjih nekoliko decenija, sve više ljudi širom svijeta, a posebno djeca, ima smanjenu interakciju s prirodnim okruženjem i njegovim biodiverzitetom. Mnoge ljudske populacije prolaze kroz ono što je opisano kao progresivno izumiranje iskustva prirode (Pyle, 2011). Nekoliko faktora je uzrokovalo ovakve promjene u iskustvu sa prirodom. Kao prvo, sve veći dio stanovništva živi u gradovima, gdje kontakt s prirodom obično nije rutinski već se mora inicirati. Osim toga, tehnologija ljudima pruža i zabavu i informacije, tako da više ne moraju da se bave prirodnim svijetom kako bi zadovoljili te potrebe (Truong i Clayton, 2020).

Kada razmišljamo o prirodi i okolišu, digitalni sadržaji nisu prve stvari koje nam padaju na pamet. Ipak, digitalizacija je stigla i u ovo područje. Nove tehnologije kao što su proširena stvarnost, virtualna stvarnost i mješovita stvarnost mogu stvoriti potpuno virtualne svjetove (VR) ili kombinovati virtualne elemente sa stvarnim svijetom (AR, MR). Poboljšanje stvarnog okruženja super impozantnim virtualnim sadržajem ima potencijal da pruži interaktivna i zadivljujuća iskustva (Rambach *et al.*, 2021).

Virtualna stvarnost prema Department of Defense (2018) predstavlja „upotrebu kompjuterske tehnologije za stvaranje interaktivnog trodimenzionalnog (3D) svijeta u kojem objekti imaju osjećaj prostorne prisutnosti; virtualno okruženje i virtualni svijet su sinonimi za virtualnu stvarnost“. Ona postavlja računarsku tehnologiju, tehnologiju senzora, tehnologiju simulacije i mikroelektronsku tehnologiju u cjelini i stvara virtualno okruženje kroz računar. Kroz vizuelne, slušne, taktilne, olfaktorne i druge funkcije, korisnik proizvodi isti osjećaj kao u stvarnosti. Konkretno, moderna high-tech, sa kompjuterskom tehnologijom kao jezgrom, stvara realistično virtualno okruženje sa specifičnim opsegom vizuelne, slušne i taktilne integracije. Korisnici komuniciraju sa objektima u virtualnom okruženju na

prirodan način uz pomoć potrebnih uređaja, tako da generišu osjećaje i iskustva slična stvarnom okruženju. Na taj način će korisnik imati imerzivni osjećaj i ostvariti direktnu interakciju između korisnika i okoline (Liu, Cheng i Chen, 2019).

Simulacije virtualne stvarnosti predstavljaju „simulacije koje koriste razne impresivne, vrlo vizuelne, 3D karakteristike za repliciranje situacija iz stvarnog života i/ili zdravstvenih procedura; Simulacija virtualne stvarnosti razlikuje se od kompjuterske simulacije po tome što obično uključuje fizička ili druga sučelja kao što su kompjuterska tastatura, miš, prepoznavanje govora i glasa, senzori pokreta ili haptički uređaji“ (Lopreiato *et al.*, 2020).

Okruženje virtualne stvarnosti predstavlja „širok izbor kompjuterskih aplikacija koje se obično povezuju sa imerzivnim, visoko vizuelnim, 3D karakteristikama koje omogućavaju učesniku da gleda unaokolo i da se kreće unutar naizgled stvarnog ili fizičkog svijeta. Generalno se definiše na osnovu vrste tehnologije koja se koristi, kao što su ekrani na glavi, stereoskopske mogućnosti, ulazni uređaji i broj stimuliranih senzornih sistema“ (Lopreiato *et al.*, 2020).

Identifikovane su ključne karakteristike VR okruženja koje uključuju:

- a) trodimenzionalno snimanje,
- b) sposobnost aktivne interakcije sa virtualnim okruženjem i
- c) vizuelne i zvučne povratne informacije.

Bitno je istaći da bi ova tehnologija trebala da spriječi korisnike da primjete bilo kakve elemente iz stvarnog svijeta tako što će biti potpuno uronjeni u virtualno okruženje. Najbolji primjer su simulatori letenja gdje su korisnici dio simuliranog iskustva (Kardong-Edgren *et al.*, 2019). Još jedan važan pojam u vezi sa VR-om je **imerzija**. Slater (2009) je definisao imerziju kao „senzorno-motorne nepredviđene situacije dostupne unutar virtualnog okruženja“.

Tehnologija virtualne stvarnosti povećava empatiju i može uticati na to da se ljudi ponašaju proekološki. Nefitne organizacije sve više plasiraju svoje ciljeve koristeći virtualnu stvarnost i prijavljuju povećanje donacija kada se koristi VR tehnologija (Nelson, Anggraini i Schlüter, 2020). Područje dizajna za održivo ponašanje, odgovara na ovu potrebu kroz razvoj proizvoda, sistema i usluga koji podržavaju promjenu navika ljudi i procesa donošenja odluka. U tom smislu, virtualna stvarnost je obećavajući alat koji se već pokazao kao pokretač održivih promjena ponašanja u nekoliko situacija, kroz širok raspon uređaja, tehnologija i modaliteta (Scurati *et al.*, 2021a). Mogućnost diverzifikacije iskustava ovisno o korisniku i stilovima učenja može biti velika prednost u obrazovanju (Liu, Cheng i Chen, 2019) i razvijanju ekološke svijesti.

Ekološko obrazovanje prema Monroe *et al.* (2019) „obuhvata pristupe, alate i programe koji razvijaju i podržavaju stavove, vrijednosti, svijest, znanje i vještine vezane za životnu sredinu koje pripremaju ljude da preduzmu informisane akcije u ime životne sredine“. Nastavnici koji primjenjuju odgovarajuće nastavne metode i dostupne materijale za poboljšanje ekološke etike i ekološke pismenosti mogli bi imati efikasniju nastavu i bolji nastavni učinak (Paakkari i George, 2018). U ovom slučaju, virtualna stvarnost se primjenjuje u ekološkom obrazovanju kako bi se raspravljalo o utjecaju na etiku i ekološku pismenost. „Kompjuterski generisana stvarnost, koja omogućava učeniku ili grupi učenika da iskuse različite slušne i vizuelne podražaje. Ova stvarnost se može doživjeti korištenjem specijalizovanih slušalica i naočara“ (Kardong-Edgren *et al.*, 2019). Studija je pokazala da su učenici zadovoljni učenjem kroz virtualnu stvarnost, jer je lako razumljivo i zadovoljava sve njihove potrebe za učenjem (Raja i Priya, 2021). Srisuphab *et al.* (2014) su dizajnirali aplikaciju (ZooEduGuide) za motiviranje tinejdžera i djece da uče o divljim životinjama i da podignu njihovu svijest o očuvanju okoliša. Prema teoriji prostorne prisutnosti, imerzivni video snimci od 360° se percipiraju kao neposredna iskustva prirode. Rezultati pokazuju da impresivni video snimci prirode promovisu jači osjećaj prostorne prisutnosti i posvećenosti okolišu od običnih video zapisa prirode (Breves i Heber, 2020).

Ekstremne promjene u okolišu podstakle su razvoj i korištenje senzorskih mreža za podatke o okolišu. Vizuelizacija takvih podataka je važno pitanje. Za Veas *et al.* (2013) monitoring životne sredine je „proces kontinuiranog posmatranja i redovnog mjerenja parametara životne sredine određenog područja u cilju razumjevanja neke pojave“. Tehnike koje simuliraju određena okruženja i situacije također mogu omogućiti uštedu resursa i smanjenje putovanja i emisije. Primjeri za to su VR simulacije vožnje automobila ili aviona koje se mogu koristiti za obuku novih vozača/pilota što je prezentirano u radu Riegler, Riener i Holzmann (2019) i Bruguera *et al.* (2019). Simulacije za druge oblike obuka kao što su rukovanje složenom mašinerijom ili čak obuka osoblja za kritične situacije prikazane su u radu Gavish *et al.* (2015) i Engelbrecht, Lindeman i Hoermann (2019). Nivo uspjeha ovakvih aplikacija u velikoj mjeri ovisi o korisnosti simulacije. Na primjer, vatrogasci treniraju u gotovo kontroliranom okruženju, ali ti uvjeti za obuku su i dalje vrlo opasni, jer se moraju pripremiti za opasne situacije u stvarnom životu. Ova obuka nije samo opasna po život već i štetna po životnu sredinu, stoga je dobro imati ove obuke u virtualnom okruženju (Rambach *et al.*, 2021). Zatim imamo primjer Holoroom Test Drive (2022) koji se koristi kao model za isprobavanje prije kupovine kako bi se omogućilo kupcima da isprobaju opasne proizvode poput motornih pila ili trimera za živu ogradu u sigurnom, virtualnom prostoru. Ovaj hardver je napravljen po narudžbi za edukativnije i impresivnije iskustvo. Simulacije poput ovih pomažu u smanjenju broja vraćene robe, a time i ekološkog otiska (Rambach *et al.*, 2021).

Svakim danom imamo sve više primjera upotrebe VR i AR u upravljanju katastrofama i pronalaženju, analizi i vizuelizaciji podataka o okolišu kroz razne aplikacije. Ciljevi dizajna ovih aplikacija uglavnom uključuju povećanje svijesti javnosti o prirodnim katastrofama uz

privlačnu grafiku i interakciju, efikasno i djelotvorno prezentiranje informacija o okolišu za obrazovanje studenata na fakultetima, pružanje sistema podrške odlukama za planiranje okoliša i upravljanje katastrofama, obučavanje osoba koje prve reaguju i osoblja za održavanje, i unapređivanje konvencionalnog preuzimanja i obrade podataka o životnoj sredini u realnom vremenu (Sermet i Demir, 2020). EcoMUVE nastavni plan i program koristi aktivnosti istraživanja u impresivnom simuliranom okruženju (VR) dizajniranom da pomogne studentima da nauče dinamiku sistema i uzročnu složenost svojstvenu procesima ekosistema. Iskustva učenja na otvorenom EcoMOBILE koriste pametne telefone sa iskustvom proširene stvarnosti (AR) i probeware za prikupljanje naučnih podataka tokom lokalnih izleta (Kamarainen *et al.*, 2018).

Smanjenje direktnog doživljaja prirode ima štetne posljedice ne samo za ljudsku dobrobit i zdravlje, već i za emocionalne odnose, stavove i ponašanje ljudi prema prirodi i biodiverzitetu, a time i potencijalno za dobrobit planete (Truong i Clayton, 2020). Međutim, Clayton *et al.* (2017) predlažu alternativnu konceptualizaciju, opisujući je kao transformaciju, a ne kao izumiranje iskustva. Budući da je mala vjerovatnoća da će se transformacija doživljaja prirode preokrenuti, treba poticati formalno i neformalno obrazovanje o okolišu koje svjesno uči djecu kako razmišljati o odnosu između virtualnog i stvarnog okruženja, tako da jedno u potpunosti ne zamijeni drugo (Truong i Clayton, 2020). Snažan koncept je koncept guranja, intervencija koje mijenjaju odluke ljudi bez prisile, koristeći njihovu tendenciju ponašanja (Thaler i Sunstein, 2008).

Pitanje održivosti jedno je od glavnih briga našeg vremena i uključuje složen skup međusobno povezanih ekoloških, društvenih i ekonomskih problema, i zato je prihvaćeno kao osnovni **problem istraživanja** u ovom radu. Ciljevi održivog razvoja koje su postavile Ujedinjene nacije do 2030. godine uključuju ove tri dimenzije, zahtijevajući, istovremeno, masovno smanjenje korištenja resursa i njihovu dostupnost cjelokupnoj globalnoj populaciji (Griggs *et al.*, 2013). Ova radikalna transformacija određuje potrebu da se obrazuju građani i profesionalci, da se poveća njihova svijest i konačno podrži promjena ponašanja prema svrsishodnijim izborima i navikama potrošača. U tu svrhu, virtualna stvarnost je identificirana kao obećavajući alat i istražena u mnogim kontekstima i za različite teme i ciljeve. Ovo nas dovodi do **predmeta istraživanja** ovog rada koji će biti usmjeren na istraživanje kako i na koji način virtuelna stvarnost može doprinijeti podizanju svijesti o zaštiti i očuvanju životne sredine kroz obuku i obrazovanje, te kako održivi razvoj može biti posljedica tih aktivnosti.

1.1.2. Istraživačka pitanja

Na osnovu pregledane naučne literature i obrazložene teme rada, u nastavku su definisana i istraživačka pitanja na koja će ovaj rad pokušati dati odgovore:

- ◆ Kako i na koji način VR doprinosi obuci i obrazovanju pojedinaca i profesionalaca?
- ◆ Kako i na koji način VR doprinosi podizanju svijesti o zaštiti i očuvanju životne sredine?
- ◆ Kako i na koji način VR doprinosi postizanju održivog razvoja?

1.1.3. Ciljevi istraživanja

U skladu sa definisanim problemom i predmetom istraživanja, proizilaze i osnovni ciljevi ovog istraživanja:

- ◆ Upoznati se sa tehnologijom virtuelne stvarnosti i njenim osnovnim karakteristikama, te predstaviti sfere primjene VR tehnologije kao i njene alate,
- ◆ Dokučiti koliki je doprinos primjene VR tehnologije u obuci i obrazovanju pojedinaca i profesionalaca,
- ◆ Dati uvid u značaj očuvanja životne sredine i postizanja održivog razvoja,
- ◆ Spoznati kako VR doprinosi podizanju svijesti o zaštiti i očuvanju životne sredine,
- ◆ Obrazložiti mogući doprinos VR u cilju postizanja održivog razvoja,
- ◆ Predstaviti prednosti i nedostatke ove tehnologije i dati buduće smjernice u istraživanju ove oblasti.

1.1.4. Metodologija istraživanja

Kako bi ovaj rad ispunio postavljene ciljeve i dao odgovore na istraživačka pitanje biće korištena kvalitativna metodologija istraživanja, kao najprikladnija istraživačka metoda za ovu temu, a to je sistematski pregled literature. Metodologija sistematskog pregleda literature je pristup koji se koristi za sistematično identifikovanje, pregledanje, evaluaciju i sintezu relevantnih naučnih radova na određenu temu. Ovaj pristup ima za cilj objektivno sumirati postojeće dokaze iz literature i donijeti zaključke o stanju i rezultatima istraživanja u datoj oblasti. Prema Cochrane Collaboration sistematski pregled literature je „detaljna, prethodno definisana strategija za identifikaciju, evaluaciju i sintezu svih relevantnih istraživačkih radova o određenom pitanju“ (Cumpston *et al.*, 2019). Definiciju sistematskog pregleda literature dao je i Centar za recenzije i širenje informacija (eng. Centre for Reviews and Dissemination (CRD)) koja glasi: „Sistematski pregled literature je metodološki pristup koji koristi sistematsko i eksplicitno identifikovanje, selekciju, kritičku procjenu i sintezu rezultata relevantnih istraživanja“ (CRD, 2009).

U radu će se koristiti i deskriptivna analiza kako bi se mogla izvršiti analiza citiranosti radova koji su selektovani kao relevantni za ovu temu. Baze podataka koje su se koristile za prikupljanje relevantne stručne i naučne literature su: Google Scholar, Web of Science,

Science Direct i sl., a pored njih i brojne internetske stranice koje pružaju informacije, podatke i publikacije koje su usko povezane sa ovom temom.

1.1.5. Prijedlog strukture rada

Ovaj rad je podijeljen u nekoliko tematskih cjelina u kojima se nastoje postići ciljevi ovog istraživanja kao i odgovoriti na data istraživačka pitanja. U **Uvodu** će biti predstavljeno obrazloženje teme i sama svrha istraživanja iz koje proizlaze istraživačka pitanja, te ciljevi istraživanja. Nakon toga je obrazložena metodologija istraživanja koja će biti primjenjena, a zatim je predložena i struktura rada. Uvodni dio rada se završava referencama koje su bile korištene kao teoretska podloga za definisanje predmeta istraživanja ovog rada.

Zatim je predstavljen **Pregled literature** kao naučni okvir za definisanje ključnih pojmova koji su predmet ovog istraživanja. Predstavljena je virtualna stvarnost (historijski razvoj) kao i njene osnovne karakteristike, te načini primjene ove tehnologije uz upotrebu alata i aplikacija koje podržavaju VR tehnologiju u obrazovanju. Nakon toga dat je uvid u značaj očuvanja životne sredine i postizanja održivog razvoja, te kakva je međusobna povezanost i uticaj ovih pojmova jednih na druge.

Rad se završava sa **Analizom sistematskog pregleda literature i diskusijom** o onome što je iznijeto u identifikovanim resursima, tj. selektiranim radovima na ovu temu, nakon čega je iznesen i **Zaključak** kao kruna svega onog što je u radu predstavljeno. Na samom kraju imamo i pregled korištenih literature te listu priloga.

2. PREGLED LITERATURE

U ovom poglavlju bit će govora o virtualnoj stvarnosti, prije svega o njenoj kompleksnosti u pogledu tehnologija koje su njen sastavni dio, zatim kako je nastala gdje je danas i koje su joj buduće perspektive, i na kraju koje su sfere njene primjene. Zatim će se osvrnuti na ulogu VR-a u obrazovanju i koji su to benefiti koje korisnici imaju od primjene ove tehnologije u nastavnom procesu. Nakon toga će predstaviti važnost očuvanja životne sredine i kako VR može kroz obrazovanje uticati na podizanje svijesti o ovom problemu.

2.1. Virtualna stvarnost

Možemo reći da je virtualna stvarnost tehnološki fenomen koji je transformisao mnoge aspekte stvarnog života. Sve više industrija i sektora prepoznaje potencijal VR-a za poboljšanje, inovaciju i obogaćivanje svojih aktivnosti. Kroz imerzivna iskustva koja nudi, VR nas poziva da istražimo nove dimenzije stvarnosti, stvarajući most između digitalnog i fizičkog svijeta. U nastavku ovog rada, dublje će zaroniti u svet VR tehnologije, istražujući

njene osnovne komponente, primene u različitim sferama obuke i obrazovanja, kao i aktualna i potencijalna istraživanja koja doprinose njenom neprestanom razvoju.

2.1.1. Definiranje virtuelne stvarnosti

Virtuelna stvarnost se odnosi na kompjuterski generisanu simulaciju ili rekreaciju okruženja koja uranja korisnika u virtuelni svijet, obično korištenjem specijalizovanog hardvera kao što su slušalice ili haptički uređaji (Rambach *et al.*, 2021). U nastavku su predstavljeni osnovni pojmovi koji su vezani za ovu vrstu tehnologije kao što su virtuelno okruženje, simulacija virtuelne stvarnosti, imerzija, prisutnost, kao i srodne tehnologije koje će detaljnije biti objašnjene u jednom od narednih poglavlja.

Virtuelna stvarnost prema Department of Defense (2018) predstavlja „upotrebu kompjuterske tehnologije za stvaranje interaktivnog trodimenzionalnog (3D) svijeta u kojem objekti imaju osjećaj prostorne prisutnosti; virtuelno okruženje i virtuelni svijet su sinonimi za virtuelnu stvarnost“. Ona postavlja računarsku tehnologiju, tehnologiju senzora, tehnologiju simulacije i mikroelektronsku tehnologiju u celini i stvara virtuelno okruženje kroz računar. Kroz vizuelne, slušne, taktilne, olfaktorne i druge funkcije, korisnik proizvodi isti osjećaj kao u stvarnosti. Konkretno, moderna high-tech, sa kompjuterskom tehnologijom kao jezgrom, stvara realistično virtuelno okruženje sa specifičnim opsegom vizuelne, slušne i taktilne integracije. Korisnici komuniciraju sa objektima u virtuelnom okruženju na prirodan način uz pomoć potrebnih uređaja, tako da generišu osjećaje i iskustva slična stvarnom okruženju. Na taj način će korisnik imati imerzivni osjećaj i ostvariti direktnu interakciju između korisnika i okoline (Liu, Cheng i Chen, 2019).

Simulacije virtuelne stvarnosti predstavljaju „simulacije koje koriste razne impresivne, vrlo vizuelne, 3D karakteristike za repliciranje situacija iz stvarnog života i/ili zdravstvenih procedura; Simulacija virtuelne stvarnosti razlikuje se od kompjuterske simulacije po tome što obično uključuje fizička ili druga sučelja kao što su kompjuterska tastatura, miš, prepoznavanje govora i glasa, senzori pokreta ili haptički uređaji“ (Lopreiato *et al.*, 2020).

Okruženje virtuelne stvarnosti predstavlja „širok izbor kompjuterskih aplikacija koje se obično povezuju sa imerzivnim, visoko vizuelnim, 3D karakteristikama koje omogućavaju učesniku da gleda unaokolo i da se kreće unutar naizgled stvarnog ili fizičkog svijeta. Generalno se definiše na osnovu vrste tehnologije koja se koristi, kao što su ekrani na glavi, stereoskopske mogućnosti, ulazni uređaji i broj stimuliranih senzornih sistema“ (Lopreiato *et al.*, 2020).

Još jedan važan pojam u vezi sa VR-om je imerzija, tj uronjenost. **Imerzivna virtuelna stvarnost** se odnosi na oblik virtuelne stvarnosti koji stvara visok stepen senzorne imerzije i prisutnosti, omogućavajući korisnicima da se osećaju potpuno uronjeni i angažovani u

virtuelnom okruženju (Cummings i Bailenson, 2016). Slater (2009) je definisao imerziju kao senzorno-motorne nepredviđene situacije dostupne unutar virtuelnog okruženja. Imerzivna virtuelna stvarnost ima za cilj da stvori osjećaj prisustva i uranjanja tako što okružuje korisnika realističnim i interaktivnim virtuelnim okruženjem, angažujući više čula kako bi se pružio osećaj „bivanja tamo“ u virtuelnom svjetu.

Tehnološka rješenja koja se koriste za implementaciju osnovne funkcije VR-a su brojna od kojih će ovdje biti spomenuta samo neka. Haptička povratna informacija odnosi se na upotrebu taktilnih senzacija i povratnih informacija, kao što su vibracije ili sila, za simulaciju dodira i poboljšanje osjećaja realizma i interakcije unutar virtualnog okruženja (Arnaldi, Guitton i Moreau, 2018). Displej montiran na glavu je nosivi uređaj, obično u obliku slušalica, koji prikazuje virtuelni sadržaj i pruža vizuelni i slušni interfejs korisniku, često uključuje praćenje pokreta za upečatljivije iskustvo (Slater i Wilbur, 1997). Tehnologija praćenja pokreta se koristi u virtuelnom okruženju, omogućavajući interakciju u realnom vremenu i manipulaciju virtuelnim objektima (Lécuyer *et al.*, 2008).

Ovi citati naglašavaju osnovni koncept VR-a kao tehnologije koja stvara kompjuterski generisana okruženja ili simulacije u koje korisnici mogu da se urone i sa njima komuniciraju, bilo da simuliraju iskustva iz stvarnog svijeta ili potpuno izmišljene svjetove. Noseći VR slušalice, korisnici mogu vizuelno, a ponekad i zvučno preći u virtuelni svijet koji djeluje opipljivo i interaktivno. Za razliku od tradicionalnih oblika medija, kao što su knjige ili filmovi, virtuelna stvarnost omogućava korisnicima da se aktivno uključe u svoje okruženje i iskuse osećaj prisustva u virtuelnom okruženju.

2.1.2. Kako virtuelna stvarnost funkcioniše

Virtuelna stvarnost radi tako što kreira digitalni prikaz fizičkog okruženja korisnika i preklapa ga sa virtuelnim svijetom. Ovo se postiže kombinacijom hardverskih i softverskih komponenti koje rade zajedno kako bi pružile impresivno iskustvo. U nastavku je dat kratki pregled ključnih elemenata tog procesa.

◆ Praćenje glave i položaja tijela

Da bi virtuelna stvarnost bila zaista impresivna, praćenje glave i položaja je ključno. Tehnologija praćenja glave prati pokrete glave korisnika, omogućavajući virtuelnom okruženju da reaguje u realnom vremenu. Ovo se postiže žiroskopskim sensorima, akcelerometrima i magnetometrima ugrađenim u slušalice. Praćenje položaja, s druge strane, omogućava korisnicima da se kreću unutar virtuelnog prostora. Ova karakteristika se mjeri stepenom slobode (DoF), pri čemu 6DoF pruža najrealnije iskustvo. Sensori postavljeni izvan VR slušalica, kao što su kamere ili tragači pokreta, bilježe pokrete korisnika i prevode ih u virtuelno okruženje (Cummings i Bailenson, 2016).

◆ VR slušalice

U srži virtualne stvarnosti su VR slušalice koje se nose na glavi korisnika i pokrivaju oči. Slušalice sadrže ugrađene ekrane, obično LCD ili OLED ekrane, koji korisniku prikazuju virtualno okruženje. Ovi ekrani se mogu podijeliti kako bi se postigao stereoskopski 3D efekat, odnosno prikazivanje odvojene slike za svako oko. Slušalice također uključuju sočiva koja pomažu u fokusiranju i preoblikovanju slika, stvarajući realističnije i impresivnije iskustvo. Neke vrhunske VR slušalice, kao što su HTC Vive i Oculus Rift, zahtijevaju povezivanje s konzolom ili računarom, dok druge, poput Google Daydream i Samsung Gear VR, koriste pametne telefone kao primarni ekran (Slater i Wilbur, 1997).

◆ Audio i zvučni efekti

Dok vizuelni elementi igraju značajnu ulogu u virtualnoj stvarnosti, zvuk je jednako važan za stvaranje osjećaja uronjenosti. Tehnologija prostornog zvuka koristi se za simulaciju zvuka koji dolazi iz različitih smjerova, replicirajući način na koji percipiramo zvuk u stvarnom svijetu. Ovo pomaže korisnicima da lociraju objekte ili događaje u virtualnom okruženju i doprinosi ukupnom realizmu doživljaja (Arnaldi, Guitton i Moreau, 2018).

◆ Uređaji za praćenje pokreta i unos

Da bi se poboljšala interakcija korisnika u virtualnoj stvarnosti, koriste se uređaji za praćenje pokreta i unos. VR slušalice kao što su Oculus Rift i HTC Vive dolaze sa ručnim kontrolerima koji omogućavaju korisnicima da manipuliraju virtualnim objektima ili da se kreću kroz virtualno okruženje. Ovi kontroleri su opremljeni raznim sensorima i dugmadima za otkrivanje gestova i pružanje povratnih informacija. Jedna od ključnih karakteristika VR tehnologije je tehnika "room-scale tracking". Na primer, uređaji kao što je HTC Vive omogućavaju korisnicima da se kreću po fizičkom prostoru, što se reflektuje u virtualnom okruženju. Autori (Lécuyer *et al.*, 2008) napominju da "room-scale tracking" doprinosi osjećaju prisustva u virtualnom svijetu i povećava stepen imerzije.

Druge metode unosa, kao što su glasovne kontrole, pametne rukavice i trake za trčanje, također se istražuju kako bi se dodatno poboljšala priroda doživljaja virtualne stvarnosti. Ova poboljšanja u uređajima za unos omogućavaju korisnicima da imaju intuitivniju i realniju interakciju sa virtualnim svijetom. Takođe, haptički povratni odziv doprinosi realizmu iskustva. Rukavice i kontroleri omogućavaju korisnicima da dodiruju, hvataju i manipuliraju virtualnim objektima. Prema Arnaldi, Guitton i Moreau (2018), "haptički povratni odziv povećava osećaj prisustva i korisnicima omogućava da se osećaju kao da zaista dodiruju virtualne objekte."

