

# Virtualna stvarnost u edukacijskoj rehabilitaciji

---

Šošić, Mateja

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Education and Rehabilitation Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:158:165563>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

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



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Education and Rehabilitation Sciences - Digital Repository](#)



Sveučilište u Zagrebu  
Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet

Diplomski rad

**Virtualna stvarnost u edukacijskoj rehabilitaciji**

Ime i prezime studentice:

Mateja Šošić

Zagreb, rujan 2019.

Sveučilište u Zagrebu  
Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet

Diplomski rad

**Virtualna stvarnost u edukacijskoj rehabilitaciji**

Ime i prezime studentice:

Mateja Šošić

Ime i prezime mentorice:

Izv. prof. dr. sc. Renata Pinjatela

Zagreb, rujan 2019.

## Izjava o autorstvu rada

Potvrđujem da sam osobno napisala rad „*Virtualna stvarnost u edukacijskoj rehabilitaciji*“ i da sam njegova autorica.

Svi dijelovi rada, nalazi ili ideje koje su u radu citirane ili se temelje na drugim izvorima jasno su označeni kao takvi te su adekvatno navedeni u popisu literature.

Ime i prezime: Mateja Šošić

Zagreb, rujan 2019.

## **Virtualna stvarnost u edukacijskoj rehabilitaciji**

Ime i prezime autorice: Mateja Šošić

Ime i prezime mentorice: Izv.prof.dr.sc. Renata Pinjatela

Modul: Rehabilitacija, sofrologija, kreativne i art/ekspresivne terapije

### **Sažetak rada**

Virtualna stvarnost predstavlja jedan aspekt računalne tehnologije koja omogućuje stvaranje simuliranog okruženja koji može simulirati fizičku prisutnost u mjestima u stvarnom svijetu ili u zamišljenim svjetovima.

Različite vrste sustava virtualne stvarnosti danas se koriste na različitim područjima ljudskog djelovanja. Sustavi virtualne stvarnosti s obzirom na razinu imerzije dijele se na ne-imerzivne, polu-imerzivne i imerzivne, a sve terapije koje koriste navedene sustave nazivaju se terapijama baziranim na virtualnoj stvarnosti. Korištenje terapija baziranih na virtualnoj stvarnosti dijeli se na 3 velika područja primjene: neurorehabilitacija, liječenje psihijatrijskih poremećaja i uklanjanje bolova.

U ovom radu cilj je bio prikazati potencijal i mogućnosti korištenja virtualne stvarnosti u edukacijsko-rehabilitacijske svrhe. U svrhu toga, proveden je pregled istraživanja koja su koristila različite terapije bazirane na virtualnoj stvarnosti u radu s osobama iz spektra autizma, osobama s cerebralnom paralizom, osobama koje su preživjele moždani udar te osobama s ADHD-om. Pokazalo se kako terapije bazirane na virtualnoj stvarnosti pozitivno utječu na socijalne vještine, komunikacijske vještine, motoričke vještine i vještine svakodnevnog života.

**Ključne riječi:** virtualna stvarnost, terapije bazirane na virtualnoj stvarnosti, autizam, cerebralna paraliza, moždani udar

## **Virtual reality in Educational Rehabilitation**

Name and surname of the author: Mateja Šošić

Name and surname of the mentor: Assoc.Prof. Renata Pinjatela, PhD

Programme/module: Rehabilitation, Sophrology, Creative and Art/Expressive Therapies

### **Abstract**

Virtual reality is one aspect of computer technology which allows the creation of simulated environments that can simulate physical presence in places in the real world or in imaginary worlds.

Different types of virtual reality systems are now used in various fields of human endeavor. Systems of virtual reality with respect to the level of immersion are divided into non-immersive, semi-immersive and immersive, and all therapies that use these systems are referred to as virtual reality based therapies. Using a virtual reality based therapy is divided into three large areas of application: neurorehabilitation, the treatment of psychiatric disorders and pain relief. In this work, the objective was to demonstrate the potential and possibilities of virtual reality in education and rehabilitation purposes.

To that end, the review conducted studies that used different virtual reality based therapies in working with people from the spectrum of autism, people with cerebral palsy, people who suffered stroke and people with ADHD. It turned out that virtual reality based therapies have positive influence on social, communication, motor and daily living skills.

**Keywords:** virtual reality, virtual reality-based therapies, autism, cerebral palsy, stroke

## **Zahvala**

*Zahvaljujem se svojoj mentorici na podršci, usmjeravanju i svim savjetima prilikom izrade diplomskog rada.*

*Mome Ivanu na stalnom bodrenju i poticanju,*

*Mojim najdražim ženama Anastaziji, Lindi, Mariji, Miji i Matei na svim zajedničkim predavanjima i pripremama za ispite tijekom studiranja,*

*Te na kraju najveća zahvala mojoj obitelji na golemoj podršci i pomoći tijekom cijelog mog obrazovanja.*