Tehnologija virtualne stvarnosti je revolucionarni iskorak u načinu na koji percipiramo i interagiramo sa digitalnim svetom. VR nas uranja u simulirane realnosti koje oslobađaju

granice fizičkog svijeta. Način na koji VR tehnologija djeluje zahtijeva složen inženjering kako bi simulirala realnost sa visokim stepenom imerzije. Potrebno je osvrnuti se i na tehničke aspekte funkcionisanja VR tehnologije, tj. predstaviti vrste tehnologije koje podržavaju VR.

2.1.2.1. Tehnologije na kojima počiva virtuelna stvarnost

U prethodnom izlaganju smo dobili uvid u način funkcionisanja VR-a i koja tehnologija stoji iza toga. Međutim potrebno je još dublje predstaviti segmente, tj. vrste tehnologija koje VR čine tako imerzivnom. Na prvom mjestu je svakako **tehnologija pozicioniranja i orijentacije** koja igra ključnu ulogu u virtuelnoj stvarnosti. Ova tehnologija doprinosi imerzivnosti iskustva i omogućava korisnicima da se slobodno kreću i interreaguju sa virtuelnim svijetom. U velikoj mjeri se oslanja i prepliće sa **optičkom tehnologijom i tehnologijom senzora** u cilju izgradnje najefikasnijih rješenja u upotrebi VR-a. Zasniva se na nekoliko slijedećih softverskih rješenja:

- **Inercijalna mjerenja** ili inercijalni senzori, poput akcelerometara i žiroskopa, koriste se za mjerenje ubrzanja i rotacije. Ovi senzori bilježe promjene brzine i orijentacije korisnika, omogućavajući sistemima VR-a da reaguju na pokrete. Inercijalni senzori pružaju osnovne informacije o orijentaciji korisnika (Arnaldi, Guitton i Moreau, 2018).

- **Magnetometri** koriste magnetna polja kako bi odredili geografski položaj i orijentaciju korisnika. Ova tehnologija je posebno korisna u slučajevima kada GPS signal nije dostupan. Prema autorima Arnaldi, Guitton i Moreau (2018), magnetometri pružaju informacije o pravcu i orijentaciji korisnika u odnosu na magnetno polje Zemlje.

- **Kombinacija senzora** se često koristi kako bi se postigla tačnija detekcija položaja i orijentacije. Ova tehnika se naziva senzorsko fuzioniranje. Prema radu Sabatini (2006) "kombinacija senzora omogućava kompenzaciju individualnih nedostataka senzora i poboljšava tačnost praćenja pokreta korisnika."

- **Bežična tehnologija praćenja** ili bežični sistemi, poput infracrvenih kamera i baznih stanica, koriste se za praćenje markera na korisničkom tijelu ili uređajima kako bi se odredila njihova pozicija i orijentacija. Autori Arnaldi, Guitton i Moreau (2018) ističu da bežični sistemi pružaju realno vrijeme praćenja pokreta i visoku tačnost pozicioniranja.

- **Stereoskopska kamera** koristi dvije kamere za snimanje slike sa različitih perspektiva, omogućavajući tačno određivanje dubine i pozicije objekata. Ova tehnologija koristi dubinu i trodimenzionalnost kako bi stvorila iluziju stvarnog prisustva u virtuelnom svijetu. Stereoskopske kamere poboljšavaju preciznost praćenja pokreta i dubinsku percepciju korisnika (Arnaldi, Guitton i Moreau, 2018).

- **Markerless praćenje** je praćenje bez potrebe za posebnim markerima. Optička tehnologija omogućava markerless praćenje korisnika. Korištenjem analize kamere, sistemi VR mogu precizno pratiti pokrete korisnika bez dodatnih uređaja. Prema (Mathis *et al.*, 2018) markerless praćenje omogućava prirodnu i fluidnu interakciju korisnika sa virtuelnim svijetom.

- **Tehnologija praćenja pogleda** (eng. Eye Tracking) prati pokrete korisničkih očiju kako bi se odredilo na koje tačke korisnik gleda. Ova tehnologija ima veliki potencijal u virtuelnoj stvarnosti (VR) jer omogućava precizno mapiranje korisničkog fokusa i interakciju sa virtuelnim objektima (Majaranta i Bulling, 2014). Također se koristi i za istraživanje korisničkog ponašanja i reakcija tokom VR iskustava.

3D tehnologija se odnosi na set tehnika, alatki i procesa koji omogućavaju stvaranje, prikazivanje i interakciju sa trodimenzionalnim objektima i scenama. Ova tehnologija se često koristi za stvaranje iluzije dubine i prostorne percepcije u digitalnom okruženju. Ona može uključivati upotrebu 3D modeliranja, stereoskopskog prikaza, 3D štampe, 3D skeniranja i drugih metoda kako bi se postigla trodimenzionalna reprezentacija objekata ili informacija. 3D tehnologija se primjenjuje u različitim industrijama, uključujući dizajn, medicinu, geografiju, animaciju, video igre i virtuelnu stvarnost (Lécuyer *et al.*, 2008).

3D tehnologija i VR su usko povezani, jer ova tehnologija doprinosi modeliranju VR okruženja i stvaranju što realističnijeg ambijenta u kome se izvode projekcije. To se postiže korištenjem tehnika 3D modeliranja i renderiranja. Ovi 3D modeli i okruženja simuliraju stvarni svijet ili fantastične prostore, omogućavajući korisnicima da istražuju i komuniciraju s njima. VR sadržaj često uključuje 3D videozapise i animacije, pri čemu je moguće kreirati sadržaj sa videima od 360 stepeni pa sve do potpuno interaktivnih 3D iskustava, omogućavajući korisnicima da istraže različite perspektive u virtuelnom svijetu. Za stvaranje realističnih VR okruženja, koriste se tehnike 3D skeniranja i fotogrametrije za snimanje objekata i lokacija iz stvarnog svijeta u tri dimenzije. Ovi podaci se zatim integriraju u VR iskustva (Bruno *et al.*, 2010).

VR slušalice često koriste već spomenute stereoskopske displeje kako bi pružile percepciju dubine i stvorile 3D efekat. Ovo uključuje predstavljanje vrlo sličnih slika svakom oku, oponašajući način na koji ljudski vid percipira dubinu. Pored vizuelnih elemenata, 3D audio tehnologija se koristi za poboljšanje osećaja uronjenja u VR i omogućavanje prostornog pozicioniranja zvuka, stvarajući realistično audio okruženje. Mnoge VR aplikacije uključuju 3D korisnička sučelja (UI) i kontrole. Korisnici mogu komunicirati sa objektima i menijima u tri dimenzije, čineći iskustvo intuitivnijim (Bruno *et al.*, 2010).

Kada je riječ o stvaranju uronjenog audiovizuelnog iskustva kroz VR naočale i slušalice, susrećemo se sa više tehnoloških rješenja. **Tehnološka funkcionalnost VR naočala** zavisi od složene integracije komponenti koje omogućavaju korisnicima da dožive virtuelni svijet.

Ono što ih čini tako učinkovitim jeste to što se projekcija vizuelnog sadržaja odvija direktno pred očima korisnika što automatski smanjuje mogućnost ometanja i skretanja fokusa sa sadržaja na bilo koji drugi element iz okruženja.

Prikazivači (ekrani) u VR naočalama omogućavaju korisnicima da vide virtuelni svijet sa visokom rezolucijom i širokim vidnim poljem (Arnaldi, Guitton i Moreau, 2018). Računarstvo u VR naočalama obrađuje grafičke podatke u stvarnom vremenu i generiše sliku koja se prikazuje korisniku. Grafika u stvarnom vremenu je ključna za održavanje glatke i realistične vizuelne prezentacije (Lécuyer *et al.*, 2008). Povezanost putem bežične tehnologije poput Bluetooth-a omogućava komunikaciju između VR naočala i drugih uređaja, kao što su računari, pametni telefoni ili konzole. Ovo omogućava prijenos podataka, ažuriranja i interakciju sa spoljnim izvorima. VR naočale kombinuju senzore za praćenje pokreta, optičke sisteme praćenja, moćno računarstvo i visokokvalitetne prikazivače kako bi omogućile korisnicima da dožive vizuelno bogate i uronjene virtuelne svjetove.

Pored ekrana imamo i integrisane zvučnike ili slušalice koje pružaju zvučne efekte i 3D audio iskustvo. **Tehnologije korištene u slušalicama** omogućavaju korisnicima da čuju zvukove iz virtuelnog svijeta sa visokom preciznošću i imerzivnošću. VR slušalice često imaju ugrađene zvučnike ili drajvere koji direktno usmjeravaju zvuk ka korisničkim ušima. Ova tehnologija omogućava da zvuk dolazi sa određenih tačaka u virtuelnom okruženju.

Binauralni zvuk ili tehnike kao što su HRTF omogućavaju precizno lociranje zvuka u virtuelnom svijetu (Rummukainen *et al.*, 2018). Ove tehnologije koriste tehniku snimanja koja oponaša ljudski sluh, omogućavajući simulaciju trodimenzionalnog zvuka. Binauralni zvuk pruža preciznu lokalizaciju zvukova i stvara duboko imerzivno audio iskustvo (Naef, Stadt i Gross, 2002). Tu je svakako i 3D audio tehnologija koja koristi algoritme za obradu zvuka kako bi stvorila iluziju trodimenzionalnog prostora u slušalicama (Lécuyer *et al.*, 2008). Zatim imamo aktivno poništavanje buke koja koristi mikrofone za detekciju spoljne buke i generiše obrnuti signal kako bi je neutralisalo. Ovo poboljšava kvalitet zvuka i smanjuje distrakcije. Aktivno poništavanje buke omogućava korisnicima da se potpuno fokusiraju na virtuelno iskustvo (Rummukainen *et al.*, 2018). Postoje i haptičke slušalice koje koriste vibracione motore kako bi generisale dodatne senzacije koje dopunjuju audio iskustvo. Neke VR slušalice koriste tehnologije za personalizaciju zvuka, kao što su profilisanje korisničkog sluha ili adaptivne algoritme za podešavanje zvuka u skladu sa korisničkim preferencama (Angelov *et al.*, 2020).

Haptička tehnologija, također poznata kao tehnologija taktilnih povratnih informacija, omogućava korisnicima da osjete dodir, pritisak, teksturu i druge senzacije u virtuelnom okruženju. Ova tehnologija doprinosi imerzivnosti virtuelne stvarnosti omogućavajući korisnicima da interreaguju sa virtuelnim objektima na način koji je bliži stvarnom iskustvu.

To se postiže kombinacijom još nekih tehnologija poput elektrotaktilne koja koristi električne impulse kako bi simulirala osećaj dodira. Prema istraživanju Biswas i Visell (2021) „elektrotaktilna povratna informacija pruža precizno mapiranje taktilnih senzacija na korisničke prste.“ Sljedeća je vibraciona tehnologija koja je često integrisana u haptičke uređaje kako bi pružila vibracione podražaje korisnicima tokom interakcije sa virtuelnim objektima (Biswas i Visell, 2021).

Brojni alati se koriste u implementaciji ove tehnologije pa ću se osvrnuti samo na neke koji su najčešće u upotrebi:

- **Haptičke rukavice** omogućavaju korisnicima realističan osećaj dodira i teksture sa objektima u virtuelnom okruženju.

- **Haptičke palice ili kontroleri** pružaju taktilne povratne informacije korisnicima tokom interakcije sa virtuelnim svetom. Haptičke palice omogućavaju korisnicima da osjete udarce, trenje i druge senzacije prilikom manipulacije virtuelnim objektima.

- **Kožni prikazivači** koriste malene elektromagnete za stvaranje pritiska na koži korisnika kako bi simulirali dodir sa različitim površinama. Oni omogućavaju precizno prenošenje senzacija dodira i teksture.

- **Vibro-taktilne matrice** koriste mrežu vibracionih motora kako bi pružili različite nivoe pritiska i stimulacije korisnikovoj koži. One omogućavaju korisnicima da osjete složene teksture i oblike virtuelnih objekata (Biswas i Visell, 2021).

Naredna veoma važna tehnologija za VR je **tehnologija simulacije** koja doprinosi raznovrsnosti VR iskustava, omogućavajući korisnicima da se suoče sa realističnim scenarijima, obuče veštine, istraže nove ideje i rješavaju kompleksne probleme. Simulacija omogućava kreiranje virtuelnih svjetova sa kontrolisanim uslovima za istraživanje, obuku ili zabavu (Smith, 1999). Ovaj proces počinje od kreiranja fizičkog modela uz primjenu fizike za simulaciju kako bi se stvorila realistična ponašanja objekata u virtuelnom svijetu. Na primer, igre u VR mogu koristiti fiziku simulacije za rekreiranje realnih pokreta i kolizija objekata. Zatim, simulacija se može koristiti za emuliranje osjetila kao što su vid, sluh i dodir. Tehnologija simulacije osjetila omogućava korisnicima da dožive imerzivna i autentična iskustva koja angažuju više čula (Sirohi, Agarwal i Maheshwari, 2020). Pored svijeta igara simulacije se koriste i u medicinskoj oblasti, za obuke i edukaciju kao i za inženjering i dizajn.

Računarstvo omogućava razvoj, optimizaciju i upravljanje svim ključnim aspektima VR-a, pa je zato važno predstaviti i ovu tehnologiju. **Računarska tehnologija** se koristi za kreiranje i renderovanje kompleksnih 3D modela i okoline koje čine virtuelni svijet. To uključuje stvaranje tekstura, osvjetljenja, efekata i simulaciju fizike kako bi se postigao

autentičan izgled. Za postizanje fluidnih i realističnih VR iskustava potrebna je visoka računarska snaga. Računari sa snažnom grafičkom karticom su ključni za VR, jer moraju generisati visokokvalitetnu 3D grafiku i renderovati je u stvarnom vremenu. Računarski inženjering se koristi za optimizaciju performansi kako bi se postigle visoke stope slika (FPS) i niska latencija (Möller, Haines i Hoffman, 2018).

Računarstvo se koristi za interpretaciju podataka raznih vrsta senzora. Ono omogućava obradu podataka dobijenih od senzora za praćenje pokreta, orijentacije i pokreta očiju kako bi se pratio korisnikov položaj i kreacija prostornih podataka. Razvoj softvera i hardvera za kontrolu i interakciju korisnika sa virtuelnim svijetom zahteva računarstvo. Programeri koriste računarstvo kako bi kreirali VR aplikacije, igre i simulacije koje omogućavaju korisnicima da istražuju virtuelni svijet (Rambach *et al.*, 2021).

Dakle, vidimo da je VR svijet jedna kompleksna tvorevina i zahtjeva mnogo interdisciplinarnih djelovanja kako bi se stvorilo, funkcionisalo i pružilo imerzivno iskustvo pri korištenju. Razvoj raznih gore spomenutih tehnologija dovodi i do usavršavanja i proširenja spektra korisničkih mogućnosti kada je VR u pitanju. Zasiurno da je ovo jedna od tehnologija koje će širiti spektar svoje primjene i u budućnosti na razne životne sfere kojih trenutno nismo ni svjesni. U nastavku izlaganja će biti govora o tome kako je sve ovo počelo.

2.1.3. Razvoj i sfere primjene virtuelne stvarnosti

Danas kada govorimo o VR tehnologiji pomislimo kako je ona dio novijih tehnoloških dostignuća. U našoj percepciji teško je razdvojiti od modernih telefona, konzola za igrice ili filmske industrije i njenih SF (eng. Science Fiction – naučna fantastika) filmova. Ipak ona ima svoje začetke još u prošlom stoljeću i od svog nastanka pa sve do danas je mijenjala svoje oblike i načine primjene, te i dalje nastavlja da se razvija i pronalazi nove sfere upotrebe što ćemo vidjeti u nastavku ovog rada.

2.1.3.1. *Historijski osvrt na razvoj VR tehnologije*

Virtuelna stvarnost je tehnologija koja je posljednjih godina privukla značajnu pažnju zbog svoje sposobnosti da stvori impresivna iskustva i prenese korisnike u nova okruženja. VR više nije samo grana tehnologije, već utiče na promjenu igre koja ima potencijal da revolucionira više industrija. To je zato što VR ima sposobnost da stvori iskustva koja je ranije bilo nemoguće ili nepraktično postići u fizičkom svijetu i ako se sada osvrnemo na same početke njenog stvaranja vidjet ćemo da je prošla značajan historijski razvoj, te će u nastavku ovog rada biti riječi o tome.

Uzimajući u obzir obuku kao jednu od namjena za koje se danas koristi VR tehnologija, može se reći da njen nastanak datira još i prije pojave modernih računara. Davne 1929. godine Edwin Link, američki poduzetnik, inovator i zaljubljenik u avijaciju, projektovao je prvi simulator leta koji se ujedno smatra i prvim strojem sa virtuelnim iskustvom. On je bio ponukan potrebom za sigurnom obukom pilota koji tek uče vještine letenja (Bailenson, 2018). Koncept VR-a se nastavio razvijati i tako je 1962. godine Morton Leonard Heilig izumio Sensorama, mehanički uređaj koji je pružao multisenzorno iskustvo, uključujući vizuele, zvukove, pa čak i mirise. Njegov izgled vidimo na Slici 1, lijevo.

Slika 1. Heiligova Sensorama - lijevo i Damoklov mač - desno



Izvor: Basso (2017)

Zatim je 1968. godine Ivan Sutherland razvio prvi ekran na glavi (HMD) pod nazivom "Damoklov mač", kojeg vidimo na Slici 1, desno. Sutherlandov rad je postavio temelje za razvoj impresivnih VR iskustava i smatra se prvim VR naočalama (Basu, 2019). Potom je uslijedio koncept "The Ultimate Display" također od Ivana Satherlanda, vidimo ga na Slici 2, koji je zamišljao virtuelni svijet koji može u potpunosti stimulirati sva ljudska čula (Schmalstieg i Höllerer, 2016).

Slika 2. The Ultimate Display



Izvor: Schmalstieg i Höllerer (2016)

1970-ih i 1980-ih godina prošlog vijeka, VR je dobio zamah u razvoju simulacija leta za obuku pilota. Projekti poput "Aspen Movie Map" i "Virtual Cockpit" istraživali su potencijal VR-a u stvaranju realističnih virtuelnih okruženja (Basu, 2019). 1975. godine pojavio se izum Erica Howletta pod nazivom ekstremni širokopojasni optički sistem LEEP (eng. Large Expanse, Extra Perspective optical system), koji je danas osnova za većinu naočala (eng. headset) za VR tehnologiju (Basu, 2019).

Nakon izuma u obliku naočala 1982. godine dolazi do proširenja virtuelnog iskustva na upotrebu rukavica, gdje se Thomas Zimmerman sa svojim izumom optičke rukavice priključio kompaniji VPL kako bi 1987. godine na tržište izbacili uređaj koji uz pomoć rukavice uspostavlja interakciju sa prividnim objektima. Taj uređaj je dobio ime DataGlove, nakon kojeg je konstruisan i DataSuit koji prati pokrete tijela kao i EyePhone koji opet prati pokrete glave (Basu, 2019).

Devedesete su svjedočile porastu VR aplikacija za zabavu i igre. Kompanije poput Sega i Nintendo predstavile su VR igračke konzole, iako se tehnologija suočila s ograničenjima i nije uspjela steći popularnost. Riječ je o 3D alatu za video igrice koji je plasiran na tržište 1995. godine od strane Nintendo takozvani Virtual Boy koju možemo da vidimo na Slici 3. Razlog njegovog neuspjeha bio je u tome što je uzrokovao značajne glavobolje kod korisnika i proces korištenja je bio dosta neprecizan i zahtjevan što je smanjivalo osjećaj užitka pri korištenju istih. Poslije šest mjeseci povučen je sa tržišta (Rubin, 2020). Kada je riječ o

napredak u ekranima, tj. montiranim na glavu, kasni 20. vijek doživio je značajan napredak u HMD tehnologiji. Jaron Lanier, pionir u VR-u, uveo je termin "virtuelna stvarnost" i razvio prvi komercijalno dostupan HMD, poznat kao "EyePhone" (Basu, 2019).

Slika 3. Nintendov 3D alat za igrice tzv. Virtual Boy



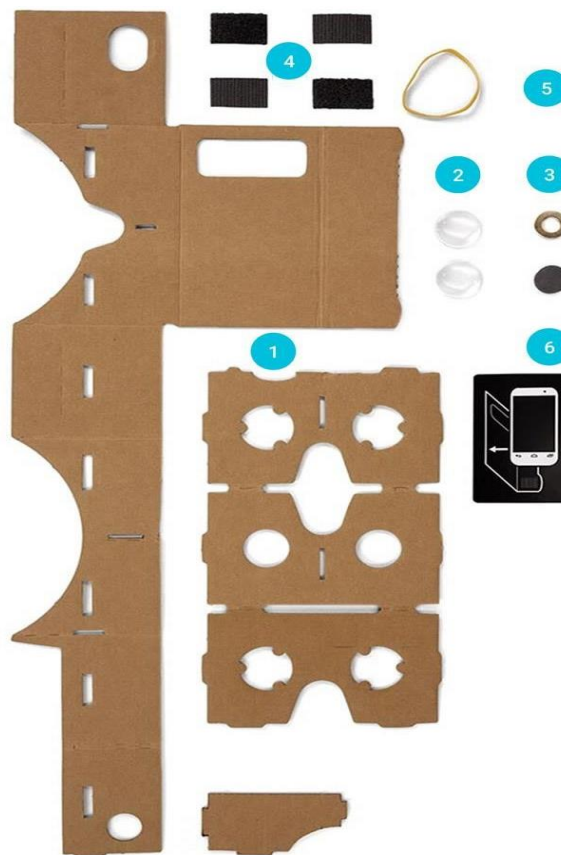
Izvor: Rubin (2020)

Pored navedenog ova tehnologija dobija svoju ulogu i u drugim djelatnostima pored vojne industrije i zabave, pa je tako našla svoju primjenu u obrazovanju i u medicini. Profesor Michitaka Hirose sa Univerziteta u Tokiju dao je svoj doprinos u primjeni virtuelne stvarnosti u obrazovanju i tako 1998. godine razvio dva VR okruženja pod nazivom CABINE i COSMOS. Nedugo nakon toga 2005. godine Albert Rizzo se bavi proučavanjem upotrebe VR-a u psihologiji i rehabilitaciji. Sa druge strane profesor za virtuelno okruženje Mel Slater, sa Univerziteta UCL iz Londona, je 2008. godine osnovao laboratorij u Barseloni pod nazivom EVENT (eng. Experimental Virtual Environments for Neuroscience and Technology) u kojoj se i dan danas bavi dubljim razumjevanje i istraživanjima primjene ove tehnologije u društvenim situacijama (Crecente, 2016).

Sva ova dostignuća na polju VR tehnologije ipak nisu doživjela neki zapažen uspjeh na tržištu sve do 2010. godine kada je Microsoft plasirao uređaj Kinect za svoju konzolu Xbox (Crecente, 2016), koji je mogao pratiti ljudske pokrete te je u samo tri mjeseca ostvario prodaju od 10 miliona primjeraka i tako ušao u Guinness-ovu knjigu rekorda kao najprodavaniji uređaj za zabavu. Iste godine osnivač kompanije Oculus VR, Palmer Luckey, kreirao je prvi prototip ekrana za glavu HMD (eng. Head-mounted display) sa velikim vidnim poljem,

kojem se nedugo zatim pridružuje John Carmack (kreator kompjuterskih igara poput Doom i Quake) sa ciljem zajedničkog rada na razvoju Oculus Rift-a. Prodajom Oculus-a Facebook-u 2014. godine potaknuta su velika interesovanja za VR tehnologiju, kako kod inženjera i inovatora tako i kod investitora, što je dovelo do velikog rasta ove industrije (Crecente, 2016). Ovoj tržišnoj utakmici pridružuje se i Google sa svojim jednostavnim kartonskim rješenjem koje podržava VR tehnologiju. Riječ je o Cardboard-u naočalama koje predstavljaju HMD s lećama i koriste se u kombinaciji sa pametnim telefonima i odgovarajućim aplikacijama kako bi se postiglo VR iskustvo, a prikazane su na Slici 4 (Arnaldi, Guitton i Moreau, 2018).

Slika 4. Dijelovi Google Cardbord naočala



Izvor: Get Cardboard – Google VR (2023)

U naredne dvije godine velike kopanije koje su na polju tehnologije već dokazale, razvijaju svoje uređaje na bazi VR tehnologije kao dodatak njihovoj već postojećoj ponudi pametnih telefona. Pa tako Samsung u suradnji s Oculusom razvija Gear VR za svoje pametne telefone, HTC također prati ovaj trend i plasira svoj VR uređaj HTC Vive, kao i Sony koji upotpunjuje svoju konzolu Playstation 4 sa Playstation VR naočalama (Basu, 2019).

U protekloj deceniji došlo je do velikog rasta interesovanja za VR, potaknuto napretkom u tehnologiji prikaza, snagom grafičke obrade i dostupnošću pristupačnih VR slušalica. Danas VR doživljava renesansu sa značajnim napretkom u tehnologiji. Ovi razvoji su otvorili nove mogućnosti za impresivna iskustva u različitim oblastima, uključujući obrazovanje, zdravstvenu zaštitu i obuku. Stvaranjem impresivnih iskustava, pružanjem bezbednog i kontrolisanog okruženja, poboljšanjem pristupačnosti i inkluzivnosti i rešavanjem potencijalnih izazova, VR može nastaviti da se razvija i transformiše društvo. Kako tehnologija nastavlja da napreduje, vjerovatno je da će VR postati sve važniji alat za inovacije i napredak.

2.1.3.2. Sfere primjene virtuelne stvarnosti

Virtuelna stvarnost našla je brojne primjene u raznim industrijama. Iako se igranje često povezuje s VR-om, njegov potencijal seže daleko dalje od zabave. Evo nekih od ključnih oblasti u kojima virtuelna stvarnost ima uticaj.

◆ Zdravstvo

Virtuelna stvarnost je revolucionirala zdravstvenu industriju na nekoliko načina. Koristi se za medicinsku obuku, dozvoljavajući studentima da praktikuju operacije i procedure u sigurnom i kontrolisanom virtuelnom okruženju. Simulacija se koristi za obuku medicinskog osoblja kroz virtuelne scenarije koji simuliraju realne situacije. Ovo praktično iskustvo pomaže im da razviju vještine i steknu samopouzdanje prije nego što rade sa stvarnim pacijentima, gdje se pri tome ne izaziva opasnost po pacijente (Sirohi, Agarwal i Maheshwari, 2020).

Uz pomoć ove tehnologije operacije se mogu izvoditi pomoću robotskog uređaja kojim upravlja hirurg, što smanjuje vrijeme i rizik od komplikacija. Virtuelna stvarnost je također korištena u svrhu obuke u području daljinske telehirurgije u kojoj operaciju izvodi hirurg na lokaciji odvojenoj od pacijenta. Pored rješavanja hirurških problema ova tehnologija se koristi i kao dijagnostički alat, zajedno s drugim medicinskim testovima kao što su rendgenske snimke, skeniranje i analiza krvi kako bi se utvrdio uzrok određenog zdravstvenog stanja. Ovo često uklanja potrebu za daljim intervencijama na pacijentu, kao što je operacija, koja je rizična, skupa i iziskuje postoperativni oporavak pacijenta (Virtual Reality Society, 2017).