## Sadržaj

1. Uvod .....	1
2. Problemska pitanja .....	2
3. Definicija virtualne stvarnosti.....	3
3.1. Tipovi virtualne stvarnosti .....	4
3.2. Kontinuum stvarnost-realnost .....	6
3.3. Proširena stvarnost .....	7
3.4. Komponente sustava virtualne stvarnosti .....	8
3.4.1. Ulazni i izlazni uređaji.....	8
4. Povijest virtualne stvarnosti.....	9
5. Terapije bazirane na virtualnoj stvarnosti.....	14
5.1. Terapije bazirane na virtualnoj stvarnosti i neurorehabilitacija .....	15
5.2. Terapije bazirane na virtualnoj stvarnosti i psihijatrijski poremećaji .....	18
5.3. Terapije bazirane na virtualnoj stvarnosti i uklanjanje bolova .....	19
6. Pregled dosadašnjih spoznaja .....	21
6.1. Pregled istraživanja o primjeni virtualne stvarnosti kod osoba s poremećajima iz spektra autizma .....	21
6.2. Pregled istraživanja o primjeni virtualne stvarnosti kod osoba s cerebralnom paralizom.....	31
6.3. Pregled istraživanja o primjeni virtualne stvarnosti kod osoba koje su preživjele moždani udar .....	41
6.4. Pregled istraživanja o primjeni virtualne stvarnosti kod osoba s dijagnozom ADHD-a .....	51
7. Prednosti sustava virtualne stvarnosti .....	56
8. Nedostatci sustava virtualne stvarnosti .....	58
9. Zaključak .....	59
10. Literatura .....	61
11. Prilozi.....	69
11.1. Prilog 1. izvori slika.....	69



Čovjek teži istraživanju, novim saznanjima i dijeljenju informacija od samog početka razvoja ljudskog roda. Od špiljskih crteža, knjiga, novina, slika pa sve do korištenja interneta vidljiva je jedna ideja, a to je želja za napretkom i prenošenjem informacija koristeći snažnu ljudsku sposobnost imaginacije i promišljanja „uranjanjem u priču“. Radoznalost i želja za potpunim uranjanjem u imaginarni svijet dovela je do stvaranja tehnologije virtualne stvarnosti.

Tehnologija se svakodnevno ubrzano razvija, a virtualna stvarnost predstavlja jedan aspekt računalne tehnologije koja omogućuje stvaranje simuliranog okruženja koji može simulirati fizičku prisutnost u mjestima u stvarnom svijetu ili u zamišljenim svjetovima. Ne iznenađuje što je industrija video igara jedan od najvećih zagovornika virtualne stvarnosti, međutim primjena ove tehnologije može se pronaći u brojnim područjima ljudskog rada i djelovanja od medicine, kineziologije, obrazovanja, dizajna, marketinga, znanosti i zabave pa sve do vojnih aktivnosti i djelovanja pomoću simulacija (Grbavac i Grbavac, 2015). Gdje god je previše opasno, skupo ili nepraktično učiniti nešto u stvarnosti, virtualna stvarnost je odgovor jer nam omogućuje da preuzmemo virtualne rizike kako bismo stekli iskustvo stvarnog svijeta. U zrakoplovstvu, medicini i vojsci, obuka virtualne stvarnosti je atraktivna alternativa za treninge u živo sa skupom opremom, opasnim situacijama ili osjetljivom tehnologijom. Komercijalni piloti mogu koristiti realistične pilotske kabine s tehnologijom virtualne stvarnosti u holističkim programima obuke koji uključuju virtualni let i živu instrukciju. Kirurzi mogu trenirati s virtualnim alatima i pacijentima i prenijeti svoje virtualne vještine u operacijsku dvoranu, a policajci i vojnici mogu provoditi virtualne racije kojima se izbjegava ugrožavanje života. S obzirom na navedenu široku bazu primjene ove tehnologije, postavlja se pitanje primjene virtualne stvarnosti na području edukacijsko-rehabilitacijske djelatnosti. Virtualna stvarnost pruža brojne mogućnosti koje se mogu iskoristiti u sklopu edukacijsko-rehabilitacijske djelatnosti za pomoć osobama s invaliditetom i njihovoj integraciji u društvo jer predstavlja jedinstveni medij u kojem se rehabilitacijski i terapijski tretmani mogu ponuditi u funkcionalnom, svrhovitom i motiviranom kontekstu, koji se može lako ocjenjivati i dokumentirati (Matijević i sur., 2013).

## 2. PROBLEMSKA PITANJA

Središte zanimanja ovog rada je provjera učinkovitosti terapija baziranih na virtualnoj stvarnosti kod osoba iz spektra autizma, osoba s cerebralnom paralizom, osoba koje su preživjele moždani udar te osoba s ADHD-om.

U početku rada opisani su tipovi sustava virtualne stvarnosti, kontinuum stvarnost-realnost, komponente sustava virtualne stvarnosti te povijesni razvoj tehnologije sustava virtualne stvarnosti. Nakon upoznavanja sa sustavima virtualne stvarnosti, slijedi opis principa korištenja terapija baziranih na virtualnoj stvarnosti na području neurorehabilitacije, liječenja psihijatrijskih poremećaja i uklanjanja bolova te provjera učinkovitosti terapija baziranih na virtualnoj stvarnosti kroz pregled provedenih istraživanja.

Na kraju su navedene prednosti i nedostaci sustava virtualne stvarnosti na području edukacijske rehabilitacije te je iznesen konačan zaključak.

Jedan od ciljeva ovog rada je upoznati edukacijsko rehabilitacijske stručnjake s mogućnostima ove tehnologije koja diljem svijeta postaje sve zastupljenija u rehabilitacijskim programima osoba s invaliditetom, te tako zainteresirati edukacijsko rehabilitacijske stručnjake za provođenje istraživanja sa sustavima virtualne stvarnosti i potaknuti njihovu aplikaciju u edukacijsko rehabilitacijske procese i u našoj državi.

### 3. DEFINICIJA VIRTUALNE STVARNOSTI

Virtualna stvarnost nastaje povezivanjem dva pojma: „virtualnost“ i „realnost“. Howard (1992) definira „virtualnost“ kao pojam nečeg što nije realno, odnosno nije prisutno u fizičkom smislu ali prikazuje realnu ili imaginarnu stvarnost koja se može iskusiti ljudskim osjetilima uključujući vid, dodir, sluh i njuh. Potpuno suprotan pojam predstavlja realnost koja se definira kaostanje stvari kakve zaista jesu (Cambridge University Press, 2019). Vidimo da spajanjem ova dva pojma zapravo dobivamo oksimoron „virtualna stvarnost“, ne čudi stoga da ne postoji jedinstvena definicija virtualne stvarnosti te da različita područja ljudskog djelovanja različito definiraju ovaj složen pojam. Zhuang i Wang (2010) definiraju virtualnu stvarnost kao „sučelje čovjeka i stroja, koje kombinira tehnologije poput računalne grafike, obrade slike, prepoznavanje uzoraka, umjetne inteligencije, umrežavanja, zvučne sustave i druge sustave za proizvodnju računalne simulacije i interakcije, koja daje osjećaj prisutnosti kroz više sintetičkih povratnih informacija koje se šalju senzornim kanalima poput slušnih, haptičkih i drugih“.

Sherman i Craig (2019) navode 5 ključnih elemenata virtualne stvarnosti:

1. Sudionici kreatori - sudionik predstavlja osobu koja „uranja“ u virtualno okruženje
2. Kreator - predstavlja osobu koja kreira virtualno okruženje
3. Virtualni svijet - imaginarni svijet tj. okruženje
4. Imerzija – pojam koji predstavlja osjećaj uključenosti (uronjenosti) u okruženje. Sustavi virtualne stvarnosti nastoje potaknuti fizičku imerziju putem različitih sintetičkih stimulacija osjetila.
5. Interaktivnost –pojam koji u okvirima virtualne stvarnosti predstavlja mogućnosti interakcije tj. djelovanja u virtualnom okruženju

### 3.1. TIPOVI VIRTUALNE STVARNOSTI

S obzirom na složenost pojma virtualne stvarnosti, postoje različite klasifikacije sustava virtualne stvarnosti prema različitim specifikacijama i namjeni. Najčešće korištena je podjela prema razini imerzije, koja dijeli sustave virtualne stvarnosti u 3 velike skupine (Bamodu i Ye, 2013):

- ne-imerzivni sustavi virtualne stvarnosti
- polu-imerzivni sustavi virtualne stvarnosti
- imerzivni sustavi virtualne stvarnosti

Ne-imerzivni ili tzv. desktop sustavi predstavljaju skupinu sustava virtualne stvarnosti koji korisnicima pružaju računalno generirano okruženje bez osjećaja uronjenosti u virtualni svijet. Glavna karakteristika ne-imerzivnog sustava je da korisnici mogu zadržati kontrolu nad stvarnim okruženjem istovremeno svjesni onoga što se događa oko njih. Ne-imerzivni sustavi virtualne stvarnosti su svakodnevno prisutni u našim životima putem računala, PlayStation konzola, Nintendo konzola, itd. (Cyber Pulse, 2019). Ovi sustavi imaju najmanju imerziju te su najjeftiniji jer ne koriste specifične hardvere i procese (Bamodu i Ye, 2013). Dakle, u ovim sustavima korisnik nema osjećaj potpune uključenosti u virtualno okruženje, a u interakciji s virtualnim okruženjem je putem ekrana gdje kontrolira svoje djelovanje putem tipkovnice, miša, josticka itd (Slika 1). Video igre su najreprezentativniji primjer ne-imerzivnih sustava virtualne stvarnosti.



*Slika 1 Primjer ne-imerzivnog sustava virtualne stvarnosti*

Polu-imerzivni sustavi virtualne stvarnosti za razliku od ne-imerzivnih sustava pružaju korisniku veći stupanj imerzije tj. uronjenosti u virtualno okruženje, ali istovremeno korisnici ostaju povezani sa stvarnim okruženjem. Ključni elementi ove tehnologije uključuju: realno 3D virtualno okruženje, haptičku povratnu informaciju, visokokvalitetni zvuk pravilno

sinkroniziran s digitalnom slikom te napredne simulatore (Cyber Pulse, 2019). Primjeri polu-imerzivnog sustava virtualne stvarnosti je sustav CAVE (Cave Automatic Virtual Environment) koji predstavlja prikaz virtualne stvarnosti koji se temelji na projekciji usmjerenoj na između tri i šest zidova prostorije (Slika 2). Rezultat je 3D vizualizacija sustava veličine prostorije koja korisnicima omogućuje zajedničko istraživanje i manipuliranje složenim 3D modelima (Horace i sur, 2017).