Osim toga, VR se koristi u terapeutske svrhe, u liječenju anksioznih poremećaja i posttraumatskih stresnih poremećaja (PTSP) kod žrtava ratnih dešavanja, seksualnog napada ili zlostavljanja uopšte. Studije su pokazale da virtuelna stvarnost može pomoći u rehabilitaciji pacijenata sa fizičkim invaliditetom pružajući impresivna okruženja koja stimulišu kretanje i senzorne funkcije. Također nudi sredstvo za odvratanje pažnje i

relaksaciju za pacijente koji su podvrgnuti bolnim procedurama ili upravljaju kroničnim bolom. VR daje svoj doprinos i u liječenju fobija kao npr. agorafobije, straha od letenja, igala, raznih životinja, javnog govora, opće anksioznosti itd. (Larson *et al.*, 2014; Rizzo, Buckwalter i Neumann, 1997).

Trenutni pristup liječenju hronične boli često se oslanja na upotrebu narkotika, međutim, njihova efikasnost se vremenom smanjuje. Prema rezultatima različitih istraživanja sprovedenih od strane Firsthand Technology, VR ima zapanjujući uticaj na olakšanje hronične boli u poređenju sa konvencionalnim narkoticima. Pored toga, VR se koristi i za snimanje mozga i razvijanje igara za preobuku mozga kod žrtava moždanog udara, a u fazi razvoja su i rješenja za ozljede kičmene moždine i pacijente s amputacijom. Ne treba zanemariti ni svijet meditacije u kojem se također susrećemo sa VR tehnologijom (Mesko, 2017).

◆ Inženjering, arhitektura i dizajn

Arhitekta i dizajneri koriste virtuelnu stvarnost kako bi stvorili impresivna 3D okruženja za planiranje i vizuelizaciju. VR omogućava profesionalcima da šetaju kroz virtuelne zgrade, testiraju različite elemente dizajna i identifikuju potencijalne probleme prije početka izgradnje. Ovo ne samo da štedi vrijeme i resurse, već i poboljšava cjelokupni proces dizajna. Pored toga VR tehnologija omogućava arhitektama stvaranje interaktivnih pregleda svojih dizajna, pružajući klijentima realno iskustvo prostora prije nego što se fizički izgrade (Sirohi, Agarwal i Maheshwari, 2020).

Također, VR pomaže arhitektima i dizajnerima interijera da planiraju i vizueliziraju unutrašnje prostore, uključujući postavku namještaja i izbor materijala. Zatim se koristi za kreiranje virtuelnih obilazaka pri prodaji nekretnina, te za procjenu i unapređenje pristupačnosti za osobe s invaliditetom u svrhu inkluzivnosti i pristupačnosti za sve korisnike. Svi učesnici u ovom procesu mogu zajedno raditi u virtuelnom prostoru, što pojednostavljuje proces saradnje i ubrzava je (Capsule Sight, 2023a).

Kada je inženjering u pitanju VR se koristi za simulaciju procesa izgradnje, što unapređuje planiranje i pomaže u prepoznavanju potencijalnih sigurnosnih rizika. Takođe omogućava analizu ekološke održivosti zgrada, uključujući potrošnju energije, osvjetljenje i termalnu udobnost. Arhitekti i inženjeri koriste VR za izvođenje stres testova i strukturalnih analiza na virtuelnim modelima, čime se smanjuje potreba za fizičkim prototipovima (Capsule Sight, 2023a).

Ova tehnologija je postala neophodan alat u savremenoj arhitekturi i dizajnu, omogućavajući precizno planiranje i interaktivnu saradnju u stvaranju prostora koji su funkcionalni, estetski privlačni i održivi. Ona omogućava zainteresiranim stranama da

steknu realističan osjećaj obima, oblika i prostornih odnosa, što dovodi do odluka s boljim informacijama i poboljšanih ishoda projekta.

◆ Obrazovanje i obuka

Virtuelna stvarnost ima potencijal da transformiše obrazovanje i obuku pružajući impresivna i interaktivna iskustva učenja. U virtuelnim učionicama učenici mogu istraživati historijske znamenitosti, putovati na daleka mjesta ili čak zaroniti u mikroskopski svijet. Ovaj praktični pristup podstiče angažovanje i produbljuje razumevanje, čineći učenje efikasnijim i prijatnijim.

VR nudi mnoge mogućnosti u oblasti obrazovanja: osim što čini posjete virtuelnim muzejima znatno impresivnijim, može pomoći studentima hemije ili biologije da izvode eksperimente u sigurnom virtuelnom okruženju. Studenti umjetnosti mogu istraživati virtuelne umjetničke galerije ili čak izlagati svoje kreacije rame uz rame sa poznatim slikama ili u svojim omiljenim muzejima. S obzirom na smanjenje cijena potrebne opreme, broj potencijalnih primjena virtuelne stvarnosti u obrazovanju rapidno raste, a ovaj trend je i dalje u punom zamahu. Virtuelna stvarnost ima potencijal da revolucionira kako nastavnici podučavaju, tako i kako učenici uče (i3-Technologies, 2023).

Osim tradicionalnog obrazovanja, virtuelna stvarnost se koristi za stručnu obuku u različitim oblastima kao što su avijacija, proizvodnja i vojska. Na primjer, avio-kompanije koriste VR simulacije za obuku pilota (Gavish *et al.*, 2015). Nudi sigurno i kontrolirano okruženje za polaznike da vježbaju složene zadatke, uče nove vještine i simuliraju scenarije iz stvarnog svijeta. Ovo može značajno smanjiti troškove obuke i poboljšati rezultate.

◆ Posao i saradnja

Virtuelnu stvarnost sve više prihvataju preduzeća u različite svrhe. Omogućava kompanijama da provode virtuelne sastanke, prezentacije i demonstracije proizvoda, eliminišući potrebu za fizičkim putovanjima i smanjujući troškove. VR se također može koristiti za daljinsku suradnju, omogućavajući timovima na različitim lokacijama da rade zajedno u zajedničkom virtuelnom prostoru (Veativelab, 2022).

Nadalje, virtuelna stvarnost igra ulogu u vizuelizaciji i analizi podataka. Vizuelizacijom složenih skupova podataka u trodimenzionalnom virtuelnom okruženju, zaposleni mogu steći nove uvide i donijeti informirane odluke. Ovaj impresivan pristup istraživanju podataka poboljšava razumijevanje i olakšava saradnju među članovima tima (Veativelab, 2022).

◆ Vojna i avio industrija

Jedna od ključnih primjena VR u vojnoj i avio industriji je obuka i simulacija. Kroz visoko realistične simulacije, vojni piloti mogu vježbati letenje u različitim okolnostima, uključujući hitne situacije i ratne zone. To ne samo što poboljšava njihove vještine, već i smanjuje potrebu za stvarnim letovima, čime se štedi na resursima i povećava bezbjednost. VR se takođe koristi za obuku medicinskog osoblja i vojnih sanitetnih timova (Fedko, 2020).

VR ubrzava proces razvoja i prototipiranja vojnih i avio sistema. Inženjeri mogu koristiti virtuelnu stvarnost za dizajniranje i testiranje letjelica, oružja i vojne opreme prije nego što se krene u fizičku izradu. Vojska koristi VR za kreiranje virtuelnih taktičkih mapa i scenarija. Vođe mogu koristiti ove sisteme za obuku svojih trupa i planiranje misija u virtuelnom okruženju. Pored toga VR se koristi za psihološku pripremu vojnih trupa za stresne situacije, uključujući ratne zone. Terapija izloženosti kroz VR može pomoći vojnicima da se bolje nose sa traumatskim iskustvima (Fedko, 2020).

◆ Ostale sfere primjene

Umjetnici koriste VR za stvaranje virtuelnih umjetničkih djela, muzejske izložbe i kulturne manifestacije. Turističke agencije koriste VR za pružanje virtuelnih tura kroz destinacije. Kulturno-historijsko naslijeđe i arheologija takođe imaju prostora za primjenu ove tehnologije zbog mogućnosti da se prostorna i vremenska barijera između lokacije i vremena nastanka znamenitosti i posmatrača prevaziđe. Uz to omogućava i rekonstrukciju oštećenih segmenata, a samim time i konzervaciju istih bar u virtuelnom svijetu. Filmska industrija nije izuzetak u upotrebi VR-a, te danas imamo mnoge filmove iz žanra naučne fantastike koji je promovišu. Svijet zabave i igrice je nezamisliv bez VR tehnologije i u početku je bio nedostupan širokoj publici ali uz pojavu komercijalnih i jeftinijih modela opreme, sve više dobiva na značaju.

Kao što vidimo spektar primjene VR tehnologije je širok i svakim danom se još više širi. Nekada su igrice bile sinonim za ovu tehnologiju, ali kao što vidimo slika se značajno promijenila i sada gotovo da nema industrije koja je nije integrirala u svoje procese. Širok je spektar koristi koje donosi njena primjena, ali postoje i neka ograničenja koja takođe treba imati u vidu prilikom primjene o čemu će kasnije biti više govora.

2.1.4. Virtuelna stvarnost i druge srodne tehnologije

Pored VR-a imamo još nekoliko srodnih tehnologija koje se naslanjaju na ovu vrstu virtuelnog iskustva. **Proširena stvarnost (eng. Augmented Reality - AR)** predstavlja preklapanje virtuelnog sadržaja na okruženje u stvarnom svijetu, spajanje virtuelnih i

stvarnih elemenata kako bi se stvorilo poboljšano interaktivno iskustvo. Dok VR potpuno uranja korisnike u virtuelno okruženje, AR dodaje digitalne elemente u stvarni svijet. Korisnicima se prikazuju informacije ili objekti u stvarnom okruženju putem pametnih naočala ili pametnih uređaja poput pametnih telefona. Primjer AR tehnologije su Google Glass ili popularna igra Pokemon Go (Schmalstieg i Höllerer, 2016).

Sa druge strane, **mješovita stvarnost (eng. Mixed Reality - MR)** je kombinacija elementa i virtuelne i proširene stvarnosti koja korisnicima omogućava interakciju sa virtuelnim objektima koji koegzistiraju i komuniciraju sa okruženjem iz stvarnog svijeta. Microsoft HoloLens je primjer uređaja koji koristi MR tehnologiju (Rambach *et al.*, 2021).

XR (eng. Xtended Reality), ili produbljena stvarnost, je krovni pojam koji obuhvata različite oblike imerzivnih tehnologija, uključujući virtuelnu stvarnost, proširenu stvarnost i mješovitu stvarnost. Odnosi se na spektar iskustava koja spajaju fizički i virtuelni svijet, omogućavajući korisnicima interakciju sa stvarnim i digitalnim elementima (Rambach *et al.*, 2021).

Haptički povratni odziv (eng. Haptic Feedback) je tehnologija koja koristi taktilne povratne informacije kako bi korisnicima omogućila da osjećaju i dodiruju virtuelne objekte. Na primer, VR rukavice sa ugrađenim haptičkim povratnim uređajima omogućavaju korisnicima da osjete dodir, pritisak i teksturu virtuelnih objekata. Zatim imamo **3D štampanje (eng. 3D Printing)**. Iako nije direktno povezana sa VR-om, 3D štampanje može se koristiti za kreiranje fizičkih modela i prototipova koji se zatim mogu koristiti u VR simulacijama. Ovo je korisno u razvoju proizvoda i inženjeringu. **Teleprisutnost (eng. Telepresence)** Ova tehnologija omogućava korisnicima da prisustvuju udaljenim mjestima kroz VR simulacije. Koristi se za virtuelne konferencije, medicinske konsultacije i druge primjene gde je prisustvo bitno (Shen i Shirmohammadi, 2006).

Ove srodne tehnologije zajedno sa VR-om čine širok spektar alata za kreiranje bogatih i interaktivnih virtuelnih iskustava. Njihova primjena je vidljiva u raznim industrijama, od zabave i obrazovanja do vojne i medicinske oblasti, i neprestano se razvijaju kako bi pružile bolje i sveobuhvatnije iskustvo korisnicima.

2.1.5. Alati koje podržavaju VR tehnologiju

Alati virtuelne stvarnosti mogu se podijeliti u tri glavne grupe: imerzivne, poluimerzivne i neimerzivne. Imerzivni VR alati u potpunosti uranjaju korisnike u digitalno okruženje, dok neimerzivni VR alati omogućavaju korisnicima interakciju sa digitalnim okruženjem na ekranu računara. Poluimerzivni VR alati korisniku pružaju percepciju boravka u drugoj

stvarnosti i u isto vrijeme da su povezani sa svojim fizičkim okruženjem (Heizenrader, 2023).

Jedan primjer imerzivnog VR alata je HTC Vive, koji proizvodi HTC Corporation. HTC Vive ima dva ručna kontrolora i sistem za praćenje u prostoriji koji omogućava korisnicima da se kreću u fizičkom prostoru dok su u interakciji sa virtuelnim okruženjem. U svom radu autori Brajčić i Šitum (2020) primećuju da je „HTC Vive korišćen u medicinskom obrazovanju i obuci za simulaciju procedura i kreiranje realnih scenarija za studente da vježbaju u bezbjednom i kontrolisanom okruženju“.

Još jedan primjer imerzivnog VR alata je Oculus Rift, koji proizvodi Oculus VR. Oculus Rift sadrži headset koji korisnicima pruža široko vidno polje i ekran visoke rezolucije, kao i ručne kontrolore za interakciju s digitalnim objektima. Oculus Rift se koristi u raznim oblastima, uključujući arhitekturu, inženjering i medicinu, za kreiranje impresivnih i interaktivnih simulacija treninga (Angelov *et al.*, 2020).

VR alati koji nisu imerzivni uključuju alate kao što su Google Cardboard, Google Daydream View i Samsung Gear VR. Google Cardboard su jednostavne kartonske naočale koje se mogu koristiti sa pametnim telefonom za stvaranje jeftinog VR iskustva. Samsung Gear VR je napredni mobilni VR headset koji ima ugrađen touchpad i dizajniran je za upotrebu sa Samsung pametnim telefonima. Na istom principu funkcioniše i Google Daydream View headset (Šlošel, 2020).

Sada ću predstaviti neke od najpopularnijih VR alata koji su prisutni na tržištu:

◆ HTC Vive

HTC Vive je impresivan VR alat koji sadrži slušalice, dva ručna kontrolera i sistem za praćenje u prostoriji, kao što vidimo na Slici 5. Slušalice imaju dva displeja visoke rezolucije koji korisnicima pružaju široko vidno polje, a ručni kontroleri omogućavaju korisnicima da komuniciraju sa digitalnim objektima na prirodan način. Sistem za praćenje u prostoriji koristi senzore za praćenje kretanja korisnika, omogućavajući im da se kreću u fizičkom prostoru dok su u interakciji sa virtuelnim okruženjem (Angelov *et al.*, 2020).

HTC Vive je opremljen vlastitim instalacionim programom koji olakšava korisnicima postavljanje headseta i brz početak igranja. Kroz ovaj program, korisnici prvo izvrše mapiranje svoje igračke prostorije prije nego što započnu igru. Zahvaljujući izuzetnom praćenju pokreta, Vive omogućuje korisnicima potpunu slobodu kretanja unutar prostora, bez gubitka vizuelnog iskustva. Jedini ograničavajući faktor unutar virtuelnog svijeta su svjetloplavi zidovi, sastavljeni od linija koje se pojavljuju kao upozorenje na granice igranja. Ovom tehnikom, poznatom kao "Chaperone mode," korisnici se sprečavaju da slučajno udare u fizičke objekte u stvarnom svijetu dok su potpuno uronjeni u igru.

Slika 5. HTC Vive s kontrolerima



Izvor: Šlošel (2020)

Što se tiče praćenja pokreta, razlika između HTC Vive i drugih konkurenata poput PlayStation VR-a i Oculus Rift-a leži u broju senzora i načinu postavljanja. HTC Vive koristi dvije bazne stanice koje se postavljaju na zid, čvrsto montirane na posebne nosače. Ove stanice prate male senzore smještene na vrhu svakog kontrolera i na samom headsetu. Sa 72 tačke praćenja, preciznost je ključna karakteristika ovog sistema. Ovo je jedan od ključnih razloga zašto je HTC Vive prepoznat kao bolja opcija u poređenju sa konkurentskim uređajima kao što su PlayStation VR i Oculus Rift. Osim osnovnog modela, HTC je predstavio i nove verzije proizvoda, uključujući HTC Vive Pro i HTC Vive Cosmos. HTC Vive Pro posjeduje dvije kamere za stvarni svijet, omogućavajući korisnicima da brzo provjere okolinu bez potrebe za skidanjem VR naočala. S druge strane, HTC Vive Cosmos se ističe time što ne zahtjeva spoljne bazne stanice za praćenje pokreta, što predstavlja jedan od njegovih najvažnijih aduta (Šlošel, 2020).

◆ **Oculus Rift**

Ovo je još jedan VR alat koji sadrži headset i ručne kontrolere kao što vidimo na Slici 6. Naočale imaju ekrane visoke rezolucije koji korisnicima pružaju široko vidno polje, a ručni kontroleri omogućavaju korisnicima da komuniciraju sa digitalnim objektima na prirodan način. Oculus Rift takođe ima ugrađene senzore koji prate pokrete korisnika, omogućavajući im da se kreću u virtuelnom okruženju (Angelov *et al.*, 2020).

Kroz godine su se u okviru Rift-a dogodile određene promjene, a među njima je najvažnije spomenuti Oculus Touch. Oculus Touch su kontroleri koji su znatno unaprijedili igrivost i VR doživljaj. Međutim, važno je napomenuti da ovi kontroleri nisu bez mana, na primjer, neki pokreti nisu uvijek prepoznati na intuitivan način. Rift više nije centralni proizvod

kompanije, s obzirom na izlazak novih modela kao što su Oculus Go, Oculus Quest i pravi nasljednik Rift-a, Oculus Rift S model.

Slika 6. Oculus Rift sa kontrolerima



Izvor: Amazon (2023)

Jedna od ključnih prednosti Oculus Rift-a u poređenju s drugim PC VR headsetovima jeste njegova pristupačna cijena i manji zahtjevi za hardverskim komponentama računara. Međutim, jedan od potencijalnih nedostataka može biti nelagodnost i bol u vratu, jer se sva težina koncentriše na prednji dio glave, što može uzrokovati neugodnosti tokom produženih igračkih sesija. Facebook Technologies je takođe lansirao druge Oculus VR headsetove. Posebno se ističe Oculus Rift S model. Oculus Quest omogućava VR iskustvo bez kablova, sa potpunim praćenjem pokreta bez potrebe za dodatnim senzorima, koristeći dva Oculus Touch kontrolera. Također, nudi visokokvalitetan i jasan prikaz na ekranima. Oculus Go je značajan napredak u svijetu VR-a, jer je jedan od prvih VR headsetova koji samostalno pruža visokokvalitetno iskustvo, bez potrebe za ličnim računarom, PlayStation konzolom ili pametnim telefonom. VR tržište će i dalje biti obogaćeno njihovim proizvodima, s obzirom na značajne investicije koje Facebook ulaže u Oculus (Šlošel, 2020).

◆ PlayStation VR (PSVR)

PSVR je platforma razvijena od strane Sonyja za PlayStation 4 konzolu. Ovaj sistem koristi VR headset koji omogućava korisnicima da urone u virtuelno okruženje dok igraju video igre ili koriste različite VR aplikacije. Naočale su opremljene visokokvalitetnim ekranom i senzorima za praćenje glave koji omogućavaju praćenje korisnikovih pokreta i na Slici 7

vidimo kako izgledaju. PlayStation VR je popularan među gejmerima zbog svoje kompatibilnosti sa širokim spektrom igara dostupnih za PlayStation platformu. Osim igara, PSVR se također koristi za gledanje filmova i video sadržaja od 360° (Šlošel, 2020).

Slika 7. PlayStation VR (PSVR) sa kontrolerima



Izvor: Janko Roettgers (2017)

Kao i drugi VR headsetovi na tržištu, PlayStation VR stvara dvije slike istovremeno i uranja korisnika u virtuelni svijet. Za razliku od konkurentskih uređaja koji zahtjevaju skupe grafičke kartice za ovu funkciju, PSVR se oslanja isključivo na ugrađeni GPU (grafički procesor) PlayStation 4 konzole. Međutim, jedan od ključnih izazova ovog headseta je praćenje pokreta pomoću samo jedne kamere, što može dovesti do gubitka slike prilikom hodanja ili saginjanja. Iz ovoga možemo zaključiti da je PSVR prostorno ograničeniji u poređenju s konkurencijom. Važno je napomenuti da PSVR nije bežičan headset i uvijek mora biti povezan sa konzolom. Ono što se izdvaja kao prednost PlayStation VR-a je Sonyjeva sposobnost da ponudi široku paletu igara na trenutnom tržištu, dok drugi izdavači traže razvojne timove za svoje uređaje. Ovo svakako predstavlja prednost za korisnike PlayStation VR-a.

◆ **Valve Index**

Valve Index je visoko cjenjen VR headset razvijen od strane kompanije Valve Corporation i prikazan je na Slici 8. Ovaj VR sistem se ističe po svojoj visokoj kvaliteti, preciznosti praćenja pokreta i impresivnom zvuku, što ga čini popularnim među entuzijastima VR tehnologije. Valve Index se isporučuje sa visokokvalitetnim kontrolerima koji omogućavaju precizno praćenje pokreta ruku i prstiju korisnika, što omogućava vrhunsko iskustvo interakcije u virtuelnom svijetu.

Slika 8. Valve Index s kontrolerima i baznim stanicama



Izvor: Šlošel (2020)

Ovaj headset također nudi impresivne vizuelne performanse sa visokom rezolucijom ekrana i širokim vidnim poljem. Dodatno, Valve Index omogućava praćenje položaja korisnika u prostoru uz pomoć baznih stanica, čime se postiže potpuno imerzivno iskustvo. Kontroleri su nazvani "Knuckles kontroleri" i predstavljaju inovaciju u svijetu VR-a s obzirom na to da sadrže čak 87 senzora za precizno praćenje položaja ruku. Valve Index je posebno popularan među igračima koji traže visokokvalitetno VR iskustvo i koji su spremni uložiti u vrhunsku VR tehnologiju.

◆ **Google Daydream View**

Google Daydream View je VR headset koji je razvila kompanija Google. Ovaj headset je osmišljen za kompatibilne Android pametne telefone i omogućava korisnicima da urone u virtualni svijet. Daydream View je dizajniran s fokusom na udobnost i jednostavnost upotrebe, uz prijatne tkanine i ergonomski dizajn. Pored toga, dolazi sa kontrolerom za intuitivno upravljanje VR sadržajem. Iako je Daydream platforma postala manje popularna, ovaj headset je i dalje cijenjen po svojoj jednostavnosti i pristupačnosti (Šlošel, 2020).

◆ **Samsung Gear VR**

Ovo je još jedan VR alat koji nije impresivan i koji ima slušalice i ugrađeni touchpad. Na Slici 9 je Gear VR koji je dizajniran da se koristi sa Samsung pametnim telefonima i omogućava korisnicima da gledaju VR sadržaj preko ekrana telefona. Ugrađeni touchpad omogućava korisnicima navigaciju kroz VR sadržaj i interakciju s digitalnim objektima (Šlošel, 2020).

Slika 9. Samsung Gear VR



Izvor: 4G LTE Mall (2023)

Najnovija verzija Gear VR-a karakteriše poboljšana prozračnost u odnosu na prethodni model, što znači da se problem magljenja leća znatno efikasnije rješava. Osim toga, ovaj headset je temeljno zaštićen od spoljnog svjetla i unapređen je nivo udobnosti.

◆ Google Cardboard

Google Cardboard je također VR alat koji nije impresivan i sastoji se od jednostavnih kartonskih slušalica koje se mogu koristiti sa pametnim telefonom. Korisnici stavljaju svoj pametni telefon u slušalice i gledaju VR sadržaj preko ekrana telefona. Google Cardboard je jeftina opcija za doživljaj VR sadržaja i često se koristi u obrazovne svrhe (Skočić, 2019).

Ovi VR alati su samo nekoliko primjera mnogih VR alata dostupnih na tržištu danas. Svaki alat ima svoje jedinstvene karakteristike i mogućnosti i može se koristiti za različite aplikacije, uključujući obrazovanje, obuku, zabavu i još mnogo toga. Shodno svojoj namjeni svaki od njih ima svoje specifičnosti i po tome se razlikuju jedni od drugih.

2.1.6. Prednosti i nedostaci primjene ove vrste tehnologije

Virtuelna stvarnost je tehnologija koja omogućava pojedincima da uđu u kompjuterski generisano okruženje i komuniciraju s njim kao da je stvarno. Iz svega što je do sada rečeno o VR tehnologiji lako je izvući zaključak koje su to prednosti koje pruža ova tehnologija. U isto vrijeme treba biti svjestan i potencijalnih nedostataka koje nosi sa sobom.

Jedna od glavnih **prednosti VR-a** je njegova sposobnost stvaranja impresivnih iskustava koja mogu prenijeti korisnike u različita okruženja. Koristeći VR, pojedinci se mogu

transportovati na različita mjesta i scenarije, kao što su srednjovjekovni zamak, svemirska stanica ili tropska plaža. Pored toga njegova sposobnost stvaranja sigurnih i kontrolisanih okruženja za obuku i eksperimentisanje mogu pružiti uslove bez rizika za razne vrste zanimanja u cilju unapređenja vještina i vježbe za buduće događaje. Pružajući sigurno i kontrolisano okruženje, VR može pomoći profesionalcima da steknu povjerenje i stručnost u raznim scenarijima, uključujući operacije, medicinske procedure i hitne situacije.

VR također ima potencijal da poboljša pristupačnost i inkluzivnost. Stvaranjem virtuelnih okruženja koja su dizajnirana imajući na umu pristupačnost, VR može pomoći osobama sa invaliditetom da iskuse nove aktivnosti i okruženja koja su ranije bila nepristupačna. Osim zabave, VR se također koristio kao alat za edukaciju i obuku. Ova sposobnost stvaranja interaktivnih i zanimljivih iskustava može biti posebno korisna za predmete koje je teško predavati tradicionalnim metodama.

VR se također koristio u zdravstvu za liječenje raznih stanja. U svojoj knjizi (Wachter R., 2015) napominje da se "virtuelna stvarnost može koristiti za liječenje stanja kao što su anksioznost, fobije i hronični bol". Stvarajući impresivna iskustva koja mogu odvratiti pacijente od njihovih simptoma, VR može biti vrijedan alat za upravljanje bolom i liječenje mentalnog zdravlja.

VR okruženja također imaju potencijal da se koriste za podizanje svijesti o okolišu kroz edukaciju. Virtuelna okruženja mogu pružiti impresivna i zanimljiva iskustva koja omogućavaju pojedincima da uče o pitanjima životne sredine na praktičan način. Na primjer, pojedinci mogu istražiti zagađenu rijeku i naučiti o utjecaju ljudskih aktivnosti na vodeni život, ili posjetiti deforestirano područje i naučiti o važnosti biodiverziteta.

Postoje i potencijalni **nedostaci povezani s korištenjem VR-a**, od zdravstvenih, tehnoloških pa sve do etičkih. Jedan od glavnih izazova je mogućnost negativnih nuspojava, kao što su mučnina koja se javlja pri kretanju ili naprezanje očiju. To je tzv. Simulatorska bolest, poznata i kao cyber bolest ili VR bolest, a odnosi se na „skup simptoma, uključujući mučninu, glavobolju i naprezanje očiju, koje neki korisnici doživljavaju kada koriste virtuelna okruženja” (LaViola, 2000). Još jedna značajna briga vezana za upotrebu VR-a odnosi se na opterećenje očiju i nelagodnost, koja se obično javlja tokom ili nakon dugih sesija. Ovo se dešava zbog stalnog prilagođavanja očiju svjetlim ekranima koji su smješteni veoma blizu lica, što može uzrokovati umor tokom vremena. Također, trodimenzionalne slike često zahtjevaju značajan napor očiju kako bi se usredsredile i koordinirale, što dodatno može povećati naprezanje očiju. Pretjerana upotreba VR-a može dovesti do ovisnosti, društvene izolacije i fizičke nelagode. Kako VR postaje sve impresivniji i realističniji, pojedinci mogu postati skloniji da provode više vremena u virtuelnom okruženju, a manje vremena u stvarnom svijetu, što bi moglo imati negativne posljedice na njihovo zdravlje i dobrobit (Capsule Sight, 2023b).