*Slika 2 CAVE (Cave Automatic Virtual Environment)*

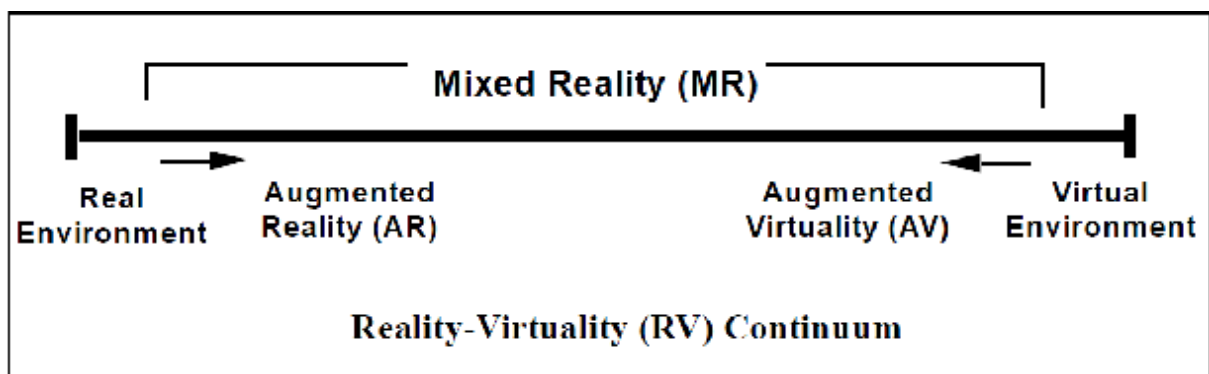
Imerzivni sustavi virtualne stvarnosti omogućuju najviši stupanj imerzije koji korisniku daje osjećaj potpune uronjenosti u virtualno okruženje (Bamodu i Ye, 2013). Za razliku od polu-imerzivnog sustava virtualne stvarnosti u kojima korisnici zadržavaju povezanost sa stvarnim okruženjem, korištenjem imerzivnog sustava korisnici su potpuno izolirani od stvarnog okruženja (Cyber Pulse, 2019). Većina ljudi upravo pomisli na imerzivne sustave kada se spomene pojam virtualne stvarnosti. Ovi sustavi uključuju korištenje HMD (head mounted) zaslona (Slika 3), laički rečeno tzv. „virtualnih naočala“ te različitih dodatnih komponenti kao što su VR rukavice.



*Slika 3 Korištenje HMD uređaja*

### 3.2. KONTINUUM STVARNOST-REALNOST

Kontinuum stvarnost-realnost prikazuje kontinuum u kojem se na jednoj strani nalazi stvarno okruženje, a na drugom kraju kontinuuma virtualno okruženje (Slika 4) (Milgram, Takemura, Utsumi i Kishin, 1994). Osim sustava virtualne stvarnosti, postoje i drugi sustavi koji se razlikuju s obzirom na razinu uranjanja korisnika u virtualno okruženje ili razinu prisutnosti u stvarnom okruženju, a to su sustavi koji spadaju u tzv. kombiniranu stvarnost (mixed reality) koji predstavljaju kombinaciju stvarnog i virtualnog svijeta, a u nju se ubrajaju proširena stvarnost (augmented reality) i proširena virtualnost (augmented virtuality).

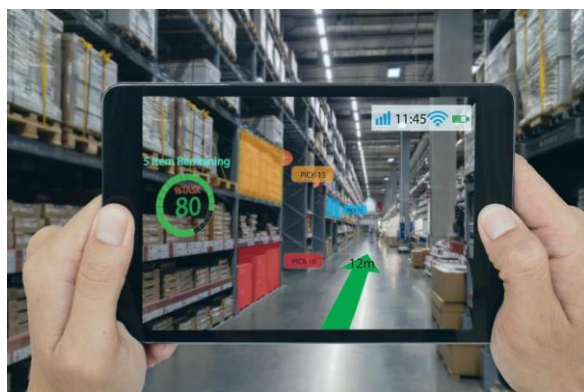


*Slika 4 Kontinuum stvarnost-virtualnost*

### 3.3. PROŠIRENA STVARNOST

Za razliku od virtualne stvarnosti u kojoj se korisnik smješta u virtualno okruženje, te proširene virtualnosti u kojoj se stvarni predmeti smještaju u virtualno okruženje, u proširenoj stvarnosti korisnik se ne uranja u virtualni svijet, već se u stvarnom okruženju dodaju virtualni i realni objekti ( Van Krevelen, 2007) (Slika 5). Proširena stvarnost se ostvaruje u četiri koraka (Cyber Pulse, 2019):