Iako pripada naprednoj tehnologiji, VR nije imun na tehničke probleme. Korisnici često prijavljuju poteškoće kao što je kašnjenje, što znači da postoji određeno vrijeme između akcija korisnika i reakcija sistema. Većina VR iskustava koja su trenutno dostupna usredsređena su na vizuelno i auditivno uranjanje, dok često zanemaruju druge senzorne ulaze koji su ključni za potpuno tjelesno iskustvo. Osim toga, tehnologija potrebna za stvaranje VR okruženja može biti skupa i možda neće biti dostupna svim pojedincima (Capsule Sight, 2023b).

Također, budući da se VR često integriše sa društvenim medijskim platformama i drugim online uslugama, postoji značajan porast rizika vezanih za nepravilno rukovanje podacima ili curenje podataka. Ovo izaziva duboku zabrinutost u vezi sa sigurnošću i privatnošću podataka korisnika, postavljajući pitanja o odgovornosti i obavezi pružalaca VR platformi da efikasno upravljaju i zaštite korisničke informacije. Jedna od izraženih briga je i širenje hiperrealističkog nasilnog ili neprikladnog sadržaja putem VR-a, što može prouzrokovati ozbiljne posljedice po korisnike, posebno među mlađom publikom. Korištenje VR-a u oblastima kao što su psihologija i terapija, iako obećavajuće, izaziva etičke dileme u vezi sa pitanjima pristanka, dezinformacija i potencijalne zloupotrebe te tehnologije (Capsule Sight, 2023b).

Kako tehnologija nastavlja da se razvija, bit će važno uravnotežiti potencijalne koristi i rizike VR-a kako bi se osiguralo da se koristi na odgovoran i koristan način. Zato je važno nastaviti istraživati i širiti pravce primjene ove tehnologije kako bi ostvarila svoj puni potencijal. Na tom putu potrebno je uključiti što više sudionika kako bi se nedostaci smanjili na minimum.

2.1.7. Budućnost virtuelne stvarnosti

Kako virtuelna stvarnost nastavlja da se razvija, budućnost ima uzbudljive mogućnosti. Napredak u stvaranju hardvera, softvera i sadržaja će doprinijeti još upečatljivijim i realističnijim iskustvima. Naglasak će svakako biti na integraciji ove tehnologije sa drugim sličnim poput AI i AR.

Slušalice za virtuelnu stvarnost će nastaviti da evoluiraju u smislu kvaliteta prikaza i vidnog polja. Povećana rezolucija ekrana, proširenje vidnog polja i poboljšane stope osvježavanja unaprijedit će vizuelnu vjernost virtuelnih okruženja, čineći ih još upečatljivijim i privlačnijim. Trend ka bežičnim i mobilnim VR slušalicama će se nastaviti, pružajući korisnicima priliku da iskuse virtuelnu stvarnost bez vezivanja za konzole ili računare. Ova dodatna mobilnost i jednostavnost upotrebe učiniće VR dostupnijim većem broju ljudi. I ostali ulazni uređaji za virtuelnu stvarnost će napredovati, pružajući korisnicima prirodne i intuitivne načine interakcije sa virtuelnim svjetom. Tehnologije za prepoznavanje gestova, praćenje pokreta očiju i haptičke povratne informacije poboljšat će osjećaj prisutnosti i stvarnosti u VR iskustvima (Full Scale, 2023).

Integracija proširene stvarnosti (AR) sa virtuelnom stvarnošću otvorit će nova vrata za hibridna iskustva. Kombiniranje stvarnog svijeta s virtualnim elementima omogućit će korisnicima da interagiraju s virtuelnim objektima u svom fizičkom okruženju, stvarajući mnogo aplikacija u različitim industrijama. Drugi vid integracije će biti usmjeren na umjetnu inteligenciju (AI) i mašinsko učenje. Kompanije mogu koristiti mašinsko učenje da poboljšaju tačnost simulacija VR inženjeringa, te ova inovacija olakšava inženjerima testiranje i usavršavanje dizajna (Full Scale, 2023).

Virtuelna stvarnost će postati sve društvenija, s pojavom višekorisničkih iskustava i virtuelnih svjetova u kojima će korisnici moći komunicirati međusobno. Ovo će omogućiti ljudima na različitim lokacijama da se povežu i sarađuju u zajedničkim virtuelnim prostorima, potičući nove oblike komunikacije i društvenih interakcija (Full Scale, 2023).

Shodno navedenom, virtuelna stvarnost je izašla iz okvira igrica i našla svoju primjenu u našoj društvenoj, obrazovnoj i poslovnoj svakodnevnici. Pružajući simuliranu stvarnost koja uključuje naša čula, virtuelna stvarnost otvara nove mogućnosti za istraživanje, kreativnost i saradnju. Budućnost virtuelne stvarnosti je svijetla i možemo očekivati još uzbudljiviji virtuelni svijet u godinama koje dolaze.

2.2. Virtuelna stvarnost i njena primjena u obrazovanju

Imati mogućnost da uronite u maštovitu stvarnost koja predstavlja privid realnosti i u isto vrijeme širiti granice stvarnog svijeta je odlika virtuelne stvarnosti. Ova inovativna tehnologija je transformisala način na koji obrazovanje funkcioniše, pružajući učenicima jedinstvene mogućnosti za istraživanje, učenje i razumijevanje složenih koncepata. U nastavku ću predstaviti ključne tačke doprinosa VR tehnologije u obrazovanju, pružajući uvid u njen potencijal za unapređenje učenja i razvoj vještina učenika, kao i tehnika podučavanja.

2.2.1. Obrazovanje i primjena novih tehnologija

Obrazovanje i primjena novih tehnologija idu ruku pod ruku, a nove tehnologije neprestano obogaćuju načine na koje učimo i prenosimo znanje. U nastavku su predstavljene ključne tehnološki trendovi za 2023. godinu kada je obrazovanje u pitanju. Svaki od njih igra važnu ulogu u postizanju što boljih rezultata svih učesnika u obrazovnom procesu.

- Mobilno učenje i platforme sa digitalnim sadržajem (IoT): Mobilni uređaji kao pametni telefoni i tableti omogućavaju pristup obrazovnom sadržaju u pokretu, što olakšava učenje na terenu. Platforme za e-učenje su postale šire prihvaćene nakon što je svijet zadesila pandemija Covid-19. Ove platforme omogućavaju studentima da pristupe visokokvalitetnom obrazovnom materijalu i instruktorima sa bilo koje lokacije na svijetu.

Štaviše, platforme za digitalni sadržaj nude obiman spektar resursa za učenje, koji su dragocjeni kako za studente tako i za nastavnike.

- **Veštačka inteligencija (AI):** Tehnologije sa vještačkom inteligencijom, poput tehnologija za prepoznavanje lica, obradu prirodnog jezika i mašinskog učenja, sve više se uvode u obrazovni kontekst, čineći proces učenja efikasnijim i privlačnijim. Dodatno, AI bazirane platforme za učenje mogu pružiti učenicima personalizovano iskustvo učenja i omogućiti nastavnicima da prilagode nastavu kako bi udovoljili individualnim potrebama svakog učenika.

- **VR i AR učenje:** Virtuelna stvarnost i proširena stvarnost pružaju učenicima mogućnost da "uđu" u predmete i koncepte, čineći ih lakšim za razumjevanje. Njihova sveprisutnost u obrazovanju će rasti kao alat za duboko uronjeno i praktično učenje. Ovo omogućava studentima da istražuju virtuelne svjetove, vježbaju zadatke i sudjeluju u simulacijama prilagođenim njihovim specifičnim potrebama.

- **Gamifikacija:** Upotreba igara i nagrada za motivaciju učenika postaje sveprisutna, čineći učenje zabavnijim i privlačnijim. Primjeri gamifikacije u obrazovnom kontekstu uključuju nagradu virtuelnih poena za izvršavanje zadataka te održavanje virtuelnih rang-listi za takmičenje s vršnjacima, i slično. Kroz ovu transformaciju učenja u interaktivno i privlačno iskustvo, studenti su u mogućnosti zadržati više informacija i razvijati svoje vještine na način koji je i zabavan i privlačan.

- **Nosiva tehnologija:** Nosiva tehnologija može efikasno pratiti napredak studenata, pružiti povratne informacije o njihovim performansama i pružiti personalizirane smjernice u stvarnom vremenu. Dodatno, studenti mogu iskoristiti nosive uređaje poput pametnih satova i VR slušalica za slušanje audio predavanja, primanje obavijesti o nastavi, kreiranje glasovnih bilješki i mnoge druge svrhe. Ovakav pristup bi učinio učenje pristupačnijim i efikasnijim, koristeći istovremeno i nastavnicima i roditeljima.

- **Automatske procjene i analitika obrazovanja:** Automatizirani alati za procjenu će sve više postati ključni za vrednovanje napretka učenika. To pruža nastavnicima i administratorima dublji uvid u učinak studenata i oblasti koje zahtijevaju poboljšanje. Osim toga, automatizirani alati za ocjenjivanje omogućavaju brzo i precizno ocjenjivanje zadataka, smanjujući vrijeme potrebno za tu svrhu.

- **Adaptivno učenje:** Ova tehnologija omogućava prilagođavanje nastavnog materijala prema individualnim potrebama svakog učenika. To pomaže nastavnicima da udovolje raznolikim potrebama svojih studenata i optimiziraju rezultate učenja. Također olakšava nastavnicima prilagođavanje individualnih putanja učenja i tempa učenja. Vještačka inteligencija omogućava personalizovano učenje prilagođeno individualnim potrebama učenika.

- **Cloud Computing:** Računarstvo u oblaku ostaje ključan alat za edukatore, omogućavajući im efikasniji pristup i pohranu podataka. Istovremeno, omogućava studentima uštedu novca na skupim udžbenicima, jer im omogućava pristup knjigama temeljenim na oblaku bilo gdje i bilo kada. Tradicionalni udžbenici sve više se zamjenjuju interaktivnim i digitalnim verzijama koje pružaju bogatije iskustvo učenja. Kao trend u obrazovnoj tehnologiji, računarstvo u oblaku nudi snažne metode autentifikacije za osiguranje sigurnosti podataka te olakšava saradnju između studenata i nastavnika.

- **Društveni mediji u obrazovanju:** Društveni mediji značajno utječu na način na koji učimo. Oni su stvorili nove mogućnosti za učenike da se povežu međusobno, pristupe informacijama i dijele svoje znanje. Omogućili su nastavnicima nove alate za komunikaciju i angažiranje svojih učenika. Iako je upotreba društvenih medija u obrazovanju još uvijek u razvoju, već sada je ostavila značajan utjecaj na proces učenja.

- **Online nastava i e-učenje:** Internet omogućava pristup obrazovnom materijalu iz udobnosti sopstvenog doma. E-učenje, uključujući kurseve, webinare i platforme za učenje, postaje sve popularnije. Otvoreni online resursi i kursevi omogućavaju besplatan pristup obrazovnom materijalu širom svijeta. Učenici mogu pristupiti nastavi i materijalima kad god im odgovara, omogućavajući prilagodljiv raspored (Suk, 2023).

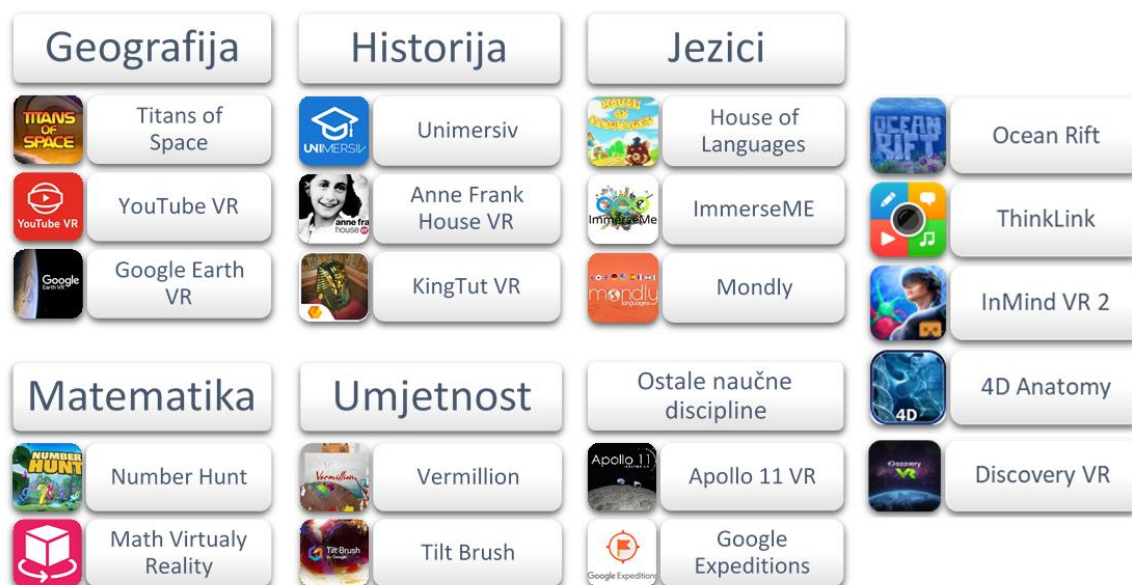
- **Mikro-nastava:** Kratki, usmjereni nastavni sadržaji omogućavaju brzo usvajanje novih vještina i znanja. On olakšava učenicima nastavak sticanja znanja i vještina ako naprave pauzu ili promijene svoju karijeru, kako ne bi morali početi ispočetka. Sistem je zamišljen kao lego kockice koje su uklopive jedne sa drugima na bilo kom nivou (Emeritus, 2023).

Sve ove tehnologije čine obrazovanje pristupačnijim, prilagodljivijim i efikasnijim. Donijeli su dramatične promjene u učionicama, nastavnim programima i metodama. U budućnosti se očekuje da će tehnološki napredak i dalje oblikovati način na koji učimo i podučavamo, nudeći brojne prednosti kako učenicima tako i prenositeljima znanja.

2.2.2. Uloga VR tehnologije u obrazovanju

Ranije sam već dala neke opšte postavke kada je riječ o primjeni VR tehnologije u obrazovanju. U ovom dijelu rada ću proširiti prethodno izlaganje uz predstavljanje više primjera primjene ove tehnologije u svrhu poboljšanja ishoda učenja i angažmana učenika. Na Slici 10 vidimo pregled od 20 najmoćnijih VR aplikacija za upotrebu u obrazovanju, svrstanih po kategorijama prema njihovoj primarnoj namjeni.

Slika 10. Pregled 20 VR aplikacija koje se koriste u obrazovanju



Izvor: Autor završnog rada

Jedna od najpopularnijih primjena VR tehnologije u obrazovanju je korištenje **virtuelnih izleta**. Uz VR tehnologiju, učenici mogu posjetiti historijske znamenitosti, istražiti svijet prirode i putovati u druge zemlje bez napuštanja učionice. Studija koju su proveli (Ai-Lim Lee, Wong i Fung, 2010) je otkrila da su virtuelna putovanja koristeći VR tehnologiju bila efikasnija od tradicionalnih izleta u promociji učenja učenika. Inženjeri u kompaniji Lockheed Martin, sa svojom podružnicom Generacija Beyond, su izveli impresivan projekt zamjene prozora u autobusu naprednim tehnologijama. Umjesto običnih prozora, koristili su prozirne 4K ekrane i poseban stakleni film koji je mogao mijenjati svoje osobine. Ovaj projekat omogućio je eliminaciju potrebe za nošenjem VR naočala i stvaranje grupnog iskustva koje je zaista zadivljujuće. Generacija Beyond je na svojoj web stranici objavila obilje resursa. Nastavnici imaju pristup besplatnim planovima lekcija, nastavnim materijalima, video izazovima, porodičnim aktivnostima, interaktivnim alatima za iskustvo svemirskih letova i mnogim drugim korisnim materijalima (Hernandez, 2019).

Kada pogledamo predmete poput historije i geografije, tu virtuelna stvarnost poprima sve veći značaj i upotrebu. Zahvaljujući aplikacijama sa prikazom određenih lokacija od 360° korisnici zaranjaju u virtuelni svijet koji im nudi projekcije sa realističnim i širim pogledima na različite lokacije i scene. Korisnici mogu rotirati svoj pogled u svim smjerovima, stvarajući dublje i impresivne vizuelne doživljaje. Aplikacija "Berlin Blitz iz 1943." u 360°, proizvedena za BBC od strane Immersive VR Education, koristi stvarne snimke noćnog napada na nacističku Njemačku kako bi pružila učenicima imerzivno iskustvo i pomogla im bolje razumjeti značajne historijske događaje. Ova aplikacija omogućava korisnicima da se

doslovno stave u cipele ljudi koji su prošli kroz taj događaj. Nastavnici mogu organizirati virtualne izlete za svoje učenike uz pomoć Google Expeditions, omogućavajući im da istraže mjesta poput baznog kampa na Mount Everestu i Luvra, što inače ne bi bilo moguće zbog fizičkih ograničenja (Marr, 2021).

I drugi predmeti poput kulture i umjetnosti također primjenjuju ovu tehnologiju u svrhu sticanja znanja i uvida u bogato svjetsko kulturno nasljeđe. Steam's VR muzej likovne umjetnosti omogućava korisnicima da izbliza pogledaju slike i skulpture svjetske klase, poput Mona Lize, bez borbe s gomilom ljudi ili zaštitnim staklom. Drugi primjer je aplikacija Google Arts & Culture koja također može da nam ponudi virtualne obilaske muzeja i umjetničkih galerija (Marr, 2021). Vermillion je VR aplikacija za slikanje koja pruža korisnicima jedinstveno iskustvo slikanja na platnu sličnom uljanim bojama, dok je fokus Tilt Brush aplikacije na crtanju, skiciranju i stvaranju umjetničkih djela (BookWidgets, 2023).

VR tehnologija se takođe može koristiti za kreiranje **naučnih simulacija** koje omogućavaju studentima da komuniciraju sa naučnim fenomenima u bezbjednom i kontrolisanom okruženju. Han, Mao i Dally (2016) su otkrili da su naučne simulacije koje koriste VR tehnologiju dovele do većeg angažmana učenika i boljih ishoda učenja u odnosu na tradicionalne metode nastave. Imati pristup alatima za učenje STEM (eng. Science, Technology, Engineering and Mathematics - nauka, tehnologija, inženjering i matematika) predmeta je izuzetno korisno za studente. Labster VR već nudi impresivan broj od preko 100 virtualnih laboratorija za škole i univerzitete, a njihovo iskustvo je izvanredno (Hernandez, 2019). Igra InMind2 je odličan primjer kako VR može biti zabavan i efikasan alat za učenje o ljudskim emocijama putem hemijskih procesa. Ocean Rift je prvi na svijetu vodeni safari park virtualne stvarnosti (BookWidgets, 2023).

Ova tehnologija se također može koristiti za stvaranje impresivnih iskustava **učenja jezika** koja simuliraju situacije u stvarnom svijetu. Studija koju su proveli (Slater i Wilbur, 1997) pokazala je da su učenici koji su naučili drugi jezik koristeći VR tehnologiju pokazali veći napredak u svojim jezičkim vještinama u odnosu na učenike koji su koristili tradicionalne metode nastave. Mondly, kompanija za obrazovne softvere za virtualnu stvarnost, pruža realno iskustvo učenja jezika. Korisnici mogu voditi stvarne razgovore sa stvarnim ljudima u virtualnom okruženju, što čini učenje jezika efikasnijim i angažovanijim, bez potrebe za putovanjem u inostranstvo (Marr, 2021). Pored Mondly imamo još i ImmerseMe i House of Languages također aplikacije namjenjene za učenje jezika kroz upotrebu VR-a (BookWidgets, 2023).

Razvijanje određenih sposobnosti i vještina danas je veoma olakšano uz upotrebu VR tehnologije. Pa tako imamo VirtualSpeech koji korisnicima pomaže da poboljšaju svoje vještine javnog nastupa ispred virtualne publike prije nego što izađe na pravu binu. Virtualne

simulacije mogu pomoći korisnicima da razviju vještine i iskustvo koje je teško ili opasno ponoviti u stvarnom životu. Na primjer, piloti na obuci mogu koristiti VR simulacije za vježbanje hitnih scenarija, studenti medicine mogu koristiti VR za ispitivanje ljudskog tijela uz aplikaciju 4D Anatomy, pa i vatrogasci koji mogu u sigurnom okruženju vježbati opasne scenarije izvlačenja preživjelih i gašenje požara (Marr, 2021).

Da bi se navedene aplikacije mogle koristiti u nastavnom procesu potrebne su nam VR naočale sa ostatkom opreme. Postoje web stranice u obliku platformi koje nude VR headsetove i cjelokupnu podršku nastavnom osoblju u vidu potrebnog materijala koji je kreiran za određene teme i oblasti izučavanja. Tu svakako treba spomenuti ClassVR web stranicu na kojoj je moguće naći niz praktičnih primjera primjene VR-a u učionici, uz ponudu samog sadržaja i nastavnog materijala (ClassVR, 2023). Zatim imamo RedBox VR koji školama nudi komplet za virtuelnu stvarnost sve u jednom, uključujući dodatne usluge podrške i plan zaštite. Ova platforma se uglavnom fokusira na korištenje Google sadržaja kao što je Google Expeditions (BookWidgets, 2023).

2.2.3. Etika i pravne regulacije primjene VR tehnologije u obrazovanju

Uvođenjem virtuelne stvarnosti u obrazovanje otvorena su pitanja etike i pravnih rješenja koja moraju biti pažljivo razmotrena. Ključno je osigurati da upotreba VR tehnologije bude odgovorna, inkluzivna i u skladu s pravnim regulativama. Da bismo iskoristili pun potencijal ove tehnologije, moramo voditi računa o tome kako se ona koristi, štiti li privatnost korisnika, te osigurava li poštivanje autorskih prava i drugih pravnih regulativa. Kroz transparentan pristup ovim izazovima moguće je doći do najefikasnijih rješenja, te ću u nastavku predstaviti neka od najznačajnijih.

Kao i u svakoj digitalnoj tehnologiji, pitanja privatnosti i sigurnosti igraju ključnu ulogu. Kada učenici koriste VR uređaje prikupljaju se podaci o njihovom ponašanju, reakcijama i preferencijama. Nastavnici i škole moraju osigurati da ovi podaci budu adekvatno zaštićeni i korišteni isključivo u edukacijske svrhe. U obrazovnom procesu također se mora voditi računa i o inkluziji, pa treba paziti da svi učenici imaju pristup VR sadržajima bez obzira na fizičke ili psihičke sposobnosti. U kontekstu obrazovanja treba spomenuti jedan od nedostataka VR tehnologije, a to je da korištenje ove tehnologije može stvoriti ovisnost kod nekih korisnika, tako da pristup učenika VR-u kroz obrazovanje mora biti kontrolisan i odgovoran (Skulmowski, 2023).

VR sadržaji u obrazovanju često koriste različite oblike digitalnih medija, uključujući modele, animacije i tekst. Zaštita autorskih prava je ključna, kako za stvaraocima VR sadržaja, tako i za korisnike. Škole moraju strogo poštovati zakone o autorskim pravima pri korištenju VR sadržaja (LawCrossing, 2023). Sa druge strane, sigurnost i bezbjednost su jednako važni u obrazovanju putem VR tehnologije, gdje učenici i nastavnici moraju biti upoznati sa

sigurnosnim procedurama i postupcima u hitnim slučajevima. U svakoj jurisdikciji postoje zakoni i regulacije koje uređuju upotrebu tehnologije u obrazovanju, tako da škole moraju osigurati da svi aspekti primjene VR tehnologije budu u skladu s lokalnim pravilnicima (Dremluga, Dremluga i Iakovenko, 2020; LawCrossing, 2023).

Kako bi svi ovi izazovi mogli biti predupređeni učitelji i učenici trebaju biti pravilno obučeni za etičko i odgovorno korištenje VR tehnologije. Na školama je da sarađuju s pravnicima i stručnjacima za privatnost kako bi razvile politike i procedure koje odgovaraju etičkim i pravnim standardima. Također, trebaju biti transparentne u vezi s tim kako se VR tehnologija koristi i kako se podaci prikupljaju i koriste.

2.3. Očuvanje životne sredine i održivi razvoj

Očuvanje životne sredine i održivi razvoj su dva ključna koncepta koji su postali od suštinskog značaja u današnjem svijetu. Kako se suočavamo s globalnim izazovima poput klimatskih promjena, degradacije prirodnih resursa i gubitka biodiverziteta, postaje jasno da moramo promijeniti način na koji interreagujemo s našim okruženjem. U ovom dijelu rada ću predstaviti saznanja o značaju i važnosti očuvanja životne sredine i održivog razvoja, kako ovi koncepti utiču na naše društvo, ekonomiju i planetu, te kako možemo unaprijediti ova polja primjenom novih tehnologija poput VR-a.

2.3.1. Životna sredina i naš odnos prema njoj

Često smo u prilici da čujemo kako klimatske promjene prijete nestanku čovječanstva, kako svake godine dolazi do drastičnih promjena u našim životnim sredinama, te kako gubimo resurse koji su nam prije bili lako dostupni i u velikim količinama (Griggs *et al.*, 2013). Uz to svjesni smo koliko su ljudska bića povezana i ovisna o drugim živim bićima i da od njihovog opstanka zavisi i naš. Sve to dovelo je do mnoštva istraživanja kako da prilagodimo naš svakodnevni način života tim promjenama, ali i da učinimo nešto kako bi se ove promjene stavile pod kontrolu i smanjili štetni uticaji na prirodu u cjelini (Masson-Delmotte *et al.*, 2022). Sada je jasno da je, osim podrške vlada i industrije, odgovornost svakog pojedinca da pravilno koristi resurse, sačuva energiju i prilagodi svoj način života kako bi doprinjeo održivosti.

Očuvanje životne sredine postalo je globalni imperativ. Postoji sve više inicijativa usmjerenih na smanjenje emisija štetnih gasova, recikliranje i smanjenje otpada, obnovljive izvore energije i očuvanje prirodnih staništa. Ovaj kolektivni napor ima za cilj očuvanje planete za buduće generacije. Kroz obrazovanje i informisanje, ljudi postaju svjesniji kako njihovi postupci utiču na okolinu.

U posljednjih nekoliko decenija, sve više ljudi širom svijeta, a posebno djece, ima smanjenu interakciju s prirodnim okruženjem i njegovim biodiverzitetom. Mnoge ljudske populacije prolaze kroz ono što je opisano kao progresivno izumiranje iskustva prirode (Pyle, 2011). Nekoliko faktora je uzrokovalo ovakve promjene u iskustvu sa prirodom. Kao prvo, sve veći dio stanovništva živi u gradovima, gdje kontakt s prirodom obično nije rutinski već se mora inicirati. Osim toga, tehnologija ljudima pruža i zabavu i informacije, tako da više ne moraju da se bave prirodnim svijetom kako bi zadovoljili te potrebe (Truong i Clayton, 2020).