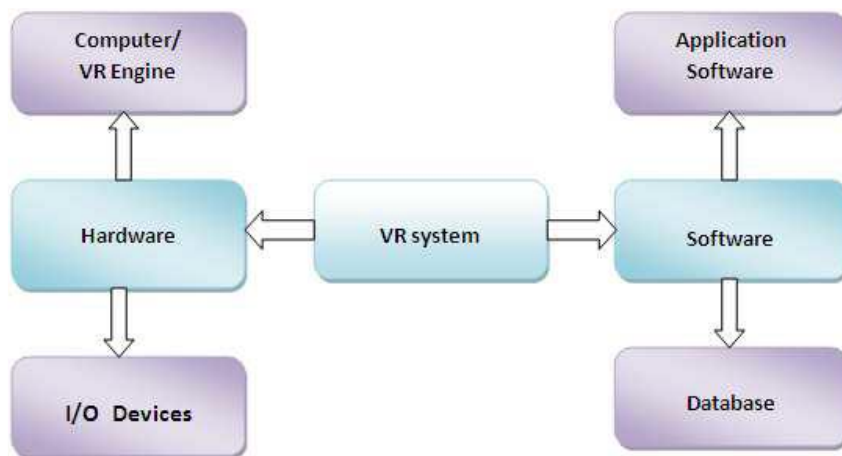
1. Snimanje okoliša - pomoću ulaznih uređaja, sustav proširene stvarnosti snima sliku fizičkog svijeta
2. Obrada slike - softver proširene stvarnosti obrađuje sliku kako bi odredilo gdje dodati računalno generirani sadržaj tj. virtualni sadržaj
3. Zahtjev za potrebnim sadržajem - nakon što sustav proširene stvarnosti odredi gdje bi se mogli dodati virtualni objekti, traži se njihovo dodavanje
4. Superimpozicija – kad sustav preuzme potrebni sadržaj, formira se konačna slika koja se sastoji od slike okoliša u stvarnom svijetu i dodanih virtualnih sadržaja



*Slika 5 Primjer korištenja proširene stvarnosti*

### 3.4. KOMPONENTE SUSTAVA VIRTUALNE STVARNOSTI

Slika 6 prikazuje komponente sustava virtualne stvarnosti. Dvije glavne komponente su hardware i software. Hardware čine tri komponente, a to su središnja procesna jedinica sustava virtualne stvarnosti (VR Engine), ulazni uređaji virtualne stvarnosti (Input Devices) i izlazni uređaji virtualne stvarnosti (Output Devices). Software čine dvije komponente, a to su: aplikacije za software i bazu podataka (Bamodu i Ye, 2013).



Slika 6 Komponente sustava virtualne stvarnosti

#### 3.4.1. ULAZNI I IZLAZNI UREĐAJI

Ulazni uređaji omogućuju interakciju korisnika s virtualnim okruženjem na način da šalju signale o djelovanju korisnika do središnje procesne jedinice sustava virtualne stvarnosti koji potom obrađuje dobivene informacije i šalje ih natrag korisniku preko izlaznih uređaja. Ulazni uređaji virtualne stvarnosti mogu se podijeliti sljedeće kategorije (Bamodu i Ye, 2013):

- Uređaji za praćenje – uređaji koji pomoću senzora omogućuju praćenje kretnji korisnika, a uključuju: elektromagnetske, ultrazvučne, optičke, mehaničke i žiroskopske senzore, podatkovne rukavice (data gloves), neuronske, bio i mišićne kontrolere
- Point izlazni uređaji – uređaji kao što su 6DOF miš i space ball, koji pomoću tehnologije virtualne stvarnosti omogućuju adaptaciju klasičnih miševa za prikaz 3D virtualnih okruženja



- Govorni uređaji - Uređaji koji koriste govor za unošenje podataka ili naredbi sustavu, uključuju upotrebu procesa prepoznavanja govora

Izlazni uređaji dobivaju povratne informacije od središnje procesne jedinice sustava virtualne stvarnosti i prenose ih korisnicima kroz odgovarajuće izlazne uređaje stimulirajući osjetila.

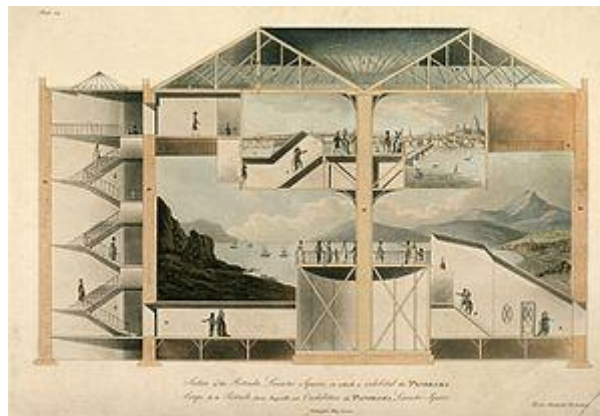
Klasifikacija izlaznih uređaja na temelju stimulacije određenih osjetila (Bamodu i Ye, 2013):

- grafički izlazni uređaji (vizualni)
- audio izlazni uređaji (slušni)
- haptički izlazni uređaji (kontaktni ili dodirni )
- izlazni uređaji za stimulaciju mirisa i okusa koji se ne koriste često u sustavima virtualne stvarnosti, za razliku od prethodno navedenih

#### 4. POVIJEST VIRTUALNE STVARNOSTI

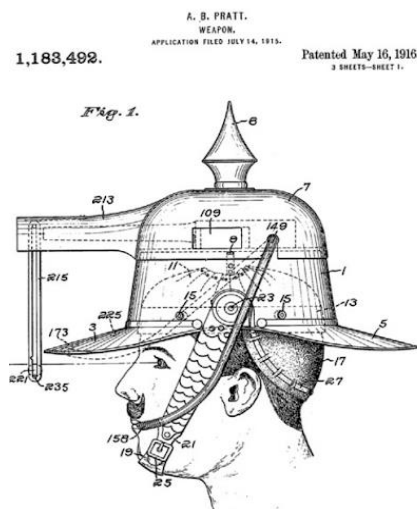
Ideja o mogućnosti uranjanja čovjeka u imaginarni svijet postoji već dugo vremena, a neki smatraju da tehnologije virtualne realnosti imaju korijene u knjigama, stripovima i znanstveno fantastičnim filmovima (Grbavac i Grbavac, 2015).

Povijest kreiranja i razvoja ideje o virtualnoj stvarnostiprema Sherman i Craig (2019) započinje davne 1435./36. godine kada je Leon Battista Alberti prvi objavio matematiku linearnog perspektivnog (single point) renderiranja odnosno gledanja. Iduća bitna godina je 1787. naime te godine je Robert Barker patentirao "Apparatus for Exhibiting Pictures" koja predstavlja izlaganje slikanog krajolika u pogledu od 360 stupnjeva na kružnom platnenom pojasu koji okružuje gledatelja (Slika 7)."Apparatus for Exhibiting Pictures" je aparat koji je izolirao i kontrolirao ono što je bilo moguće vidjeti.



Slika 7 "Apparatus for Exhibiting Pictures"

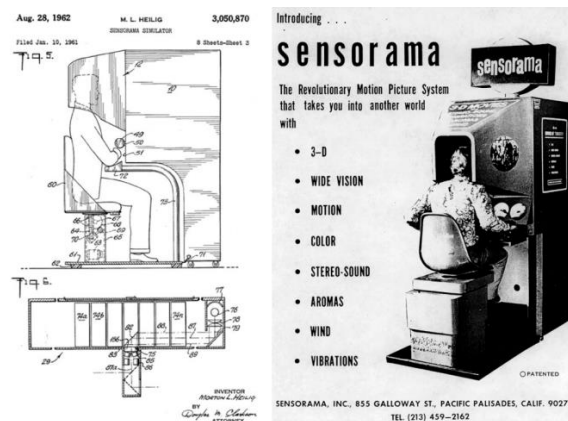
Godine 1838. sir Charles Wheatstone je opisao teoriju stereoskopske vizije te izumio stereoskop - uređaj za gledanje stereoskopskog para odvojenih slika, koje prikazuju prikaze lijevog oka i desnog oka iste scene, kao jednu trodimenzionalnu sliku. Njegovo stereoskopsko zrcalo zahtijevalo je da se obje slike u paru preokrenu bočno. Prednost ovakvog dizajna je u tome što se može nositi s velikim slikama, zbog čega je princip i danas u upotrebi pri pregledavanju X-ray stereoskopskih slika i zračnih fotografija (Stereoscopy, 1999). Razvoj pojma virtualne stvarnosti je obilježen i 1862. godinom kada je John Pepper konstruirao poboljšanu verziju iluzije stvorene upotrebom rasvjete i reflektirajuće prozirne površine koja omogućuje istovremeno gledanje dvaju prostora (svjetova) - stvarajući alternativnu stvarnost. Godine 1901. Federic E. Ives izlaže prvi poznati prikaz autostereoskopske slike, a 1915. godine Edwin S. Porter i W.E. Wadell stvaraju prvi anaglifičan 3D film. Značajna godina u razvoju tehnologije virtualne stvarnosti bila je 1916. godina kada je kreiran prvi primitivna glavu montirani HMD (headmounted display) zaslon. (Sherman i Craig, 2019). (Slika 8).



*Slika 8 Prvi HMD zaslon*

Godine 1935. pisac SF-a Stanley G. Weinbaum objavljuje kratku priču Pygmalion's Spectacles u kojoj opisuje igru u kojoj pojedinci pomoću naočala mogu gledati holografske snimke virtualnih priča, uključujući miris i dodir. Što ga čini prvim pravim vizionarom u ovom području jer u svom djelu razvija ideju virtualne stvarnosti (History of information, 2019). Sljedeći bitan događaj koji je uvjetovao razvojem virtualne stvarnosti je kreiranje prvog elektroničnog digitalnog računala 1946. godine na Sveučilištu Pennsylvania (Sherman i Craig, 2019). Godine 1956. snimatelj Morton Heilig počinje razvijati strojeve koji mogu proizvesti

umjetna osjetilna iskustva. Godine 1957. razvija pionirski 3D zaslon postavljen na glavu. Godine 1962. kreira stroj nazvan Sensorama (Slika 9). Sensorama se sastojala od višestrukih senzora koji stvaraju zvuk, miris, vjetar i povezane vibracije te na taj način osobu uranjaju u film koji se prikazuje. Predstavlja prvi način istraživanja sustava virtualne stvarnosti. Mnogi ljudi smatraju Heiliga pravim ocem virtualne stvarnosti, iako se rijetko priznaje kao takav (Alqahtani, Daghestani i Ibrahim, 2017).