Smanjenje direktnog doživljaja prirode ima štetne posljedice ne samo za ljudsku dobrobit i zdravlje, već i za emocionalne odnose, stavove i ponašanje ljudi prema prirodi i biodiverzitetu, a time i potencijalno za dobrobit planete (Truong i Clayton, 2020). Međutim, Clayton *et al.* (2017) predlažu alternativnu konceptualizaciju, opisujući je kao transformaciju, a ne kao izumiranje iskustva. Budući da je mala vjerovatnoća da će se transformacija doživljaja prirode preokrenuti, treba poticati formalno i neformalno obrazovanje o okolišu koje svjesno uči djecu kako razmišljati o odnosu između virtualnog i stvarnog okruženja, tako da jedno ne zamijeni u potpunosti drugo (Truong i Clayton, 2020). Snažan koncept je koncept guranja, intervencija koje mijenjaju odluke ljudi bez prisile, koristeći njihovu tendenciju ponašanja (Thaler i Sunstein, 2008).

Slika 11. Poruka sa proekoloških protesta – „Ne postoji Planeta B“



Izvor: Ecobnb (2021)

Kao što kaže poruka na Slici 11 „nemamo planetu B“ kako bi se mogli odseliti i na taj način preživjeti, već se moramo brinuti o ovoj koju imamo. Naš odnos prema životnoj sredini je

ključni faktor u oblikovanju svijeta u kojem živimo i u očuvanju resursa koji nas okružuju. Samo kroz zajedničke napore i promjene u svakodnevnom ponašanju možemo obezbjediti da buduće generacije nasljeđuju planetu koja je još uvijek čudesna, bogata i zdrava. Na nama je da odaberemo da li ćemo biti dobri čuvari ili doprinijeti njenom daljem degradiranju.

2.3.2. Tehnološki doprinos očuvanju životne sredine

Kroz inovacije i nove pristupe, tehnologija ima potencijal da igra ključnu ulogu u očuvanju životne sredine. Međutim, istovremeno, loše upravljanje tehnologijom može imati ozbiljne negativne posljedice na prirodu. Teško je naći balans između ove dvije krajnosti stoga je jedan od načina rješavanja ovog pitanja u istraživanju kako i na koji način nove tehnologije mogu očistiti prirodu i prevenirati dodatno uništavanje, te nakon toga primjenjivati u praksi donesene zaključke.

Jedan od glavnih načina na koji tehnologija pozitivno utiče na očuvanje životne sredine je kroz efikasniju upotrebu resursa. Na primjer, u sektoru energetike, napredak u oblasti obnovljivih izvora energije kao što su solarna, vjetroelektrane i hidroenergetski sistemi omogućavaju nam da proizvodimo električnu energiju bez emitovanja štetnih gasova. Također, pametne mreže i sistemi upravljanja energijom poput tehnologije skladištenja energije omogućavaju bolje korištenje električne energije, smanjujući otpad i potrebu za fosilnim gorivima (Mukherjee, 2023).

Transport je još jedan sektor gdje tehnologija ima značajan uticaj na smanjenje emisija štetnih gasova. Električni automobili i poboljšane baterije omogućavaju nam da se prebacimo sa benzinskih i dizel vozila na čistije alternative. Osim toga, razvoj autonomnih vozila obećava efikasniji saobraćaj i smanjenje gužvi, što također ima pozitivan uticaj na životnu sredinu (Mukherjee, 2023).

Senzori i IoT (eng. Internet of Things – stvari povezane sa internetom) tehnologije omogućavaju praćenje kvaliteta vazduha, vode i tla u stvarnom vremenu. Ova informacija omogućava brže reagovanje na zagađenje i olakšava praćenje uticaja industrije i urbanog razvoja na životnu sredinu. Pametne mreže omogućavaju komunikaciju u oba smjera između korisnika i pružaoca usluga u sektoru komunalnih usluga. Ovo olakšava integraciju obnovljivih izvora energije i osigurava glatki protok električne energije (Mukherjee, 2023).

Tehnologija direktnog hvatanja zraka (eng. Direct Air Capture - DAC) označava važan korak prema rješavanju problema smanjenja atmosferskog ugljičnog dioksida. DAC sistemi koriste hemijske procese za direktno uklanjanje CO₂ iz zraka, hvatajući ga radi skladištenja ili transformacije u korisne proizvode. Edinburgh Gas Sensors i Carbon Capture and Storage (CCS) tehnologije su namijenjene za rješavanje istog problema (Mukherjee, 2023). Ovi senzori mogu otkriti i precizno izmjeriti tragove različitih plinova u atmosferi, uključujući

one koji zagađuju zrak i stakleničke plinove. Ono što ovaj senzor izdvaja je izvanredna osjetljivost i preciznost, što omogućava točno praćenje kvalitete zraka i identifikaciju potencijalnih izvora onečišćenja.

Tehnološke inovacije mijenjaju poljoprivredni sektor, što vodi ka praksama koje su održivije i efikasnije. Napredne poljoprivredne tehnike, uključujući upotrebu dronova, GPS-a i senzora, omogućavaju poljoprivrednicima da pažljivo nadziru zdravlje svojih usjeva, optimiziraju raspodjelu resursa i smanjuju upotrebu gnojiva i pesticida. Pored toga, koncepti kao što su vertikalna poljoprivreda, hidroponika i akvaponika koriste tehnologiju kako bi postigli maksimalne prinose usjeva uz minimalnu potrošnju zemlje i vode. Ovi napreci ne samo da unapređuju proizvodnju hrane, već također doprinose očuvanju prirodnih resursa i smanjenju negativnih uticaja na okoliš (Mukherjee, 2023).

Osim toga, tehnologija poboljšava edukaciju i podizanje svijesti o očuvanju životne sredine. Aplikacije, web stranice i edukativni softveri pružaju informacije i alate za bolje razumjevanje ekoloških problema. Virtuelna stvarnost može omogućiti učenicima da "posjete" ugrožene ekosisteme i bolje razumiju potrebu za njihovim očuvanjem (Sermet i Demir, 2020).

Tehnološki napredak revolucionizirao je pristup upravljanju otpadom i procesima recikliranja, pružajući inovativna rješenja za smanjenje pritiska na deponijama i podsticanje cirkularne ekonomije. Automatizirani sistemi za sortiranje otpada, tehnologije za pretvaranje otpada u energiju i napredne reciklažne tehnike omogućuju ponovno korištenje dragocjenih resursa. Osim toga, razvoj pametnih spremnika za smeće i aplikacija za upravljanje otpadom omogućava učinkovito prikupljanje otpada i potiče odgovorno rukovanje otpadom među pojedincima i zajednicama (Bisong i Apologun, 2020).

Tehnologije daljinske detekcije, analiza satelitskih snimaka i istraživanje podataka omogućavaju naučnicima i donosiocima odluka praćenje i procjenu zdravlja ekosistema, nadziranje deforestacije, otkrivanje nivoa zagađenja i prepoznavanje ranjivih područja. Ovaj pristup orijentisan prema podacima pruža dragocjene uvide za oblikovanje dokazima utemeljenih strategija za očuvanje okoliša i smanjenje rizika za okoliš (Bisong i Apologun, 2020).

Umjetna inteligencija, uz primjenu algoritama mašinskog učenja, ima potencijal optimizirati potrošnju energije i smanjiti gubitke u različitim sektorima. Sistemi podržani AI-om mogu analizirati velike količine podataka, prepoznati obrasce i donositi pametne predikcije za efikasniju potrošnju energije u zgradama, industrijskim procesima i transportnim mrežama. Na primjer, pametni termostati koriste AI algoritme za podešavanje postavki temperature prema korisničkim preferencijama, rezultirajući uštedom energije. Također, AI doprinosi predviđanju energetske potražnje, optimizaciji distribucije energije i smanjenju

neefikasnosti, čime se pridonosi globalnim naporima za očuvanjem energije (Mukherjee, 2023).

Međutim, uz sve ove prednosti, tehnologija također ima svoje izazove u vezi sa očuvanjem životne sredine. Elektronski otpad, brza zastarjelost uređaja i potrošnja energije pri proizvodnji elektronike samo su neki od problema. Također, loše upravljanje tehnologijom može dovesti do povećane potrošnje resursa i zagađenja.

2.3.3. Ekološka paradigma i održivi razvoj

Ekološka paradigma znači promjena u načinu razmišljanja o našem odnosu prema okolišu i planeti Zemlji. Umjesto tradicionalnog pristupa koji je ljudske potrebe stavljao iznad svega, ekološka paradigma naglašava ekološke, društvene i ekonomske faktore kao međusobno povezane i međuzavisne. Ovaj novi način razmišljanja prepoznaje da su sva živa bića, uključujući ljude, povezana u jedinstvenu mrežu života.

Ova nova paradigma i pristup donosi nekoliko ključnih promjena u našem razumijevanju i ophođenju prema okolišu. Prvo, prihvata se potreba za očuvanjem biodiverziteta i ekosistema. Razumijevanje da su svi organizmi i ekosistemi povezani i igraju ključnu ulogu u održavanju ravnoteže na planeti postaje fundamentalno. Drugo, prepoznat je značaj obnovljivih izvora energije i energetske efikasnosti. Ekološka paradigma i održivi razvoj potiču prelazak sa fosilnih goriva na obnovljive izvore kao što su potencijalna energija sunca i vjetra. Ovo ne samo da pomaže u smanjenju emisije stakleničkih plinova, već i smanjuje ovisnost o ograničenim izvorima energije. Treće, naglašava se potreba ekološke svijesti i obrazovanja. Edukacija o očuvanju životne sredine postaje ključna za promjenu svijesti i ponašanja. Kroz obrazovanje ljudi postaju svjesniji svog utjecaja na okoliš i razvijaju vještine potrebne za održiv život (Burton i Hörl, 2017).

Ekološko obrazovanje prema Monroe *et al.* (2019) „obuhvata pristupe, alate i programe koji razvijaju i podržavaju stavove, vrijednosti, svijest, znanje i vještine vezane za životnu sredinu koje pripremaju ljude da preduzmu akcije u ime životne sredine“. Nastavnici koji primjenjuju odgovarajuće nastavne metode i dostupne materijale za poboljšanje ekološke etike i ekološke pismenosti mogli bi imati efikasniju nastavu i bolji nastavni učinak (Paakkari i George, 2018).

Održivi razvoj, s druge strane, predstavlja praktičnu primjenu ekološke paradigme. To je pristup koji se temelji na ravnoteži između ispunjenja trenutnih potreba ljudi, očuvanja okoliša i osiguravanja prosperiteta budućih generacija. Pitanja održivosti jedna su od glavnih briga našeg vremena i uključuju složen skup međusobno povezanih ekoloških, društvenih i ekonomskih problema, i zato je prihvaćen kao osnovni problem istraživanja u ovom radu. Ciljevi održivog razvoja koje su postavile Ujedinjene nacije do 2030. godine uključuju ove

tri dimenzije, zahtijevajući, istovremeno, masovno smanjenje korištenja resursa i njihovu dostupnost cjelokupnoj globalnoj populaciji (Griggs *et al.*, 2013). Ova radikalna transformacija određuje potrebu da se obrazuju građani i profesionalci, da se poveća njihova svijest i konačno podrži promjena ponašanja prema održivijim izborima i navikama potrošača.

Konačno, ekološka paradigma i održivi razvoj zahtijevaju saradnju i globalni pristup. Problemi poput klimatskih promjena i gubitka biodiverziteta ne poznaju granice. Održivi razvoj nije samo fraza, to je obveza prema budućnosti koja prepoznaje ograničene resurse Zemlje. Rješavanje ovih problema zahtijeva međunarodnu saradnju i koordinaciju. Ovo nije samo zadatak vladinih agencija ili velikih korporacija, svako od nas ima ulogu u ovom procesu. Promjenom načina razmišljanja i svakodnevnih aktivnosti možemo doprinijeti očuvanju okoliša i stvaranju održive budućnosti za generacije koje dolaze.

2.3.4. Upotreba VR tehnologije u svrhu podizanja svijesti o očuvanju životne sredine

Virtuelna stvarnost, kao što smo u više primjera do sada vidjeli, je tehnologija koja ima sposobnost da preobrazi različite industrije, uključujući obrazovanje i ekološku svijest. VR okruženja imaju potencijal da izazovu snažne emocionalne reakcije koje mogu motivisati pojedince na korake za očuvanje prirode. Kako je očuvanje okoliša i upravljanje resursima i otpadom najaktuelnija tema u posljednjih nekoliko decenija, nije iznenađenje da se došlo na ideju da se nove tehnologije uključe u rješavanje ovog problema.

Kada razmišljamo o prirodi i okolišu, digitalni sadržaji nisu prve stvari koje nam padaju na pamet. Ipak, digitalizacija je stigla i u ovo područje. Nove tehnologije kao što su proširena stvarnost, virtuelna stvarnost i mješovita stvarnost mogu stvoriti potpuno virtuelne svjetove (VR) ili kombinovati virtuelne elemente sa stvarnim svijetom (AR, MR). Poboljšanje stvarnog okruženja super impozantnim virtuelnim sadržajem ima potencijal da pruži obogaćujuća, interaktivna i zadivljujuća iskustva (Rambach *et al.*, 2021).

Studija je pokazala da su učenici zadovoljni učenjem kroz virtuelnu stvarnost, jer je lako razumljivo i zadovoljava sve njihove potrebe za učenjem (Raja i Priya, 2021). U skladu s tim, virtuelna stvarnost se primjenjuje u ekološkom obrazovanju kako bi se raspravljalo o utjecaju na etiku i ekološku pismenost. „Kompjuterski generisana stvarnost, koja omogućava učeniku ili grupi učenika da iskuse različite slušne i vizuelne podražaje. Ova stvarnost se može doživjeti korištenjem specijalizovanih slušalica i naočara“ (Kardong-Edgren *et al.*, 2019). Srisuphab *et al.* (2014) su dizajnirali aplikaciju ZooEduGuide za motiviranje tinejdžera i djece da uče o divljim životinjama i da podignu njihovu svijest o očuvanju okoliša. Prema teoriji prostorne prisutnosti, imerzivni video snimci od 360° se percipiraju kao neposredna iskustva prirode. Rezultati pokazuju da impresivni video snimci prirode

promovišu jači osjećaj prostorne prisutnosti i posvećenosti okolišu od običnih video zapisa prirode (Breves i Heber, 2020).

U ovom procesu je bitno stvoriti autentično okruženje koje će vjerodostojno predstavljati prirodni ambijent, i u skladu s tim identifikovane su ključne karakteristike VR okruženja koje uključuju:

- a) trodimenzionalno snimanje,
- b) sposobnost aktivne interakcije sa virtuelnim okruženjem i
- c) vizuelne i zvučne povratne informacije.

Bitno je istaći da bi ova tehnologija trebalo da spriječi korisnike da primjete bilo kakve elemente iz stvarnog svijeta tako što će biti potpuno uronjeni u virtuelno okruženje. Najbolji primjer su simulatori letenja gdje su korisnici dio simuliranog iskustva (Kardong-Edgren *et al.*, 2019).

Tehnologija virtuelne stvarnosti povećava empatiju i može uticati na ljude da se ponašaju proekološki. Nefitne organizacije sve više plasiraju svoje ciljeve koristeći virtuelnu stvarnost i prijavljuju povećanje donacija kada se koristi VR tehnologija (Nelson, Anggraini i Schlüter, 2020). Područje dizajna za održivo ponašanje, odgovara na ovu potrebu kroz razvoj proizvoda, sistema i usluga koji podržavaju promjenu navika ljudi i procesa donošenja odluka. U tom smislu, virtuelna stvarnost je obećavajući alat koji se već pokazao kao pokretač održivih promjena ponašanja u nekoliko situacija, kroz širok raspon uređaja, tehnologija i modaliteta (Scurati *et al.*, 2021a). Mogućnost diverzifikacije iskustava ovisno o korisniku i stilovima učenja može biti velika prednost u obrazovanju (Liu, Cheng i Chen, 2019) i razvijanju ekološke svijesti.

Ekstremne promjene u okolišu podstakle su razvoj i korištenje senzorskih mreža za podatke o okolišu. Vizuelizacija takvih podataka je važno pitanje. Za Veas *et al.* (2013) monitoring životne sredine je „proces kontinuiranog posmatranja i redovnog mjerenja parametara životne sredine određenog područja u cilju razumjevanja neke pojave“. Tehnike koje simuliraju određena okruženja i situacije također mogu omogućiti uštedu resursa i smanjenje putovanja i emisije. Primjeri za to su VR simulacije vožnje automobila ili aviona koje se mogu koristiti za obuku novih vozača/pilota što je prezentirano u radu Riegler, Riener i Holzmann (2019) i Bruguera *et al.* (2019). Simulacije za druge oblike obuka kao što su rukovanje složenom mašinerijom ili čak obuka osoblja za kritične situacije prikazane su u radu Gavish *et al.* (2015) i Engelbrecht, Lindeman i Hoermann (2019). Nivo uspjeha ovakvih aplikacija u velikoj mjeri ovisi o korisnosti simulacije. Na primjer, vatrogasci treniraju u gotovo kontroliranom okruženju, ali ti uvjeti za obuku su i dalje vrlo opasni, jer se moraju pripremiti za opasne situacije u stvarnom životu. Ova obuka nije samo opasna po život već i štetna po životnu sredinu, stoga je dobro imati ove obuke u vitruelnom okruženju (Rambach *et al.*, 2021). Zatim imamo primjer Holoroom Test Drive (2022) koji se koristi kao model za

isprobavanje prije kupovine kako bi se omogućilo kupcima da isprobaju opasne proizvode poput motornih pila ili trimera za živu ogradu u sigurnom, virtualnom prostoru. Ovaj hardver je napravljen po narudžbi za edukativnije i impresivnije iskustvo. Simulacije poput ovih pomažu u smanjenju broja vraćene robe, a time i ekološkog otiska (Rambach *et al.*, 2021).

Svakim danom imamo sve više primjera upotrebe VR i AR u upravljanju katastrofama i pronalaženju, analizi i vizualizaciji podataka o okolišu kroz razne aplikacije. Ciljevi dizajna ovih aplikacija uglavnom uključuju povećanje svijesti javnosti o prirodnim katastrofama uz privlačnu grafiku i interakciju, efikasno i djelotvorno komuniciranje informacija o okolišu za obrazovanje studenata na fakultetima, pružanje sistema podrške odlukama za planiranje okoliša i upravljanje katastrofama, obučavanje osoba koje prve reaguju i osoblja za održavanje, i unapređivanje konvencionalnog preuzimanja i obrade podataka o životnoj sredini u realnom vremenu (Sermet i Demir, 2020). EcoMUVE nastavni plan i program koristi aktivnosti istraživanja u impresivnom simuliranom okruženju (VR) dizajniranom da pomogne studentima da nauče dinamiku sistema i uzročnu složenost svojstvenu procesima ekosistema. Iskustva učenja na otvorenom EcoMOBILE koriste pametne telefone sa iskustvom proširene stvarnosti (AR) i probeware za prikupljanje naučnih podataka tokom lokalnih izleta (Kamarainen *et al.*, 2018).

Doživljavajući različite ekosisteme, kao što su koralni grebeni, prašume ili polarne regije iz prve ruke, pojedinci mogu bolje razumjeti svu ljepotu i složenost, kao i prijetnje s kojima se suočavaju ti ekosistemi. Simulirajući efekte ljudskih aktivnosti na okoliš, lako je uvidjeti posljedice tih postupaka i razviti veći osjećaj odgovornosti prema okolini. VR se također koristi za promovisanje održivih praksi i ponašanja kroz pružanje praktičnih obuka.

Korištenje VR-a kao alata za podizanje ekološke svijesti suočava se s određenim potencijalnim izazovima. Jedan od ključnih ograničenja uključuje visoke troškove i ograničenu dostupnost VR tehnologije. Stoga je potrebno aktivno raditi na prevazilaženju ovih prepreka kako bi se osiguralo široko prihvatanje ove tehnologije kao sredstva za podizanje svijesti o okolišu.

3. KONCEPT I STRUKTURA ISTRAŽIVANJA

Kao što sam navela u uvodnom dijelu rada, ovo poglavlje će biti posvećeno objašnjenju metodologije koja će biti korištena da bi se postigli zadati ciljevi ovog rada. Nakon datog pregleda literature i objašnjenja osnovnih pojmova povezanih sa temom ovog rada u nastavku će biti prikazan proces provedenog istraživanja putem sistematskog pregleda literature. Svi nalazi i zaključci koji su nastali kao rezultat ovog istraživanja biće prikazani u narednim poglavljima.

3.1. Kontekst istraživanja

Trenutni i budući izazovi u području održivog razvoja zahtjevaju opsežne promjene u navikama i ponašanju na svim društvenim nivoima. Ovo zahtjeva promjenu perspektiva, prioriteta i praksi koje se mogu postići samo razvijanjem svjesnije, informiranije i obrazovnije zajednice i pojedinaca. Podizanje svijesti o značaju očuvanja i zaštite životne sredine kroz obrazovanje predstavlja odgovor na ovu potrebu, te stvara pretpostavke za dugoročni održivi razvoj.

U tom kontekstu, virtualna stvarnost se pojavljuje kao obećavajući alat. Već je istražena u svrhu poticanja održivih promjena u ponašanju u različitim situacijama, koristeći različite uređaje, tehnologije i načine rada. Ova raznolikost otvara mnoge mogućnosti za dizajnere, ali također donosi niz etičkih, psiholoških i tehničkih izazova. Zato bi programeri VR-a trebali biti sposobni razlikovati i identificirati različite strategije kako bi pružili adekvatna rješenja za svaki specifični slučaj.

U tu svrhu ovaj rad će pokušati izvući suštinu iz dosada objavljenih radova na ovu temu kako bi programerima, dizajnerima VR sadržaja i obrazovnoj zajednici dao uvid u najaktuelnije teme i rješenja, ali i izazove koji nastaju u procesu postizanja održivog razvoja. Za donosiocce odluka je bitno da imaju što više ulaznih informacija kada je ova oblast u pitanju, te na taj način ovaj rad daje svoj doprinos u tom procesu. Ovo istraživanje će pružiti svim zainteresovanim stranama bitne inpute u kom pravcu da usmjere svoje djelovanje imajući u vidu rezultate sistematskog pregleda aktuelne literature na ovu temu.

Ilustracija 1. Istraživačka pitanja

IP1

Koja su polja istraživanja izdvojenih članaka i kakva je njihova distribucija po zemljama i godinama izdavanja, te koji su radovi najviše citirani?

IP2

Koje metodologije i trendovi su prisutni u izdvojenim radovima, koja ograničenja se javljaju, te koje preporuke su autori dali za buduća istraživanja?

IP3

Da li se u radovima problematizira pitanje etike i ekološke svijesti pri upotrebi VR tehnologije, i da li radovi u sebi sadrže neke od održivih razvojnih ciljeva?

Izvor: Autor završnog rada

Na osnovu svega navedenog ovo istraživanje će analizirati relevantne podatke iz prethodnih studija kako bi dalo odgovore na istraživačka pitanja. U uvodu ovog rada data su opšta

istraživačka pitanja na koja su dati odgovori u prethodnom poglavlju. Ovaj dio istraživanja zahtjeva definisanje dodatnih istraživačkih pitanja koja su navedena u Ilustraciji 1. Na taj način će se stvoriti jedna sveobuhvatna cjelina odgovora koji će pomoći svim zainteresovanim stranama u njihovom budućem radu i istraživanju na ovu temu.

3.2. Metodologija sistematskog pregleda literature

Kako bi ovaj rad ispunio postavljene ciljeve i dao odgovore na istraživačka pitanja biće korištena kvalitativna metodologija istraživanja, kao najprikladnija istraživačka metoda za ovu temu, a samo istraživanje će biti provedeno uz upotrebu sistematskog pregleda literature. Metodologija sistematskog pregleda literature je pristup koji se koristi za sistematično identifikovanje, pregledanje, evaluaciju i sintezu relevantnih naučnih radova na određenu temu. Ovaj pristup ima za cilj objektivno sumirati postojeće dokaze iz literature i donijeti zaključke o stanju i rezultatima istraživanja u datoj oblasti. Prema Cochrane Collaboration sistematski pregled literature je „detaljna, prethodno definisana strategija za identifikaciju, evaluaciju i sintezu svih relevantnih istraživačkih radova o određenom pitanju" (Cumpston *et al.*, 2019). Definiciju sistematskog pregleda literature dao je i Centar za recenzije i širenje informacija (eng. Centre for Reviews and Dissemination - CRD) koja glasi: "Sistematski pregled literature je metodološki pristup koji koristi sistematsko i eksplicitno identifikovanje, selekciju, kritičku procjenu i sintezu rezultata relevantnih istraživanja" (CRD, 2009).

Ilustracija 2. Metodologija za izbor i pregled literature



Izvor: Danvila-del-Valle, Estévez-Mendoza and Lara (2019)

U radu će se koristiti i deskriptivna analiza kako bi se mogla izvršiti analiza citiranosti radova koji su selektovani kao relevantni za ovu temu. Baze podataka koje su se koristile u prvom dijelu rada za prikupljanje relevantne stručne i naučne literature su: Google Scholar, Science

Direct i sl., a pored njih i brojne internetske stranice koje pružaju informacije, podatke i publikacije koje su usko povezane sa ovom temom. Za drugi dio istraživanja koji se odnosi na sistematski pregled literature korištena je baza podataka Web of Science, a prema metodologiji koja se vidi u Ilustraciji 2. Ona nam pokazuje korake koji su preduzeti kako bi se došlo do skupa relevantnih članaka za ovo istraživanje.

Svi izdvojeni članci su pohranjeni u program za referenciranje pod nazivom Mendeley u kojem je vršena detaljna analiza sadržaja radova. Za vizualizaciju i analizu dobijenih podataka o trendovima korišten je VOSviewer softverski alat. Uz pomoć ovog alata izrađena je mreža klastera za identificirane ključne riječi.

3.3. Postupak prikupljanja podataka

Kako bih razvila okvir ovog istraživanja, započela sam s temeljnim pregledom najrelevantnije literature u ovoj oblasti. Pregled je napravljen u bazi podataka Web of Science (WoS) koristeći kombinaciju riječi navedenih u Ilustraciji 3. Selekcija studija izvršena je na osnovu njihovih naslova.