Slika 9 Sensorama stroj

1962. godine Ivan Sutherland, pionir interakcije čovjek-računalo, razvija svjetlosnu olovku i program nazvan Sketchpad koji omogućuje ljudima da crtaju na zaslonu računala - otvarajući put za vrstu računalne grafike koja se kasnije koristi u virtualnoj stvarnosti, a 3 godine kasnije objašnjava koncept konačnog prikaza (*"The Ultimate Display"*) u svom izlaganju na Međunarodnom kongresu za obradu podataka. Sutherland objašnjava koncept prikaza u kojem korisnik može komunicirati s objektima u nekom svijetu koji ne mora slijediti zakone fizičke stvarnosti: "To je gledanje u matematičku zemlju čuda". Prikaz uključuje kinestetičke (haptičke) kao i vizualne podražaje (Sherman i Craig, 2019). Sutherland nastavlja pridonositi razvoju virtualne stvarnosti svojim izumima te 1968. godine kreira izvediv zaslon postavljen na glavu koji predstavlja preteču HMD (headmounted) zaslona kakve danas poznajemo (Slika 10), Sutherlandov zaslon dobio je nadimak "Damoklov mač" jer jebio tako velik i glomazan da ga je trebalo pričvrstiti strop ( Cummings i Bailenson, 2015).



*Slika 10 Sutherlandov „Damoklov mač“*

Godine 1975. Myron Krueger razvija sustav Videoplacke koji po prvi put korisnicima omogućavao interakciju s virtualnim objektima. Stvorio je umjetnu stvarnost koja je okruživala svoje korisnike i reagirala na njihove pokrete i akcije, a da nije bila opterećena upotrebom naočala ili rukavica ( History of information, 2019). Iste godine programer Will Crowther razvija avanturu nazvanu Colossal Cave Adventure, koju zajedno s kolegom Don Woodsom usavršava 1977. godine. Colossal Cave Adventure predstavlja tekstualnu računalnu igru u kojoj igrači istražuju virtualni svijet, rješavajući probleme kroz dijalog pitanja i odgovora ( Lessard, 2012).

Važan uređaj za tehnologiju virtualne stvarnosti je izumljen 1977. godine, a to su prve žičane rukavice (dataglove) koje su kreirali Tom DeFanti i Daniel J.Sandin ( Slika 11) (Boas, 2013).



*Slika 11 Prve žičane rukavice (dataglove)*

Razdoblje 80-tih godina 20. stoljeća obilježeno je optičkim napretkom koji je protekao paralelno s projektima koji su radili na haptičkim uređajima i drugim instrumentima koji omogućuju kretanje u virtualnom prostoru. U NASA-inom istraživačkom centru Ames sredinom 1980-ih, na primjer, sustav radne okoline virtualnog sučelja (VIEW) kombinirao je uređaj na glavi s rukavicama kako bi omogućio haptičku interakciju ( The Franklin Insitute, 2019).Važnu ulogu u ovom razdoblju je odigrao programer Jaron Lanier koji je skovao termin virtualne stvarnosti. Zajedno sa Thomasom G. Zimmermanom osnovao je tvrtku VPL research (Visual Programming Lab) 1984. godine koja privlači veliku pozornost medija i razvija pionirske VR periferije, uključujući HMD zaslon i virtualne rukavice (dataglove). Od tada se Lanier popularno naziva "ocem virtualne stvarnosti"( Faisal, 2017). VPL tvrtka 1989. godine kreira kompletni VR sustav nazvan RB-2 ( reality build for 2) koji je korisniku omogućavao interakciju sa virtualnim svijetom HMD zaslon i rukavice (Slika 12) (Sherman i Craig, 2019).



*Slika 12 VR sustav RB-2*

Razdoblje 90-tih godina obilježeno je brzim i strelovitim razvojem tehnologija virtualne stvarnosti. Osnivaju se različite utjecajne programerske tvrtke i počinje borba za prevlast na novoj grani tehnologije koja je posebno interesantna tada bila prije svega na području razvoja računalnih igara. Godine 1991. grupa 'Virtual Reality' razvija seriju VR arkadnih igara, a 3 godine kasnije tvrtka SEGA izdaje SEGA VR-1, arkadni stroj za simulaciju kretanja, u proizvodnju virtualne tehnologije za širu javnost uključuje se i tvrtka Nintendo 1995. godine kada razvija konzolu Virtual Boy koja predstavlja prvu prijenosnu konzolu za prikaz 3D grafike (Virtual speech, 2018).

Prvih petnaestak godina 21. stoljeća doživjelo je veliki napredak u razvoju virtualne stvarnosti koja postaje sve dostupnija široj javnosti. Golem napredak bilježe male i moćne mobilne tehnologije što dovodi do uspona pametnih telefona s zaslonima visoke gustoće i mogućnostima 3D grafike te razvoja laganih i praktičnih uređaja za virtualnu stvarnost. Industrija video igara nastavila je pokretati razvoj virtualne stvarnosti potrošača, koja se sve više počinje primjenjivati u različitim područjima od medicine do arhitekture (Virtual reality society, 2019).