Ilustracija 3. Pregled riječi za pretraživanje

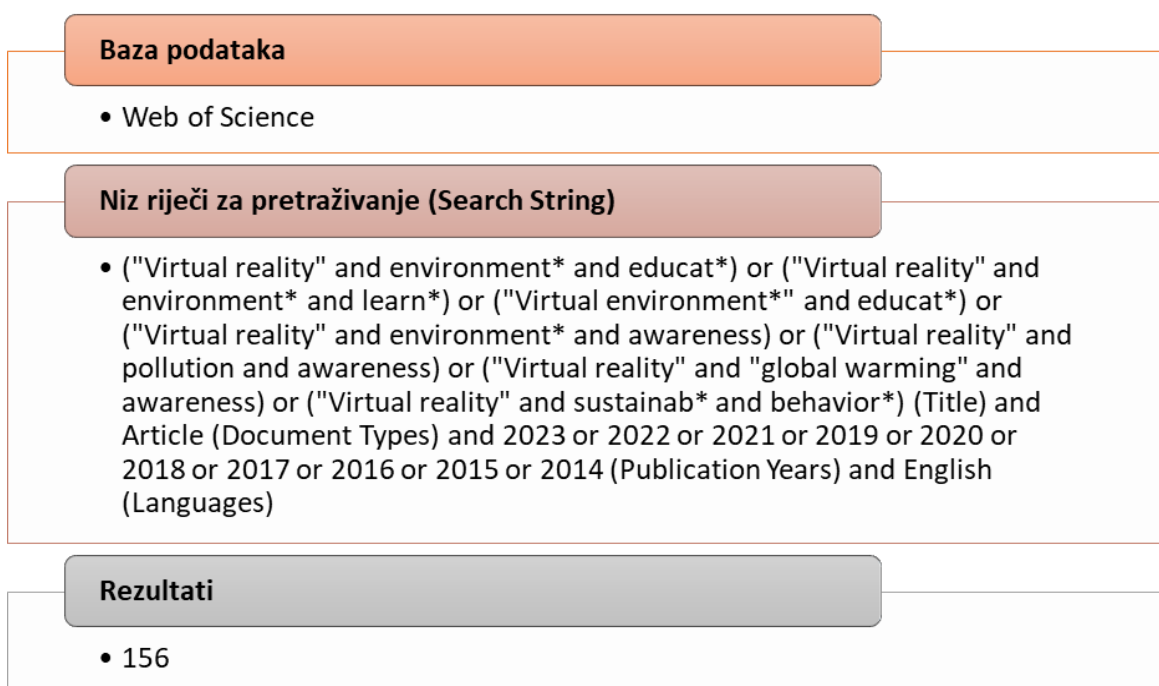


Izvor: Autor završnog rada

U procesu selekcije, svaka odabrana studija sadrži barem jednu ključnu riječ iz svake kolone u tabeli. Kako bih identificirala studije koje kombinuju virtuelnu stvarnost (VR), edukaciju, podizanje svijesti i komponente održivosti, koristila sam ključne riječi "Virtuelna stvarnost" i "Virtuelno okruženje", te sam ih kombinovala s drugim izrazima koji se odnose na edukaciju i podizanje svijesti, poput "edukacija" i "učenje", zatim "svijest" i "ponašanje". Kako bi dalje identificirala studije vezane uz održivost, uključila sam niz riječi povezanih s ekološkim aspektima i pitanjima održivosti kao što su "okruženje", "zagađenje", "globalno zagrijavanje" i "održivost". Na taj način sam suzila selekciju studija koje koriste VR za podršku obrazovanju u podizanju svijesti o zaštiti životne sredine.

Ključne riječi poput "Virtuelna stvarnost" i "Virtuelno okruženje" sam povezivala s ostalim riječima iz drugih kolona sa naredbom "AND" osiguravajući da svaka studija sadrži barem jednu ključnu riječ iz svake kolone. Dobijene kombinacije sam dalje povezala sa naredbom "OR" kako bih uključila radove koji u sebi sadrže bar neku od ovih kombinacija. Sa zvjezdicom su označene riječi koje se mogu pojaviti u više oblika kao što su jednina, množina, imenice ili pridjevi. Ključne riječi i njihove kombinacije za pretragu su prikazane u Ilustraciji 4.

Ilustracija 4. Niz riječi za pretraživanje

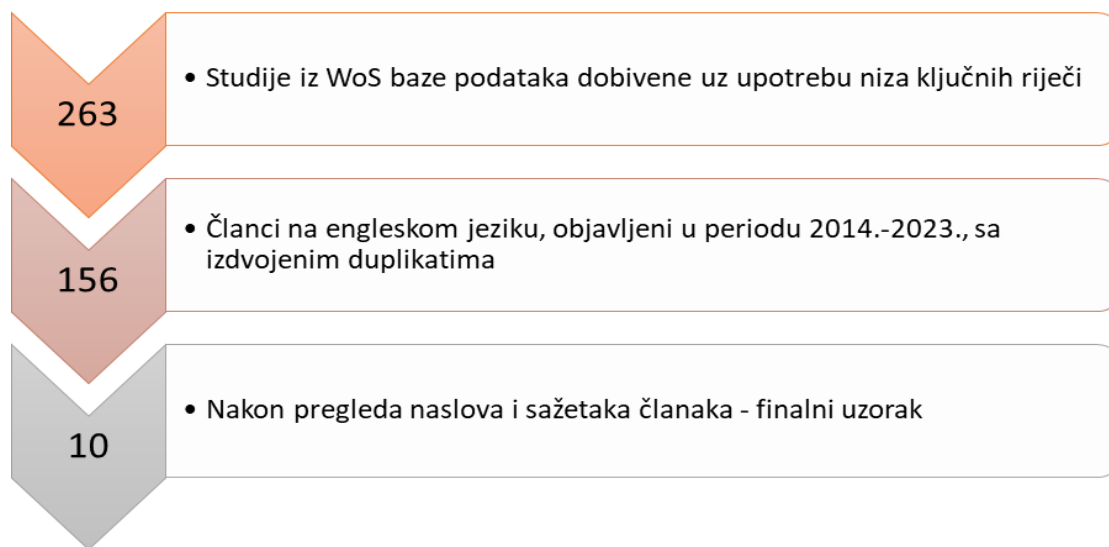


Izvor: Autor završnog rada

Kao što vidimo u datoj Ilustraciji 4 kombinacije koje su korištene za pretragu u bazi podataka WoS bile su: ("Virtuelna stvarnost" i okruženj* i edukacij*) ili ("Virtuelna stvarnost" i okruženj* i učenj*) ili ("Virtuelno okruženj*" i edukacij*) ili ("Virtuelna stvarnost" i okruženj* i svest) ili ("Virtuelna stvarnost" i zagađenje i svijest) ili ("Virtuelna stvarnost" i "globalno zagrijavanje" i svijest) ili ("Virtuelna stvarnost" i održivost* i ponašanj*). Kriteriji koji su uključeni za pretraživanje studija su vrsta dokumenta (članak), jezik (engleski), te godina izdanja (od 2014-2023).

Pretraga je rezultirala sa 263 izdvojena rada nakon čega sam uključila filter za vrstu publikacije i izabrala samo članke. Nakon toga je ostalo 227 radova koje sam dalje dala filtrirati prema godini u kojoj su objavljeni. Ovo istraživanje će biti bazirano na radovima koji su objavljeni u zadnjih deset godina, od 2014. godine do danas (oktobar 2023. godine), jer se primjena VR tehnologije u tom periodu značajno pomjerila od game-inga ka mnogim drugim područjima poput obrazovanja i ekologije. U tom periodu je objavljeno 172 rada od kojih sam dalje izdvojila samo one koji su pisani na engleskom jeziku i tako dobila 157 članaka. Unutar izdvojenih članaka nalazio se jedan duplikat kojeg sam odstranila i ostalo je 156 radova.

Ilustracija 5. Proces izbora članaka



Izvor: Autor završnog rada

Zatim sam pregledala radove čitajući naslove i sažetke, provjeravajući da li su ispoštovani kriteriji za uključivanje. Uključeni radovi morali su raspravljati o upotrebi VR za podršku obrazovanju u podizanju svijesti o zaštiti životne sredine, predstavljajući studije slučaja i rješenja, preglede ili perspektive na tu temu. Konačno, dobila sam ukupno 10 radova koji su pogodni za dalju analizu i bit će predstavljani u nastavku. Tok identifikacije i odabira članaka za predmet ovog istraživanja predstavljen je u Ilustraciji 5.

4. ANALIZA PODATAKA I DISKUSIJA REZULTATA

Pretraživanje je rezultiralo sa uzorkom od 10 članaka koji predstavljaju radove koji se direktno bave upotrebom VR tehnologije u obrazovanju u svrhu podizanja svijesti o značaju očuvanja životne sredine, te na taj način daju svoj doprinos u proširenju pogleda o mogućnostima primjene ove vrste tehnologije. Ovi radovi će biti analizirani i rezultate te analize predstavljam u poglavljima koja slijede. Da bi bolje razumjeli analizu i diskusiju dobijenih rezultata potrebno se upoznati sa izdvojenim člancima i njihovim kratkim sadržajem, za što nam služi Tabela 1.

Tabela 1. Pregled izdvojenih članaka

IZDVOJENI ČLANCI ZA ANALIZU		
1	Naslov	Autori
	Immersive Virtual Reality Field Trips Facilitate Learning About Climate Change	Markowitz, David M.; Laha, Rob; Perone, Brian P.; Pea, Roy D.; Bailenson, Jeremy N.
	Prijevod naslova	Izvor
	Imerzivni izleti u virtuelnu stvarnost olakšavaju učenje o klimatskim promjenama	Frontiers in Psychology
	Srž članka	Godina objavljivanja
	Test efikasnosti VR-a kao obrazovnog medija za podučavanje posljedica klimatskih promjena, posebno zakiseljavanja okeana.	2018
2	Naslov	Autori
	Effects of environmental education on environmental ethics and literacy based on virtual reality technology	Liu, Qiong; Cheng, Zhongming; Chen, Min
	Prijevod naslova	Izvor
	Efekti obrazovanja o životnoj sredini na ekološku etiku i pismenost zasnovanu na tehnologiji virtuelne stvarnosti	Electronic Library
	Srž članka	Godina objavljivanja
	Studija predstavlja načine jačanja ekološkog moralnog vaspitanja kroz naučnoistraživačke metode i rigoroznu teoriju	2019
3	Naslov	Autori

	Exploring the Use of Virtual Reality to Support Environmentally Sustainable Behavior: A Framework to Design Experiences	Scurati, Giulia Wally; Bertoni, Marco; Graziosi, Serena; Ferrise, Francesco
	Prijevod naslova	Izvor
	Istraživanje upotrebe virtualne stvarnosti za podršku ekološki održivog ponašanja: okvir za dizajniranje iskustava	Sustainability
	Srž članka	Godina objavljivanja
	Predstavljanje okvira za razvoj VR iskustava za podršku održivim promjenama ponašanja.	2021
	Naslov	Autori
	3D Multiuser Virtual Environments and Environmental Education: The Virtual Island of the Mediterranean Monk Seal	Fokides, Emmanuel; Chachlaki, Foteini
	Prijevod naslova	Izvor
4	3D višekorisnička virtualna okruženja i obrazovanje o okolišu: virtualno ostrvo mediteranske medvjedice	Technology Knowledge and Learning
	Srž članka	Godina objavljivanja
	Rezultati korištenja 3D višekorisničkog virtualnog okruženja za obrazovanje studenata o pitanjima zaštite sredozemne medvjedice.	2020
	Naslov	Autori
	Design of 3D Virtual Reality in the Metaverse for Environmental Conservation Education Based on Cognitive Theory	Lo, Shih-Che; Tsai, Hung-Hsu
	Prijevod naslova	Izvor
5	Dizajn 3D virtualne stvarnosti u metaverzumu za obrazovanje o očuvanju životne sredine zasnovano na kognitivnoj teoriji	Sensors
	Srž članka	Godina objavljivanja
	Prijedlog nove 3D VRAM arhitekture za obrazovanje o vodnim resursima kroz modernu informatičku tehnologiju.	2022
6	Naslov	Autori

	Designing Immersive Virtual Reality Simulation for Environmental Science Education	Cho, Yongjoo; Park, Kyoung Shin
	Prijevod naslova	Izvor
	Dizajniranje imerzivne simulacije virtualne stvarnosti za obrazovanje iz nauke o životnoj sredini	Electronics
	Srž članka	Godina objavljivanja
	Studija potiče učenike na aktivno učešće u rješavanju ekoloških problema kroz virtualno okruženje.	2023
	Naslov	Autori
	Investigating Effects of Interactive Virtual Reality Games and Gender on Immersion, Empathy and Behavior Into Environmental Education	Chiang, Tosti Hsu-Cheng
	Prijevod naslova	Izvor
7	Istraživanje efekata interaktivnih igara virtualne stvarnosti i pola na uranjanje, empatiju i ponašanje u obrazovanje o životnoj sredini	Frontiers in Psychology
	Srž članka	Godina objavljivanja
	Studija nastoji povećati empatiju učenika prema prirodnom okruženju i potaknuti stvarna ponašanja zaštite.	2021
	Naslov	Autori
	Using Low-immersive Virtual Reality in Online Learning: Field Notes from Environmental Management Education	Rawson, Rebecca; Okere, Uchechukwu; Tooth, Owen
	Prijevod naslova	Izvor
8	Korištenje virtualne stvarnosti niske imerzivnosti u online učenju: terenske napomene iz obrazovanja o upravljanju životnom sredinom	International Review of Research in Open and Distributed Learning
	Srž članka	Godina objavljivanja
	Bilješke o korištenju VR-a kao alata za online učenje i ispitivanje iskustava studenata u 360° virtualnim prostorima.	2022
9	Naslov	Autori

	Environmental management education using immersive virtual reality in asthmatic children in Korea: a randomized controlled study (secondary publication)	Kim, Seung Hyun; Park, Sang Hyun; Kang, Insoon; Song, Yuyoung; Lim, Jaehoon; Yoon, Wonsuck; Yoo, Young
	Prijevod naslova	Izvor
	Obrazovanje o upravljanju okolišem korištenjem imerzivne virtualne stvarnosti kod djece s astmom u Koreji: randomizirana kontrolirana studija (sekundarna publikacija)	Journal of Educational Evaluation for Health Professions
	Srž članka	Godina objavljivanja
	Istraživanje o efikasnosti edukacije o VR-u u obrazovanju o kontroli životne sredine za astmatičnu djecu u Koreji.	2022
	Naslov	Autori
	The Feasibility of Enhancing Environmental Awareness using Virtual Reality 3D in the Primary Education	Sulisworo, Dwi; Erviana, Vera Yuli; Robiin, Bambang; Sepriansyah, Yovi; Soleh, Achmad
	Prijevod naslova	Izvor
10	Izvodljivost jačanja ekološke svijesti koristeći 3D virtualnu stvarnost u osnovnom obrazovanju	Education Research International
	Srž članka	Godina objavljivanja
	Ovo istraživanje razvija 3D VR za osnovnoškolsko učenje o životnoj sredini i životinjama.	2022

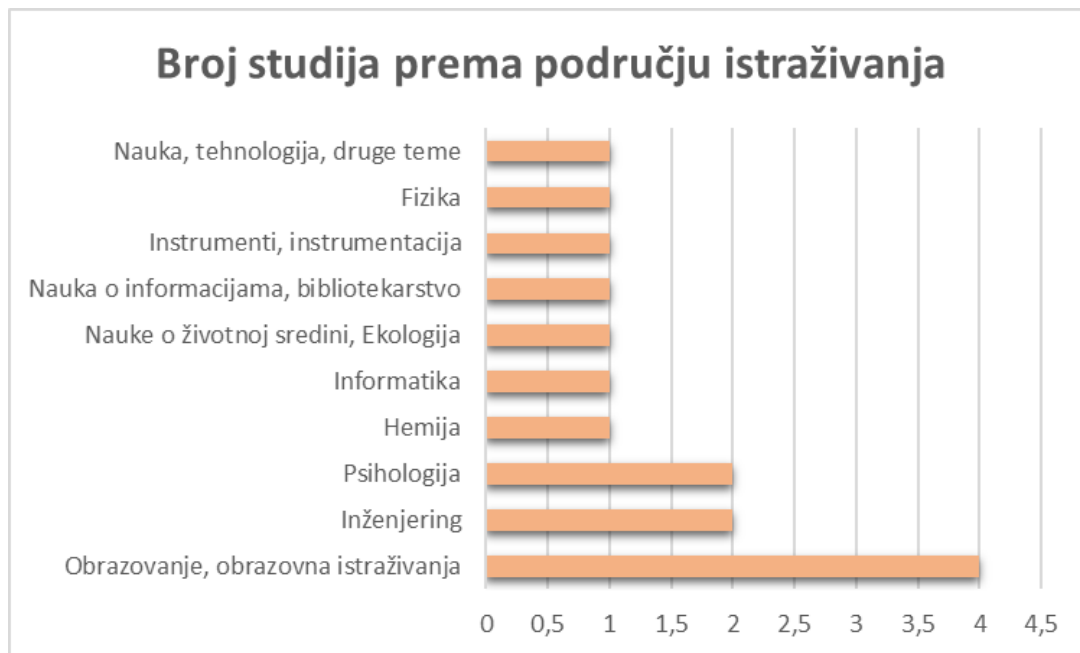
Izvor: Autor završnog rada

4.1. Područja istraživanja

Na Grafikonu 1 imamo pregled analize članaka prema njihovom predmetu istraživanja, pri čemu možemo vidjeti koliko studija se bavi kojim istraživačkim područjem. Obrazovanje, odnosno obrazovna istraživanja su područja kojima su se ovi članci najviše bavili, što sugerira značajan interes za pitanja obrazovanja i istraživanja u tom kontekstu. Ukupno 4 članka iz grupe su se bavili ovim područjem. Istraživanje u inženjerskom sektoru je prisutno u dvije studije, što je nešto manji obim u usporedbi s obrazovanjem. Psihologija je također

zastupljena s dva istraživanja, što ukazuje na interes za prestavljanje odnosa VR tehnologije s aspektima ljudskog ponašanja i iskustva.

Grafikon 1. Studije prema području istraživanja



Izvor: Autor završnog rada

Kada su u pitanju područja poput hemije, informatike, nauke o životnoj sredini, ekologije, nauke o informacijama i bibliotekarstvu, instrumenata i instrumentacije, fizike i nekih drugih, ona imaju po jedno istraživanje. To nam govori kolika je raznolikost interesa koja pokriva širok spektar disciplina. Možemo zaključiti da je prisutan multidisciplinarni pristup proučavanju VR tehnologije, obuhvatajući područja obrazovanja, inženjeringa, psihologije i drugih naučnih disciplina.

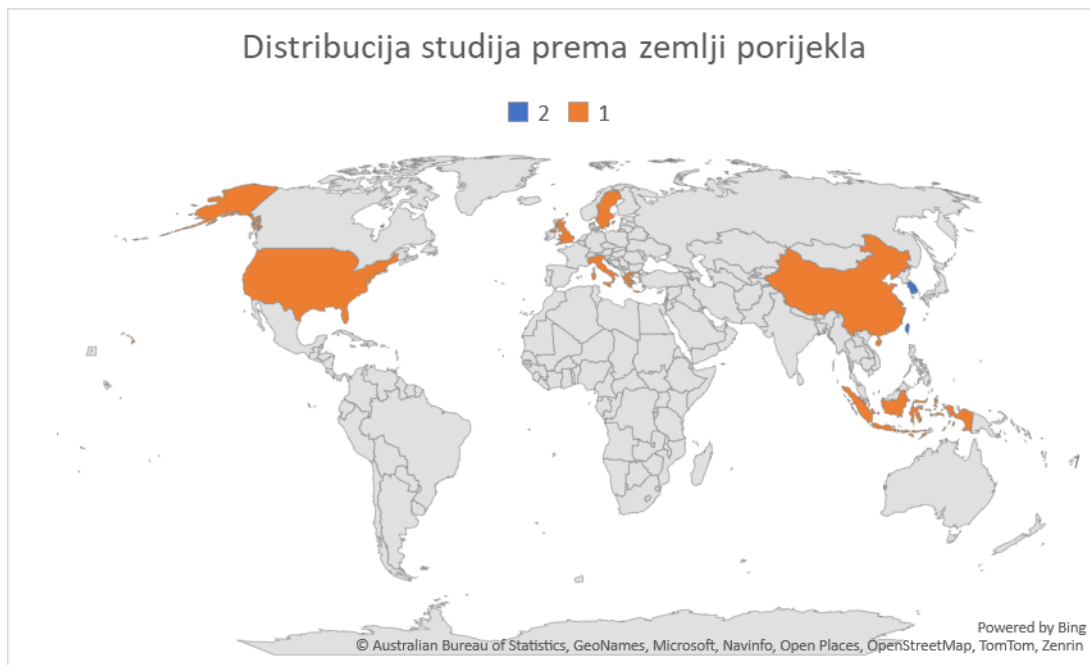
4.2. Zemlje porijekla

Podaci koji ukazuju na zemlje ili regije iz kojih dolaze studije ili istraživanja su prikazani u Ilustraciji 6. Dvije studije potiču iz Južne Koreje, što može ukazati na značajan interes u vezi s VR tehnologijom u Južnoj Koreji. I Tajvan ima dvije studije pa bi se moglo reći da postoji regionalni fokus u istraživanjima VR tehnologije.

Po jedna studija dolazi iz Engleske, Grčke, Indonezije, Italije, Kine, Švedske i SAD-a. Možemo reći da postoji globalna distribucija interesa i angažmana u istraživanju virtualne stvarnosti, s predstavnicima iz različitih dijelova svijeta. Ovi podaci pružaju pregled

geografske raspodjele studija o VR tehnologiji, pokazujući globalnu prisutnost i interes za istraživanje ovog područja.

Ilustracija 6. Mapa zemalja iz kojih dolaze članci



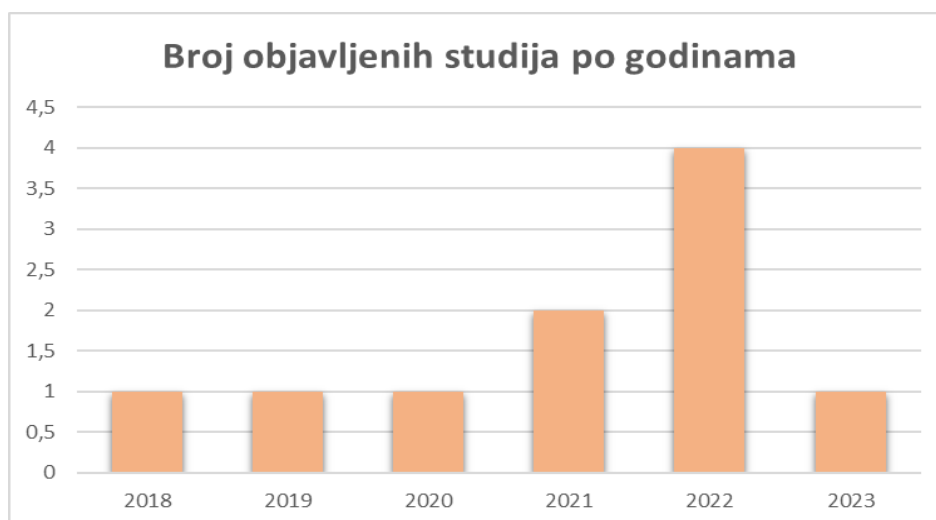
Izvor: Autor završnog rada

4.3. Godine objavljivanja

Broj studija ili istraživanja po godinama objavljivanja su prikazane u Grafikonu 2 i predstavljaju godišnju produktivnost u istraživanju VR tehnologije i njenoj ulozi u podizanju svijesti o značaju očuvanja i zaštite životne sredine kroz obrazovanje. Vidimo da je najproduktivnija godina za ove teme bila 2022. kada je objavljeno ukupno 4 članka, što može značiti da je došlo do značajnog porasta interesa ili dostupnosti resursa za istraživanje u toj godini. U 2021. godini imamo nešto manji broj studija ukupno dvije, dok je po jedna studija objavljena 2018., 2019., 2020. i 2023. godine.

Ako bi pogledali trend objavljivanja koji ima uzlaznu putanju do 2023. godine, taj porast možemo povezati sa razvojem specifičnih sadržaja u VR-u i njegovom većom dostupnošću u pogledu alata i njihovih cijena. Grafikon 2 nam pruža uvid u dinamiku istraživanja u vezi s VR tehnologijom tokom navedenih godina, pri čemu se u procjenu trebaju uzeti i drugi faktori koji su obilježili taj period. Pri tome mislim na pandemiju COVID-a i porast potreba za promjenom načina učenja i obučavanja na svim poljima društvenog života.

Grafikon 2. Pregled objavljenih studija po godinama



Izvor: Autor završnog rada

4.4. Citiranost radova

Ono što ukazuje na učinak nekog članka, između ostalog, jeste i njegova citiranost u drugim radovima. Autori Heradio *et al.* (2016) u svojoj studiji ističu da metoda za procjenu naučnih radova uključuje analizu citata. Prema njihovom pristupu, što više citata ima članak, to je veći njegov uticaj u određenom polju istraživanja. Takođe, spominju da se H-indeks smatra prikladnim pokazateljem koji kombinuje količinu i uticaj naučnih rezultata koje objavljuje istraživač.

U Tabeli 2 imamo prikaz citiranosti izdvojenih radova sortiranih po godinama. Prosječni H-index za ove radove je 5, a prosječna citiranost po radu je 25,1. Ukupan broj citata je 251, što kada se uzme u obzir da u uzorku imamo deset radova, govori nam da ipak postoji veliki akademski interes za ovu temu. Također vidimo da je najveći broj citata u 2021. (ukupno 65) i 2022. godini (ukupno 61) što i na ovom polju ukazuje da su ove dvije godine bile plodonosne za istraživanja VR tehnologije.

Radovi u Tabeli 2 su poredani prema broju citata od najvećeg ka namanjem, pa tako vidimo da najveću citiranost ima rad „Immersive Virtual Reality Field Trips Facilitate Learning About Climate Change“ (Markowitz *et al.*, 2018) porijeklom iz SAD-a. Iako im je citiranost niska, radovi koji se nalaze na začelju ne znači da su manje produktivni. Ako se uzme u obzir godina njihove objave, sasvim je logično da akademska zajednica još uvijek nije imala dovoljno vremena da se upozna s njima.

Tabela 2. Broj citiranja izdvojenih članaka po godinama

Izdvojeni članci	Broj citata po godinama					Godišnji prosjek	Ukupno
	2019	2020	2021	2022	2023		
Ukupno	20	57	65	61	48	50.20	251
1							
Immersive Virtual Reality Field Trips Facilitate Learning About Climate Change	17	39	47	31	24	26.33	158
(Markowitz <i>et al.</i> , 2018)							
2							
Effects of environmental education on environmental ethics and literacy based on virtual reality technology	3	15	4	12	2	7.20	36
(Liu, Cheng i Chen, 2019)							
3							
Exploring the Use of Virtual Reality to Support Environmentally Sustainable Behavior: A Framework to Design Experiences	0	0	10	11	7	9.33	28
(Scurati <i>et al.</i> , 2021b)							
4							
3D Multiuser Virtual Environments and Environmental Education: The Virtual Island of the Mediterranean Monk Seal	0	3	4	3	2	3	12
(Fokides i Chachlaki, 2020)							
5							
Design of 3D Virtual Reality in the Metaverse for Environmental Conservation Education Based on Cognitive Theory	0	0	0	0	6	3	6
(Lo i Tsai, 2022)							
6	0	0	0	0	4	4	4

Designing Immersive Virtual Reality Simulation for Environmental Science Education								
(Cho i Park, 2023)								
7								
Investigating Effects of Interactive Virtual Reality Games and Gender on Immersion, Empathy and Behavior Into Environmental Education	0	0	0	2	1	1	3	
(Chiang, 2021)								
8								
Using Low-immersive Virtual Reality in Online Learning: Field Notes from Environmental Management Education	0	0	0	0	2	1	2	
(Rawson, Okere i Tooth, 2022)								
9								
Environmental management education using immersive virtual reality in asthmatic children in Korea: a randomized controlled study (secondary publication)	0	0	0	2	0	1	2	
(Kim <i>et al.</i> , 2022)								
10								
The Feasibility of Enhancing Environmental Awareness using Virtual Reality 3D in the Primary Education	0	0	0	0	0	0	0	
(Sulisworo <i>et al.</i> , 2022)								

Izvor: Autor završnog rada

4.5. Korištene metodologije

Većina radova je u svom istraživanju koristila upitnike kao način prikupljanja podataka i statističke metode poput regresione analize za analizu kvantitativnih rezultata ili tematsku analizu za kvalitativne odgovore (njih 60%). Pored toga rađena su posmatranja i kvalitativni intervjui uz prethodno pripremljen plan tema ili na osnovu određenog aspekta percepcije o korištenju VR opreme u nastavi. Tako je na primjer u radu Sulisworo *et al.* (2022) iskustvo

učenika analizirano u pet aspekata: udubljenje, interes (želja za ponovnim pokušajem), udobnost alata, namjera dijeljenja i svrsishodnost postojećih karakteristika. U drugoj studiji su se ispitivali parametri poput ocjene učinaka obrazovanja o svijesti o kontroli životne sredine, pamćenju, procjeni namjere za djelovanje, testu zadovoljstva i testu kontrole astme (Kim *et al.*, 2022). Rad autora Chiang (2021) je koristio anketu u svrhu procjene učeničkog razumijevanja okoline i mjerenja uživljenosti, empatije i stvarnog ponašanja nakon korištenja VR uređaja i prikazivanja nastavnog sadržaja.

U nekim od studija su porvedene kvazi-eksperimentalne studije ili posmatranje nakon čeda se pristupilo anketiranju učesnika (Lo i Tsai, 2022; Fokides i Chachlaki, 2020). Jedan rad je koristio sistematski pregled literature kao metodu za postizanje ciljeva svog istraživanja (Scurati *et al.*, 2021b), dok je drugi rad predstavio četiri studije, uključujući dva kontrolirana laboratorijska eksperimenta i dvije terenske studije. U njima su se ispitivali učinkovitost imerzivne virtualne stvarnosti kao obrazovnog medija za podučavanje posljedica klimatskih promjena, posebno zakiseljavanja okeana (Markowitz *et al.*, 2018).

Istraživanja o korištenju virtualne stvarnosti u obrazovanju koristi različite metodološke pristupe kako bi dobila sveobuhvatnu sliku utjecaja VR tehnologije. Korišteni su različiti instrumenti, uključujući upitnike, statističke metode, posmatranja i kvalitativni intervjui. Analizirani su različiti aspekti iskustva učenika, uključujući udubljenje, interes, udobnost alata, namjeru dijeljenja i svrsishodnost karakteristika. Također, istraživanja su pokazala da VR ima potencijal da utječe na svijest, pamćenje i namjeru djelovanja učesnika. Raznovrsni pristupi i metode analize doprinose razumijevanju kompleksnih utjecaja VR tehnologije na obrazovanje.

4.6. Trendovi i ograničenja

Što se tiče trendova koji se pojavljuju u radovima oni su raznovrsni i odnose se uglavnom na ispitivanje korisnosti upotrebe VR uređaja u nastavnom procesu i prilagođenosti sadržaja koji je predmet prezentacije. Također se predlažu neki novi okviri za poboljšanje efekata korištenja uz poređenje sa drugim nastavnim tehnikama. Kada su ograničenja istraživanja u pitanju može se reći da se ona uglavnom svode na veličinu uzorka (ograničen broj učesnika) i njegovu reprezentativnost, kao i na nedostatke u sprovođenju planiranih prezentacija. Pored njih detektovane su i neke zdravstvene poteškoće prilikom dugotrajnog korištenja VR uređaja. Također je nejasno koliko dugo traju efekti učenja u većini istraživanja, te se predlaže ispitivanje upotrebe imerzivnog VR-a u poređenju s drugim medijima kako bi se procijenili uvjeti učenja (Markowitz *et al.*, 2018).

Jedna od studija projektuje model virtuelnog ekosistema koji podržava razvoj imerzivne VR simulacije za ekološko obrazovanje, koristeći virtuelnu stvarnost za kontrolisanje varijabli i poticanje korisničkog interesa (Cho i Park, 2023). Druga opet predstavlja inovativnu 3D VR

arhitekturu u metaverzumu (3D virtual reality architecture in the metaverse - VRAM) za stvaranje 3D VR simulacija u slikovnicama. VRAM uključuje 3D animacije, interakcije i upravljanje putem mobilne aplikacije, kao što je Android aplikacija. Predložena VRAM omogućuje reprodukciju 3D VR obrazovnih sadržaja zasnovanih na kognitivnoj teoriji multimedijskog učenja (Cognitive Theory of Multimedia Learning - CTML). Rad je imao nekoliko ograničenja, uključujući ograničenje na Android aplikaciji, te moguće probleme s glatkoćom interakcije tokom pomjeranja glave i potencijalne zdravstvene probleme poput vrtoglavice prilikom dugotrajnog gledanja 3D VR sadržaja (Lo i Tsai, 2022).

Tim autora Rawson, Okere i Tooth (2022) je radio na kreiranju sistema za upravljanje okolišem (Environmental Management System - EMS) gdje se pokazalo da je njegova upotreba imala pozitivne efekte, uključujući razvoj novih vještina i korisnost upotrebe VR alata. Studenti su također istakli pozitivno iskustvo interakcije s vršnjacima tokom VR simulacija. Međutim, negativne strane su prepoznate u softverskim rješenjima i pružanju informacija. S druge strane, stopa odgovora na anketu bila je ispod očekivane, a studentske percepcije bile su subjektivne.

Članak koji se bavio upotrebom višekorisničkog virtuelnog okruženja (Multi-user virtual environment - MUVE) naglašava potrebu za daljim istraživanjem njegovog korištenja za podizanje svijesti o pitanjima životne sredine. Iako su MUVE pokazali prednost nad web stranicama i štampanim materijalom u pogledu znanja, njegova praktična upotreba postala je izazov. Autori Fokides i Chachlaki (2020) kažu da fokus programera treba biti na poboljšanju korisničkog iskustva, možda kroz prirodnije metode interakcije.

Dobro je poznato da se VR tehnologija već dugo koristi u zdravstvenom sektoru, pa je tako došlo i do ispitivanja njene primjene u obuci oboljele djece od astme o stanju okoliša koje direktno utiče na poboljšanje ili pogoršanje bolesti. Razvijen je program upravljanja okolišem koji omogućava samostalno obrazovanje bez potrebe za medicinskim stručnjacima. Pacijenti s astmom brzo su usvajali znanje o upravljanju okolišem, dugoročno ga pamtali i pokazali snažnu motivaciju za vježbanje (Kim *et al.*, 2022).

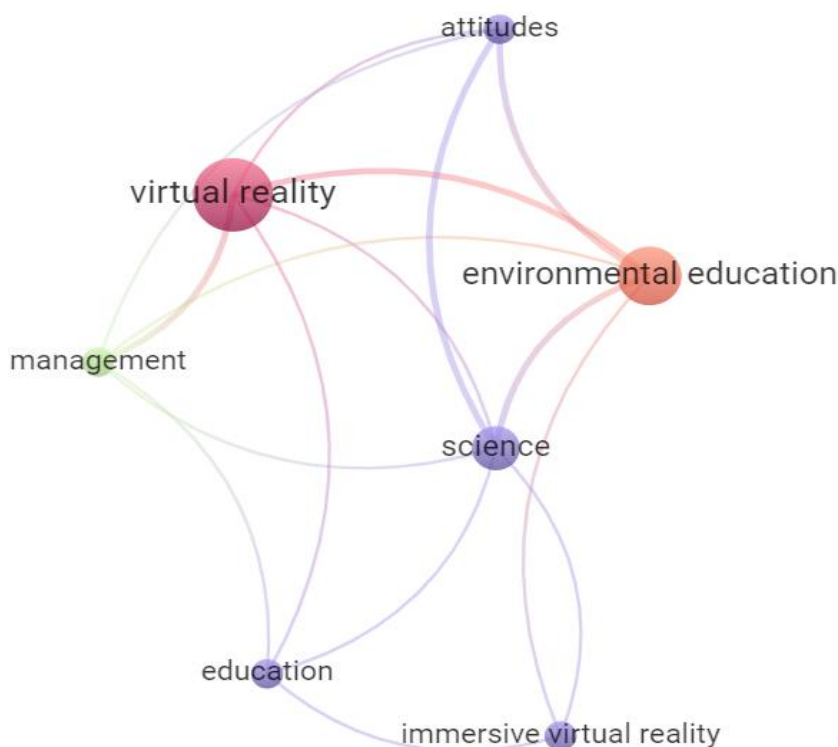
Studija koja se bavila poređenjem VR-a i običnih videozapisa kao obrazovnih pomagala je naglasila značajne razlike između njih u kontekstu konačnih obrazovnih efekata, sugerišući potrebu za daljim istraživanjem dugoročnih efekata učenja. Također se pokazalo da postoji zabrinutost kod nastavnog osoblja da će ih ova tehnologija zamijeniti, no nastavnici se mogu osjećati manje opterećeno koristeći VR uređaje za poboljšanje nastave i postizanje interakcije s učenicima. S druge strane, važno je osigurati da nastavnici nauče koristiti VR tehnike kako bi ostali relevantni i izbjegli potpunu zamjenu (Chiang, 2021).

Kada je riječ o budućim trendovima i pravcima istraživanja VR-a jedna od studija je ponudila okvir koji će pomoći dizajnerima da istraže dimenzije VR iskustva zavisno od opsega i ključnih elementa dizajna. Ona potiče programere da razmišljaju o mogućim

korelacijama između elemenata, tj. o spajanju alata i metoda koje će poboljšati znanje i kvalitetu VR-a, a razvoj budućih okvira će pratiti evolucija VR aplikacija. Mogućnost prilagođavanja VR aplikacija korisnicima s dinamičnijim i fleksibilnijim okruženjima značajno će povećati potencijal VR-a (Scurati *et al.*, 2021b).

Uz predstavljene trendove koji su rezultat provedenih istraživanja u izdvojenim radovima, ovdje ću još dodati i grafičke prikaze veza između ključnih riječi koje nam mogu dati dodatni uvid u još neke dimenzije aktuelnih trendova kada je istraživanje VR tehnologije u pitanju. Uz pomoć VOSviewer aplikacije napravljeno je vizuelno istraživanje gdje su se pojmovi grupisali u klustere prema tome koliko su jake njihove veze, odnosno kakav je odnos između njih. Uradila sam dva pregleda klastera prema učestalosti korištenja riječi i prema njihovom pojavljivanju po godinama.

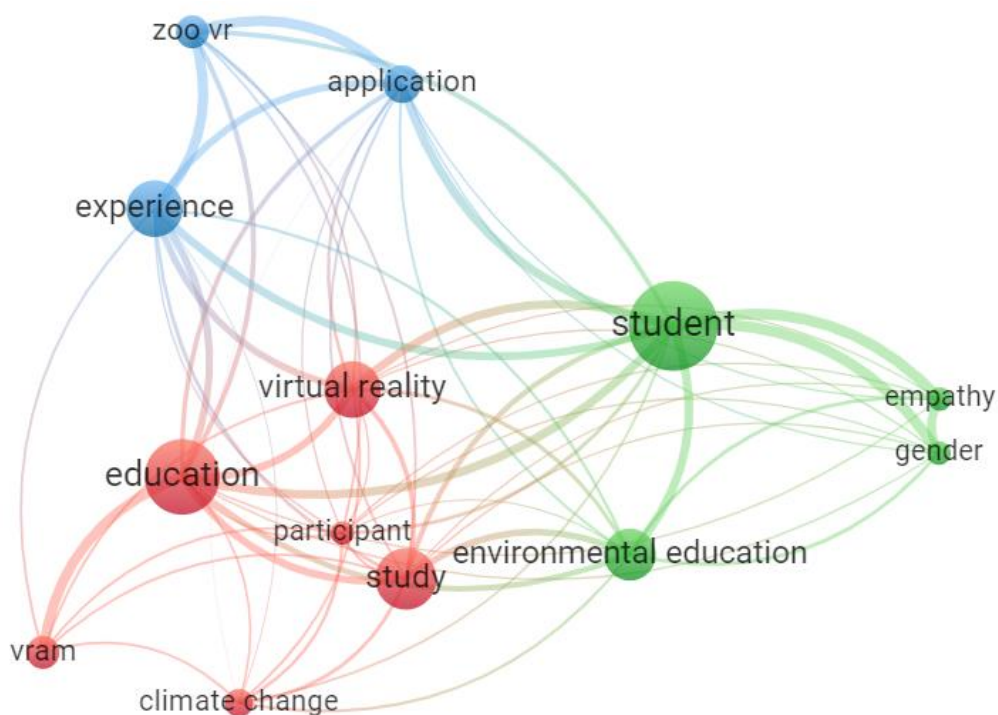
Grafikon 3. Najrelevantnije riječi



Izvor: Autor završnog rada

Na Grafikonu 3 prikazane su ključne riječi sa najvećom učestalošću u skupu podataka. Vidimo da se dobar dio riječi poklapa sa terminima koji su sadržani u nizu riječi za pretraživanje koje smo imali priliku vidjeti u Ilustraciji 4, kao što su: „virtuelna stvarnost“, „edukacija“ i „edukacija o okolišu“. Ostale riječi prate zadate teme i strukturu literature koja se bavila ovim poljem istraživanja. Debljine linija koje ih povezuju govore o jačini veze između njih, dok veličina balončića govori o učestalosti pojavljivanja datih riječi.

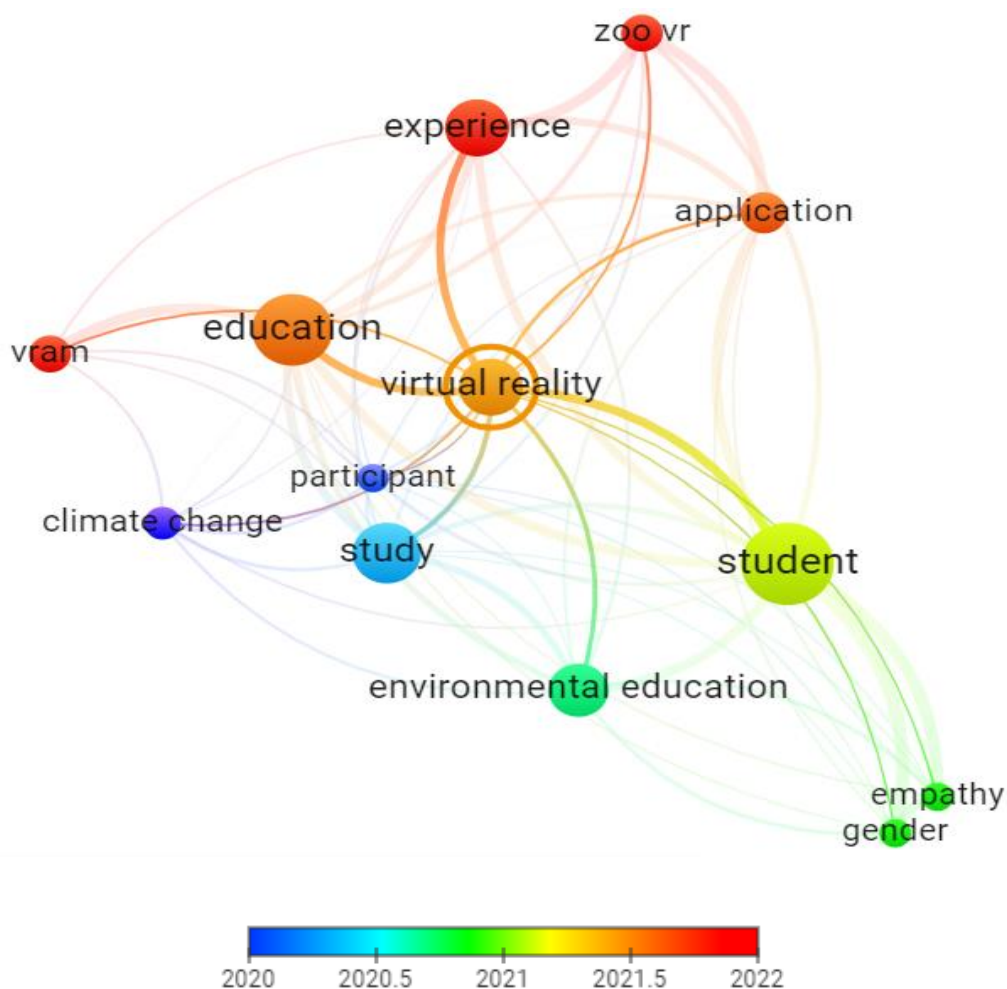
Grafikon 4. Mapa klastera



Izvor: Autor završnog rada

U nastavku imamo Grafikon 4 na kojem vidimo 13 izdvojenih ključnih riječi koje su grupisane u tri klastera. Svi su obojeni drugom bojom i imaju mrežu međusobnih veza. Klaster koji je obojen plavom bojom je najmanji i njega čine 3 riječi „ZOO VR“, „iskustvo“ i „aplikacija“, što nam govori da taj klaster predstavlja radove koji su se bavili aplikacijama iz oblasti imerzivnih tehnologija i iskustvom koje proizilazi iz njihove upotrebe. Drugi klaster je zelene boje i ima 4 riječi „nauka o okolišu“, „student“, „pol“ i „empatija“, pa možemo reći da on predstavlja grupu radova koji su svoj doprinos dali nauci o okolišu i istraživanjima koliko empatija i pol kod studenata utiče na njihovo djelovanje na očuvanje životne sredine. Treći klaster crvene boje čini 6 riječi „virtuelna stvarnost“, „edukacija“, „studija“, „učesnik“, „klimatske promjene“ i „VRAM - arhitektura virtuelne stvarnosti u metaverzumu“. Ovaj klaster je predstavnik radova koji su se bavili upotrebom VR tehnologije u obrazovanju i analizom njene učinkovitosti, kao i nuđenjem novih inovativnih metoda i sistema poput VRAM-a.

Grafikon 5. Trend objave riječi



Izvor: Autor završnog rada

Sljedeći prikaz nam govori o rasporedu ključnih pojmova prema godini objavljivanja. Oni koji su u Grafikonu 5 označeni hladnijim bojama poput nijansi plave i zelene su objavljeni u periodu između 2020. i 2021. godine, dok su oni sa toplijim nijansama narandžaste i crvene objavljeni svježijeg datuma, tačnije između 2021. i 2022. godine. U centru se nalazi virtuelna stvarnost kao pojam koji je povezan sa svim ostalim, i vidimo da je u trendu zajedno sa pojmom „iskustvo“, „aplikacija“, „ZOO VR“, „VRAM“ i „edukacija“. Možemo reći da to potvrđuje opravdanost i aktuelnost ovog rada i istraživanja na ovu temu.

4.7. Etika

Pregledani radovi uglavnom se nisu bavili etičkim pitanjima upotrebe VR tehnologije, niti su ih postavljali kao svrhu svog istraživanja. Ipak, jedan od radova je dao svoj doprinos kada

je ovo gledište u pitanju. Istraživanje koje su sproveli Liu, Cheng i Chen (2019) otkriva značajne veze između ekološkog obrazovanja, ekološke etike i ekološke pismenosti. U procesu istraživanja korištena je imerzivna VR tehnologija kao sredstvo za teoretsko i praktično obučavanje. Ova studija doprinosi promociji moralnih vrijednosti, unapređenju životne sredine, te poticanju harmoničnog odnosa između čovjeka i prirode. Također, doprinosi razvoju pozitivnih navika zaštite okoliša u društvu što je veoma bitno za održivi razvoj.

4.8. Ekološka svijest i održivi razvojni ciljevi

Rezultati analiziranih studija ukazuju na to da učenje zasnovano na problemima može biti primjenjeno za rješavanje ekoloških izazova vezanih za život ugroženih životinjskih vrsta. Upotreba recimo Zoo-VR aplikacije koja omogućava istraživanje različitih krajolika s raznolikim vrstama životinja pruža sreću učenicima, potičući radoznalost prema životinjama koje nisu uobičajene u njihovom okruženju (Sulisworo *et al.*, 2022). Pored toga, u istraživanju koje su sproveli autori Markowitz *et al.* (2018) pokazalo se da postoji značajan dobitak u učenju i interesu među različitim grupama (srednjoškolci, studenti, odrasli), koristeći različite mjere (rezultati u učenju, praćenje kretanja u virtualnom svijetu, povratne informacije nastavnika) i testirajući različite verzije sadržaja o klimatskim promjenama.

Poznato je da prosječan pojedinac pamti 20-30% informacija kroz slušanje i čitanje, ali do 90% kroz stvarnu operaciju ili imitaciju. Pokazalo se da učenici s VR iskustvom imaju veću apsorpciju znanja i veću empatiju prema okolini i opstanku ugroženih vrsta, potičući želju za zaštitom životinja i globalnog okoliša (Chiang, 2021). Nadalje, povećana svijest o zaštiti okoliša i namjera za djelovanjem sugerišu da je edukacija o kontroli životne sredine korištenjem VR-a vrijedna pažnje kao učinkovito sredstvo za upravljanje između ostalog i astmom. Postizanjem visokog zadovoljstva s VR edukacijom utiče se na zainteresovanost i razumijevanje učesnika, motivirajući ih na prakticiranje naučenog dugo nakon obuke (Kim *et al.*, 2022).

Tehnologija virtualne stvarnosti igra ključnu ulogu u poticanju učenja putem raznovrsnih metoda, uključujući predavanja, diskusije, istraživanje i samostalno učenje (Liu, Cheng i Chen, 2019). Pokazalo se da upotreba 3D arhitektura virtualne stvarnosti u metaverzumu (VRAM) za proučavanje 3D VR multimedijalnog sadržaja značajno poboljšava doživljaj učesnika u učenju. Osim toga, primjena VRAM-a podstiče motivaciju za učenje, interakciju u učenju, samoefikasnost i prisutnost. Ova tehnologija se efikasno koristi u učenju o ekološkim konceptima, prikazujući animacije klimatskih promjena, te opasna mjesta kao što su klizišta i odroni kamenja u metaverzumu (Lo i Tsai, 2022).

Nastava bi trebala ne samo prenositi znanje učenicima, već uticati i na njihove stavove i ponašanja u pravcu značajnom i korisnom za društvo u cijelini (Cho i Park, 2023). Pored

ostalog analiza radova je pokazala da se VR proučava i kao alat za postizanje različitih ciljeva vezanih za održivost. VR iskustva i aplikacije mogu se razviti tako da ciljaju različite faktore koji utiču na ponašanje ljudi prema okolini. To uključuje:

- ◆ Povezanost sa životnom sredinom: Naklonost i odgovornost prema prirodi
- ◆ Znanja i vještine: Svijest o tome kako ljudsko ponašanje utiče na životnu sredinu;
- ◆ Testiranje i predstavljanje rješenja: Razumijevanje efekata odluka (Scurati *et al.*, 2021b).

Od svih ciljeva za održivi razvoj u studijama koje su bile predmet istraživanja ovog rada pojavljuju se dva kako vidimo u Tabeli 3. Cilj broj 4 zastupljen je u ukupno sedam studija koje su usmjerene na istraživanje kako tehnologija, metode ili inovacije mogu doprinjeti postizanju kvalitetnog obrazovanja. Cilj broj 3 prepoznat je u samo jednoj studiji koja se bavila pitanjima dobrobiti i zdravlja u kontekstu održivog razvoja. Ovaj pregled pokazuje da je veći fokus bio na istraživanju kako tehnologija i inovacije mogu poboljšati oblast obrazovanja u skladu sa Ciljem 4 održivog razvoja, dok se manje studija bavilo pitanjima zdravlja i dobrobiti, što odražava specifičan interes u istraživačkoj zajednici.

Tabela 3. Zastupljenost ciljeva održivog razvoja u člancima

Ciljevi održivog razvoja	Broj studija	% od 10
04 Kvalitetno obrazovanje	7	70%
03 Dobro zdravlje i dobro raspoloženje	1	10%

Izvor: Autor završnog rada

Na kraju rada u Tabeli 4 je dat pregled aplikacija koje služe kao korisni alati pri izučavanju životne sredine. One su također bile predmet analize jednog od izabranih radova, a odnose se na aplikacije koje koriste i druge tehnologije pored VR-a kao što su AR i MR. Za svaku navedenu aplikaciju dat je podatak kakvu vrste lekcija nude i koju vrstu interakcije možemo postići prilikom upotrebe istih.

Tabela 4. Pregled VR, AR i MR aplikacija za nauku o životnoj sredini

Aplikacije virtuelne ili proširene stvarnosti za nauku o životnoj sredini		
Aplikacije	Lekcija	Interakcija
Aire AR	Zagađenje zraka	Praćenje zagađenja zraka
Baltic Sea MR	Stanište Baltičkog mora	Interaktivno VR istraživanje
Butterfly World 1.0 mobile VR	Leptir, ekologija biljaka	360 VR iskustvo

Climate change mobile AR	Klimatske promjene, energija	Vizualizacija
Climate change VR	Prijetnje okoline	360 VR iskustvo
Earth Science VR	Erozija stijena, taloženje	360 photo
EarthHero mobile VR	Zagađenje i smanjenje	Mobilno VR istraživanje
Ecological model	Klima, vrste drveća tokom vremena	Dva scenarija VR-a
EcoMUVE, EcoXPT, EcoMobile EcoMod VR/AR	Ribnjak, šumska ekologija tokom vremena	Učenje putem upitnika pomoću instrumenta
EduVenture VR	Kišna šuma	Mobilno VR istraživanje
Embodied Weather VR	Vrijeme, potrošnja energije tokom vremena	Četiri vrste vremenskih scenarija
eVision mobile AR	Zagađenje	Interaktivno očistite zagađenje
Fleabag AR	Dafnije, kvalitet vode	Praćenje kvaliteta vode
Geospatial VR	Simulacija okoline	Web, desktop, VR/AR istraživanje
Google Expedition VR	700 ekspedicija	Mobilno VR istraživanje
Great Barrier Reef MR	Ekologija koralnog grebena	Vizualizacija oštećenja koralja zasnovana na otiscima stopala korisnika
Greenland VR	Globalno zagrijavanje	Interaktivno VR istraživanje
Immersive Media	Plastične kese	Ekološka svijest
Meat consumption VR	Potrošnja mesa	360 VR iskustvo
Melting Sea Ice VR	Polarna ekologija, globalno zagrijavanje tokom vremena	Učenje putem upitnika pomoću instrumenta
MetaTree mobile AR	Ekologija urbane šume tokom vremena	Vizualizacija urbanog stabla
Mobile AR platform	Visina snijega, temperatura tokom vremena	Nadgledanje podataka senzora
Ocean Acidification VR	CO2, zakiseljavanje okeana	Interaktivno VR istraživanje
PeakLens mobile AR	Pokrivenost snijegom, biljke tokom vremena	Vizualizacija planinskog područja sa geografskim referencama
Plastic consumption VR	Recikliranje plastičnog otpada	Interaktivno VR istraživanje

USC Air mobile AR	Kvalitet zraka	Praćenje kvalitete zraka
Virtual Puget Sound VR	Plima, voda, salinitet tokom vremena	Učenje putem upitnika
Virtual Shower VR	Upotreba tople vode	Interaktivno VR istraživanje
VR Ecoliteracy Curriculum	Erozija, obnovljivi resursi	360 VR iskustvo
Water conservation VR	Očuvanje vode	Interaktivno VR istraživanje
ZooEduGuide mobile AR	Životinje u zoološkom vrtu	Vizualizacija

Izvor: Cho and Park (2023)

Pregledom korisnih aplikacija završava se istraživački dio rada koji je nastojao dati odgovore na istraživačka pitanja. Analizirani su izdvojeni članci s ciljem dubljeg razumijevanja njihovih ključnih aspekata, a time i shvatanja važnosti teme ovog rada. Iako broj izdvojenih radova nije veliki njihov sadržaj i pravci istraživanja upotrebe VR tehnologije nam mnogo toga mogu reći o ovoj temi. Rezultati do kojih sam došla također ukazuju na postojanje značajnog interesa za pitanja kojim se bavilo ovo istraživanje i preostaje samo još da se izvede zaključak iz svega do sada navedenog.

5. ZAKLJUČAK

U današnjem svijetu tehnologije, virtualna stvarnost izlazi iz okvira igara i zabave te se sve više integrira u pedagoški kontekst. Iz tog razloga ovo istraživanje propituje ključne aspekte korištenja VR u obrazovnom sistemu, pružajući teoretska saznanja koja mogu poslužiti kao smjernice za razvoj napredne nastavne opreme i softverskih rješenja u obrazovanju. Pojava pandemije COVID-19 naglasila je sposobnost virtualne stvarnosti da približi prirodno okruženje i znanje širem spektru ljudi, čineći da sadržaj postane pristupačniji različitim ciljnim skupinama.

Ovaj pregled literature naglašava važnost integracije ciljeva učenja, aktivnosti i medija kako bi se dostiglo uspješno i edukativno VR iskustvo. Iako to iskustvo izaziva pozitivnu percepciju kod nastavnika i učenika, važno je napomenuti da je općenita interpretacija rezultata u prikazanim studijama ograničena zbog relativno malog broja sudionika u provedenim istraživanjima. To je ujedno i jedna od preporuka za buduća istraživanja, da se poveća broj učesnika u procesu ispitivanja. Kako bi se postigle ključne kompetencije, poput kritičkog razmišljanja i kreativnosti, potrebno je u budućnosti dodatno raditi na razvoju načina upotrebe VR tehnologije. Jedno je sigurno, ova tehnologija ima potencijal da olakša razumijevanja gradiva i unaprijedi kompetencije učenika, i u isto vrijeme da olakša rad nastavnog osoblja.

Vidjeli smo do sada da se VR može koristiti kao alat za prevazilaženje prepreka u obrazovanju, posebno u oblasti ekološkog moralnog obrazovanja, kroz jačanje ekološke etike i podržavanje održivih promjena ponašanja. To je posljedica intenzivnog rada na razvoju inovativnih metoda u oblasti VR tehnologije kako bi one bile pristupačnije i zanimljivije od klasičnih metoda obučavanja. U tom procesu je potrebno obratiti pažnju na dizajn sadržaja kako bi se u okviru ekološkog obrazovanja, usmjerenog na sticanje znanja, razvoj empatije i poticanje na djelovanje, postigli dugoročni i održivi rezultati. U kontekstu globalnih izazova povezanih s očuvanjem okoliša, VR može biti snažno oružje za motivisanje i informisanje građana. VR ima potencijal pružiti široj javnosti zanimljiva iskustva koja potiču interes i povećavaju razumijevanje pitanja o zaštiti okoliša.

U procesu izrade ovog rada došlo se do rezultata i odgovora na neka važna pitanja u vezi sa primjenom VR tehnologije. Ono što se pokazalo kao ograničenje u ovom istraživanju jeste mali broj studija koje su izabrane za analizu. To je svakako posljedica suženosti same teme ovog rada i uvrštavanje samo nekih pojmova za pretraživanje. Pored toga ova tema je dobila na značaju tek u zadnjih par godina, pa je i to jedan od uzroka malog broja istraživačkih radova. Međutim, ako uzmemo u obzir sam sadržaj predstavljenih studija one su više nego relevantne za ovo istraživanje i daju kredibilnost iznesenim zaključcima. Prijedlozi za buduća istraživanja na temu upotrebe VR tehnologije u obrazovanju idu u pravcu uključivanja i drugih naučnih disciplina pored ekologije i održivog razvoja, uz upotrebu

novih pojmova za pretraživanje i u većem broju. Također buduća istraživanja mogu proširiti broj izvora podataka na nekoliko relevantnih baza podataka.

Ovi nalazi nisu samo akademski relevantni. Oni nude smjernice za donosioce odluka, uključujući vlade, industrije i dizajnere softvera, kako bi stvorili održivije pristupe obrazovanju i informisanju. Daljnja istraživanja, inovacije i prilagodbe VR tehnologije ključni su kako bi se postigle pozitivne promjene u društvu i odgovorilo na aktuelne ekološke izazove. Virtuelna stvarnost ne samo da mijenja način učenja, već ima potencijal transformirati naš odnos prema okolišu i potaknuti nas na održive promjene.

REFERENCE

1. 4G LTE Mall (2023). *Samsung Gear VR 3, 4G LTE Mall*. Dostuno na: <https://www.4gltemall.com/samsung-gear-vr-3.html>. (Pristupljeno: 15 Oktobar 2023).
2. Ai-Lim Lee, E., Wong, K.W. i Fung, C.C. (2010). How does desktop virtual reality enhance learning outcomes? A structural equation modeling approach. *Computers and Education*. 55(4), pp. 1424–1442. Dostuno na: <https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2010.06.006>.
3. Amazon (2023). *Oculus Rift*. Dostuno na: https://www.amazon.com/Oculus-Rift-PC-Powered-Gaming-System-Refurbished/dp/B084NXYWTP/ref=sr_1_5?crid=1MXPRF0VCH918&keywords=Oculus+Rift&qid=1702239142&srefix=oculus+rift%2Caps%2C197&sr=8-5. (Pristupljeno: 15 Oktobar 2023).
4. Angelov, V. *et al.* (2020). *Modern Virtual Reality Headsets*. UTC from IEEE Xplore. Dostuno na: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9152604>.
5. Arnaldi, B., Guitton, P. i Moreau, G. (2018). *Virtual Reality, Augmented Reality: myths and realities*. ISTE Ltd and Jhon Wiley & Sons, Inc. Dostuno na: <https://www.wiley.com/en-gb/Virtual+Reality+and+Augmented+Reality%3A+Myths+and+Realities-p-9781786301055>.
6. Bailenson, J.N. (2018). *Experience on Demand: What Virtual Reality Is, How It Works, and What It Can Do*. W. W. Norton & Company. Dostuno na: <https://stanfordvr.com/pubs/2018/experience-on-demand-what-virtual-reality-is-how-it-works-and-what-it-can-do>.
7. Basso, A. (2017). Advantages, Critics and Paradoxes of Virtual Reality Applied to Digital Systems of Architectural Prefiguration, the Phenomenon of Virtual Migration. *MDPI AG*. p. 915. Dostuno na: <https://doi.org/10.3390/proceedings1090915>.
8. Basu, A. (2019). *A brief chronology of Virtual Reality*. Researchgate. Dostuno na: <https://www.researchgate.net/publication/337438550>.
9. Bisong, P.B. i Apologun, S. (2020). Technology Can Save the Environment. *International Journal of Humanities, Management and Social Science*. 3(1), pp. 11–19. Dostuno na: <https://doi.org/10.36079/lamintang.ij-humass-0301.108>.
10. Biswas, S. i Visell, Y. (2021). Haptic Perception, Mechanics, and Material Technologies for Virtual Reality. *Advanced Functional Materials*. 31(39). Dostuno na: <https://doi.org/10.1002/adfm.202008186>.
11. BookWidgets (2023). *20 Powerful virtual reality apps for your classroom of the future*, *BookWidgets*. Dostuno na: <https://www.bookwidgets.com/blog/2021/01/20-powerful-virtual-reality-apps-for-your-classroom-of-the-future> (Pristupljeno: 20 Oktobar 2023).
12. Brajčić, H. i Šitum, M. (2020). Virtualna stvarnost u medicini. *Rad Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti. Medicinske znanosti*. 543(543=50–51), pp. 37–42. Dostuno na: www.rad-med.com.

13. Breves, P. i Heber, V. (2020). Into the Wild: The Effects of 360° Immersive Nature Videos on Feelings of Commitment to the Environment. *Environmental Communication*. 14(3), pp. 332–346. Dostuno na: <https://doi.org/10.1080/17524032.2019.1665566>.
14. Bruguera, M.B. *et al.* (2019). *Use of Virtual Reality for astronaut training in future space missions-Spacecraft piloting for the Lunar Orbital Platform-Gateway (LOP-G)*. Researchgate. Dostuno na: <https://www.researchgate.net/publication/336750035>.
15. Bruno, F. *et al.* (2010). From 3D reconstruction to virtual reality: A complete methodology for digital archaeological exhibition. *Journal of Cultural Heritage*. 11(1), pp. 42–49. Dostuno na: <https://doi.org/10.1016/J.CULHER.2009.02.006>.
16. Burton, J. i Hörl, E. (2017). *General Ecology: The New Ecological Paradigm*. Bloomsbury Publishing.
17. Capsule Sight (2023a). *15 Examples of the Use of Virtual Reality (VR) in Architecture*. Dostuno na: <https://capsulesight.com/vrglasses/15-examples-of-the-use-of-virtual-reality-vr-in-architecture/> (Pristupljeno: 11 Oktobar 2023).
18. Capsule Sight (2023b). *Disadvantages of Virtual Reality (VR)*. Dostuno na: <https://capsulesight.com/vrglasses/disadvantages-of-virtual-reality-vr/> (Pristupljeno: 16 Oktobar 2023).
19. Chiang, T.H.C. (2021). Investigating Effects of Interactive Virtual Reality Games and Gender on Immersion, Empathy and Behavior Into Environmental Education. *Frontiers in Psychology*. 12, p. 608407. Dostuno na: <https://doi.org/10.3389/FPSYG.2021.608407/BIBTEX>.
20. Cho, Y. i Park, K.S. (2023). Designing Immersive Virtual Reality Simulation for Environmental Science Education. *Electronics (Switzerland)*. 12(2). Dostuno na: <https://doi.org/10.3390/electronics12020315>.
21. ClassVR (2023). *ClassVR*. Dostuno na: https://www.classvr.com/downloads/?gclid=CjwKCAjwp8OpBhAFEiwAG7NaEpjv7J1mFPPgK6PkWZnn2PEuzI8787kZwDgafK8hgdwaeY7Eck6bfRoCboIQAvD_BwE%20https://www.classvr.com/. (Pristupljeno: 20 Oktobar 2023).
22. Clayton, S. *et al.* (2017). Transformation of Experience: Toward a New Relationship with Nature. *Conservation Letters*. 10(5), pp. 645–651. Dostuno na: <https://doi.org/10.1111/conl.12337>.
23. CRD (2009). *Systematic Reviews: CRD's guidance for undertaking reviews in health care*. York Associates International.
24. Crecente, B. (2016). *VR's long, weird history: The people behind a '50s VR progenitor, Atari's '80s think tank and other surprising milestones along the way*. Polygon. Dostuno na: <https://www.polygon.com/2016/10/26/13401128/25-vr-greatest-innovators>. (Pristupljeno: 8 Oktobar 2023).

25. Cummings, J.J. i Bailenson, J.N. (2016). How Immersive Is Enough? A Meta-Analysis of the Effect of Immersive Technology on User Presence. *Media Psychology*. 19(2), pp. 272–309. Dostuno na: <https://doi.org/10.1080/15213269.2015.1015740>.
26. Cumpston, M. *et al.* (2019). Updated guidance for trusted systematic reviews: a new edition of the Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions. *The Cochrane database of systematic reviews*. NLM (Medline). p. ED000142. Dostuno na: <https://doi.org/10.1002/14651858.ED000142>.
27. Danvila-del-Valle, I., Estévez-Mendoza, C. i Lara, F.J. (2019). Human resources training: A bibliometric analysis. *Journal of Business Research*. 101, pp. 627–636. Dostuno na: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.02.026>.
28. Department of Defense (2018). *DoD modeling and simulation glossary*. Office of the Under Secretary of Defense for Personnel and Readiness. Dostuno na: <http://www.esd.whs.mil/whs/DD>.
29. Dremljuga, R., Dremljuga, O. i Iakovenko, A. (2020). Virtual Reality: General Issues of Legal Regulation. *Journal of Politics and Law*. 13(1), p. p75. Dostuno na: <https://doi.org/10.5539/JPL.V13N1P75>.
30. Ecobnb (2021). *There is no Planet B! 7 Tips for a More Sustainable Lifestyle*. Dostuno na: <https://ecobnb.com/blog/2021/10/sustainable-lifestyle/> (Pristupljeno: 21 Oktobar 2023).
31. Emeritus (2023). *Predicting the Next Big Thing: 7 Edtech Trends that Will Dominate 2023*. Dostuno na: <https://emeritus.org/blog/online-learning-edtech-trends-2023/>. (Pristupljeno: 20 Oktobar 2023).
32. Engelbrecht, H., Lindeman, R.W. i Hoermann, S. (2019). A SWOT Analysis of the Field of Virtual Reality for Firefighter Training, *Frontiers in Robotics and AI*. *Frontiers Media S.A.* Dostuno na: <https://doi.org/10.3389/frobt.2019.00101>.
33. Fedko, D. (2020). *Virtual Reality in Military and Defence Industry: Uses with Examples*. *Wear-studio*. Dostuno na: <https://wear-studio.com/vr-in-military/> (Pristupljeno: 12 Oktobar 2023).
34. Fokides, E. i Chachlaki, F. (2020). 3D Multiuser Virtual Environments and Environmental Education: The Virtual Island of the Mediterranean Monk Seal. *Technology, Knowledge and Learning*. 25(1), pp. 1–24. Dostuno na: <https://doi.org/10.1007/s10758-019-09409-6>.
35. Full Scale (2023). *2023 Virtual Reality Development Trends: The Future Is Now*. Dostuno na: <https://fullscale.io/blog/virtual-reality-development-trends-2023/>. (Pristupljeno: 25 Oktobar 2023).
36. Gavish, N. *et al.* (2015). Evaluating virtual reality and augmented reality training for industrial maintenance and assembly tasks. *Interactive Learning Environments*. 23(6), pp. 778–798. Dostuno na: <https://doi.org/10.1080/10494820.2013.815221>.
37. Google VR (2023). *Get your Cardboard*. Dostuno na: <https://arvr.google.com/cardboard/get-cardboard/>. (Pristupljeno: 8 Oktobar 2023).

38. Griggs, D. *et al.* (2013). *Sustainable development goals for people and planet*. Macmillan Publishers Limited. Dostuno na: <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/495305a>.
39. Han, S., Mao, H. i Dally, J.W. (2016). *Deep Compression: Compressing Deep Neural Networks with Pruning, Trained Quantization and Huffman Coding*. ICLR. Dostuno na: https://www.researchgate.net/publication/319770334_Deep_Compression_Compressing_Deep_Neural_Networks_with_Pruning_Trained_Quantization_and_Huffman_Coding. (Pristupljeno: 20 Oktobar 2023).
40. Heizenrader (2023). *The 3 Types of Virtual Reality*. Dostuno na: <https://heizenrader.com/the-3-types-of-virtual-reality/>. (Pristupljeno: 14 Oktobar 2023).
41. Heradio, R. *et al.* (2016). Virtual and remote labs in education: A bibliometric analysis. *Computers & Education*. 98, pp. 14–38. Dostuno na: <https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2016.03.010>.
42. Hernandez, B. (2019). *4 Inventive Examples Of Virtual Reality In Education*. ARPost. Dostuno na: <https://arpost.co/2019/12/04/4-inventive-examples-virtual-reality-education-learning/> (Pristupljeno: 20 Oktobar 2023).
43. Holoroom Test Drive (2022). *Holoroom Test Drive*. Dostuno na: <https://www.lowesinnovationlabs.com/projects/holoroom-test-drive>. (Pristupljeno: 18 Decembar 2022).
44. i3-Technologies (2023). *VR in the classroom: benefits and drawbacks*. Dostuno na: <https://www.i3-technologies.com/en/blog/stories/education/vr-in-the-classroom-benefits-and-drawbacks/>. (Pristupljeno: 12 Oktobar 2023).
45. Janko Roettgers (2017). *Sony Reduces PlayStation VR, Variety*. Dostuno na: <https://variety.com/2017/digital/news/sony-psvr-price-cut-1202540529/>. (Pristupljeno: 15 Oktobar 2023).
46. Kamarainen, A.M. *et al.* (2018). Prompting connections between content and context: Blending immersive virtual environments and augmented reality for environmental science learning. *Communications in Computer and Information Science*. Springer Verlag. pp. 36–54. Dostuno na: https://doi.org/10.1007/978-3-319-93596-6_3.
47. Kardong-Edgren, S. *et al.* (2019). A Call to Unify Definitions of Virtual Reality. *Clinical Simulation in Nursing*. 31, pp. 28–34. Dostuno na: <https://doi.org/10.1016/j.ecns.2019.02.006>.
48. Kim, S.H. *et al.* (2022). Environmental management education using immersive virtual reality in asthmatic children. *Allergy, Asthma & Respiratory Disease*. 10(1), p. 33. Dostuno na: <https://doi.org/10.4168/aard.2022.10.1.33>.
49. Larson, E.B. *et al.* (2014). Virtual reality and cognitive rehabilitation: A review of current outcome research. *NeuroRehabilitation*. 34(4), pp. 759–772. Dostuno na: <https://doi.org/10.3233/NRE-141078>.

50. LaViola, J.J. (2000). A discussion of cybersickness in virtual environments. *ACM SIGCHI Bulletin*. 32(1), pp. 47–56. Dostuno na: <https://doi.org/10.1145/333329.333344>.
51. LawCrossing (2023). *Emerging Legal Issues in Virtual Reality: Exploring the Intersection of Law and Immersive Technology*. Dostuno na: <https://www.lawcrossing.com/article/900054621/Emerging-Legal-Issues-in-Virtual-Reality-Exploring-the-Intersection-of-Law-and-Immersive-Technology/>. (Pristupljeno: 25 Oktobar 2023).
52. Lécuyer, A. *et al.* (2008). *Brain-Computer Interfaces, Virtual Reality, and Videogames*. IEEE Computer Society. Dostuno na: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4640665>.
53. Liu, Q., Cheng, Z. i Chen, M. (2019). Effects of environmental education on environmental ethics and literacy based on virtual reality technology. *Electronic Library*. 37(5), pp. 860–877. Dostuno na: <https://doi.org/10.1108/EL-12-2018-0250>.
54. Lopreiato, J.O. *et al.* (2020). *Healthcare Simulation Dictionary, Healthcare Simulation Dictionary*. Agency for Healthcare Research and Quality. Dostuno na: <https://doi.org/10.23970/simulationv2>.
55. Lo, S.C. i Tsai, H.H. (2022). Design of 3D Virtual Reality in the Metaverse for Environmental Conservation Education Based on Cognitive Theory. *Sensors*. 22(21). Dostuno na: <https://doi.org/10.3390/s22218329>.
56. Majaranta, P. i Bulling, A. (2014). Eye Tracking and Eye-Based Human–Computer Interaction. Springer, London. pp. 39–65. Dostuno na: https://doi.org/10.1007/978-1-4471-6392-3_3.
57. Markowitz, D.M. *et al.* (2018). Immersive Virtual Reality field trips facilitate learning about climate change. *Frontiers in Psychology*. 9(NOV). Dostuno na: <https://doi.org/10.3389/FPSYG.2018.02364>.
58. Marr, B. (2021). *10 Best Examples Of VR And AR In Education*. Forbes. Dostuno na: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2021/07/23/10-best-examples-of-vr-and-ar-in-education/?sh=6b2185f91f48>. (Pristupljeno: 20 Oktobar 2023).
59. Masson-Delmotte, V. *et al.* (2022). Summary for Policymakers. *Cambridge University Press*. pp. 1–24. Dostuno na: <https://doi.org/10.1017/9781009157940.001>.
60. Mathis, A. *et al.* (2018). Markerless tracking of user-defined features with deep learning. *Nature Neuroscience*. Technical Report. Dostuno na: <http://arxiv.org/abs/1804.03142>.
61. Mesko, B. (2017). *Top Virtual Reality Companies in Healthcare*. The Medical Futurist. Dostuno na: <https://medicalfuturist.com/top-vr-companies-healthcare/>. (Pristupljeno: 11 Oktobar 2023).
62. Möller, T., Haines, E. i Hoffman, N. (2018). *Real-time rendering - Fourth Edition*. CRC Press. Taylor & Francis Group.

63. Monroe, M.C. *et al.* (2019). Identifying effective climate change education strategies: a systematic review of the research. *Environmental Education Research*. 25(6), pp. 791–812. Dostuno na: <https://doi.org/10.1080/13504622.2017.1360842>.
64. Mukherjee, S. (2023). The Impact of Technology on Saving the Environment. *Medium* [Preprint]. Dostuno na: <https://medium.com/@sourjeshmukherjee/the-impact-of-technology-on-saving-the-environment-c9f691c01239>.
65. Naef, M., Staadt, O. i Gross, M. (2002). Spatialized audio rendering for immersive virtual environments. *ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, Proceedings, VRST*. Association for Computing Machinery (ACM). pp. 65–72. Dostuno na: <https://doi.org/10.1145/585740.585752>.
66. Nelson, K.M., Anggraini, E. i Schlüter, A. (2020). Virtual reality as a tool for environmental conservation and fundraising. *PLoS ONE*. 15(4). Dostuno na: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223631>.
67. Paakkari, L. i George, S. (2018). Ethical underpinnings for the development of health literacy in schools: Ethical premises ('why'), orientations ('what') and tone ('how'). *BMC Public Health*. BioMed Central Ltd. Dostuno na: <https://doi.org/10.1186/s12889-018-5224-0>.
68. Pyle, R.Michael. (2011). *The thunder tree: lessons from an urban wildland*. Oregon State University Press.
69. Raja, M. i Priya, G.G.L. (2021). An Analysis of Virtual Reality Usage through a Descriptive Research Analysis on School Students Experiences: A Study from India. *International Journal of Early Childhood Special Education*. 13(2), pp. 990–1005. Dostuno na: <https://doi.org/10.9756/INT-JECSE/V13I2.211142>.
70. Rambach, J. *et al.* (2021). *Virtual, Augmented and Mixed Reality: A Survey on Applications of Augmented, Mixed and Virtual Reality for Nature and Environment*. 13th International Conference. VAMR 2021. Dostuno na: <http://www.springer.com/series/7409>.
71. Rawson, R., Okere, U. i Tooth, O. (2022). *Using Low-immersive Virtual Reality in Online Learning: Field Notes from Environmental Management Education*. International Review of Research in Open and Distributed Learning. Dostuno na: <https://doi.org/10.19173/irrodl.v23i4.6475>.
72. Riegler, A., Riener, A. i Holzmann, C. (2019). AutoWSD: Virtual reality automated driving simulator for rapid HCI prototyping. *ACM International Conference Proceeding Series*. Association for Computing Machinery. pp. 853–857. Dostuno na: <https://doi.org/10.1145/3340764.3345366>.
73. Rizzo, A.A., Buckwalter, J.G. i Neumann, U. (1997). *Virtual Reality and Cognitive Rehabilitation: A Brief Review of the Future*. The Journal of Head Trauma Rehabilitation. Dostuno na: <https://doi.org/10.1097/00001199-199712000-00002>.
74. Rubin, P. (2020). *Future presence: how virtual reality is changing human connection, intimacy, and the limits of ordinary life*. HarperOne.

75. Rummukainen, O. *et al.* (2018). *Evaluation of binaural renderers in virtual reality environments: platform and examples*. Audio Engineering Society. Convention e-Brief 129. Dostuno na: <https://www.researchgate.net/publication/328687754>.
76. Sabatini, A.M. (2006). Inertial Sensing in Biomechanics: A Survey of Computational Techniques Bridging Motion Analysis and Personal Navigation. *Computational intelligence for movement sciences: Neural networks and other emerging techniques (2006): 70-100*, pp. 70–100. Dostuno na: <https://doi.org/10.4018/978-1-59140-836-9.CH002>.
77. Schmalstieg, D. i Höllerer, T. (2016). *Augmented reality: principles and practice*. Addison-Wesley Professional.
78. Scurati, G.W. *et al.* (2021a). Exploring the use of virtual reality to support environmentally sustainable behavior: A framework to design experiences. *Sustainability (Switzerland)*, 13(2), pp. 1–20. Dostuno na: <https://doi.org/10.3390/su13020943>.
79. Sermet, Y. i Demir, I. (2020). *New Perspectives on Virtual and Augmented Reality; Finding New Ways to Teach in a Transformed Learning Environment*. Routledge. New York. Chapter 17. pp. 261-276 Dostuno na: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781003001874-17/virtual-augmented-reality-applications-environmental-science-education-training-yusuf-sermet-ibrahim-demir>.
80. Shen, X. i Shirmohammadi, S. (2006). Telepresence. *Encyclopedia of Multimedia*, pp. 843–848. Dostuno na: https://doi.org/10.1007/0-387-30038-4_233.
81. Sirohi, P., Agarwal, A. i Maheshwari, P. (2020). A survey on augmented virtual reality: Applications and future directions. *2020 7th International Conference on Information Technology Trends, ITT 2020*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., pp. 99–106. Dostuno na: <https://doi.org/10.1109/ITT51279.2020.9320869>.
82. Skočić, L. (2019). *Virtuelna i proširena stvarnost te njihova primjena*. Sveučilište u Zagrebu. Fakultet strojarstva i brodogradnje. Dostuno na: : <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:481903>.
83. Skulmowski, A. (2023). Ethical issues of educational virtual reality. *Institute for Informatics and Digital Education*. Dostuno na: <https://doi.org/10.1016/j.cexr.2023.100023>.
84. Slater, M. (2009). Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 364(1535), pp. 3549–3557. Dostuno na: <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0138>.
85. Slater, M. i Wilbur, S. (1997). A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments. *Massachusetts Institute of Technology*. Vol. 6. No. 6. 603-616. Dostuno na: <https://publicationslist.org/data/melslater/ref-232/pres5.pdf>.

86. Šlošel, T. (2020). *Virtualna i proširena stvarnost-pregled hardverskih i softverskih rješenja*. Sveučilište u Rijeci. Fakultet informatike i digitalne tehnologije. Dostuno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:195:595131>.
87. Smith, R.D. (1999). *Simulation: The Engine Behind The Virtual World*. ModelBenders LLC. Dostuno na: <http://www.modelbenders.com/>.
88. Srisuphab, A. *et al.* (2014). *Integrated ZooEduGuide with Multimedia and AR: From the largest living classrooms to wildlife conservation awareness*. Bangkok. Dostuno na: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7022304>.
89. Suk, J. (2023). *10 Trends in Education Technology That Will Have A Major Impact in 2023*. Hurix. Dostuno na: <https://www.hurix.com/trends-in-education-technology-that-will-have-a-major-impact/>. (Pristupljeno: 16 Oktobar 2023).
90. Sulisworo, D. *et al.* (2022). The Feasibility of Enhancing Environmental Awareness using Virtual Reality 3D in the Primary Education. *Genetics Research*, 2022. Dostuno na: <https://doi.org/10.1155/2022/4811544>.
91. Thaler, R.H. i Sunstein, C.R. (2008). *Nudge, Improving Decisions About Health, Wealth, and Happiness*. Yale University Press. New Haven & London.
92. Truong, M.X.A. i Clayton, S. (2020). Technologically transformed experiences of nature: A challenge for environmental conservation? *Biological Conservation*. Elsevier Ltd. Dostuno na: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108532>.
93. Veas, E. *et al.* (2013). Mobile augmented reality for environmental monitoring. *Personal and Ubiquitous Computing*. 17(7), pp. 1515–1531. Dostuno na: <https://doi.org/10.1007/s00779-012-0597-z>.
94. Veativelab (2022). *Virtual Reality in the Workplace: Improving Collaboration and Productivity*, Veativelab. Dostuno na: <https://medium.com/@veativelab/virtual-reality-in-the-workplace-improving-collaboration-and-productivity-f68997aba16> (Pristupljeno: 12 Oktobar 2023).
95. Virtual Reality Society (2017). *Virtual Reality in Healthcare*, Virtual Reality Society. Dostuno na: <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality-healthcare/> (Pristupljeno: 11 Oktobar 2023).
96. Wachter R. (2015). *The Digital Doctor: Hope, Hype, and Harm at the Dawn of Medicine's Computer Age*. PSNet. New York: NY: McGraw-Hill. Dostuno na: <https://psnet.ahrq.gov/issue/digital-doctor-hope-hype-and-harm-dawn-medicines-computer-age> (Pristupljeno: 16 Oktobar 2023).