2010. godine 18-godišnji student Palmer Luckey kreira prvi prototip HMD zaslona Oculus Rift ( Slika 13). U njemu je bilo vidno polje od 90 stupnjeva, koje do sada nikad nije bilo viđeno, i oslanjalo se na procesorsku snagu računala za isporuku slika. Prvi Oculus Rift pokrenuo je široko zanimanje za virtualnu stvarnost jer je nižom cijenom bio dostupan širokoj javnosti (Sherman i Craig, 2019).



*Slika 13 Prva verzija Oculus Rifta*

Važna godina za daljnji razvoj tehnologije virtualne stvarnosti bila je 2014. godina, naime te godine tvrtka Facebook kupuje tvrtku Oculus VR koja je zaslužna za kreiranje Oculus Rifta po cijeni od 2 milijuna dolara. Ovaj događaj predstavlja odlučujući trenutak u povijesti virtualne stvarnosti jer se razvoj navedene tehnologije nakon toga ubrzao (Virtual reality society, 2019).

Razvoj tehnologije virtualne stvarnosti nastavlja svoj ubrzani razvoj te se navedena tehnologija danas koristi u različitim područjima ljudskog djelovanja. Jedno od tih područja je i područje rehabilitacije osoba s invaliditetom i djece s teškoćama.

## 5. TERAPIJE BAZIRANE NA VIRTUALNOJ STVARNOSTI

Sustavi virtualne stvarnosti iako su prvenstveno kreirani za rekreaciju i zabavu posljednjih godina postaju sve zanimljiviji brojnim istraživačima koji nastoje utvrditi sve benefite ove tehnologije na području edukacije i rehabilitacije, a upravo ubrzani razvoj ove tehnologije je omogućio kreiranje različitih sustava koji usmjeravaju procese rehabilitacije na različite domene funkcioniranja kod djece s teškoćama u razvoju i odraslih osoba s invaliditetom, a prema Ludlow (2015) te domene su: akademske vještine, socijalne vještine, komunikacijske vještine, motoričke vještine i vještine svakodnevnog života.

Vodile su se brojne rasprave dali su sustavi virtualne stvarnosti isključivo alati u rehabilitacijskom procesu ili predstavljaju jedan novi oblik terapije. Levac i Galvin (2013) smatraju da virtualna stvarnost nije isključivo alat i da je korektan naziv za korištenje navedene tehnologije - terapija bazirana na virtualnoj stvarnosti, spomenuti naziv danas je uvažen te se njime nazivaju rehabilitacijski i terapijski procesi koji se temelje na korištenju sustava virtualne stvarnosti. Levac i Galvin (2013) također naglašavaju važnost stručnog osoblja u provođenju terapija koristeći sustave virtualne stvarnosti. Stručno osoblje treba biti

svjesno prednosti i nedostataka ove terapije u odnosu na ostale terapije, također trebaju posjedovati adekvatno znanje potrebno za rad sa sustavima virtualne stvarnosti kako bi mogli uspješno evidentirati i pratiti rezultate. Znanje o korištenom sustavu virtualne stvarnosti mora biti usvojeno na jako visokoj razini kako stručno osoblje nebi bilo pretjerano zaokupljeno samim funkcioniranjem sustava virtualne stvarnosti tako da umjesto toga mogu posvetiti pažnju kretanju pacijenta te njihovoj interakciji s virtualnim okruženjem. Obučenos stručnog osoblja je važna kako bi se ostvarioglavni cilj rehabilitacije putem sustava virtualne stvarnosti, a to je transfer naučenog u virtualnim okruženjima u stvarni život, a upravno stručno osoblje predstavlja taj most koji povezuje tehnologiju i pacijenta (Levac i Galvin, 2013).

Korištenje terapije bazirane na virtualnoj stvarnosti dijeli se na 3 velika područja primjene: neurorehabilitacija, liječenje psihijatrijskih poremećaja i uklanjanje bolova (Bohil, Alicea i Biocca, 2011).

#### 5.1. TERAPIJE BAZIRANE NA VIRTUALNOJ STVARNOSTI I NEUROREHABILITACIJA

Neurorehabilitacija označava složeni medicinski proces koji ima za cilj pomoći oporavku od ozljede živčanog sustava, te minimizirati i / ili nadoknaditi funkcionalne promjene koje proizlaze iz navedene ozljede. (Krucoff, Rahimpour, Slutzky, Edgerton i Turner, 2016) . Bazira se na sposobnosti plasticiteta mozga. Niz istraživanja sugeriraju da plasticitet mozga ovisi o intenzitetu, trajanju i frekvenciji vježbanja kako bi se potakla neuralna reorganizacija, a upravo sustavi virtualne stvarnosti omogućavaju vježbanje motoričkih vještina u kontroliranom okruženju koje je prilagođeno potrebama svakog pacijenta. Sustavi virtualne stvarnosti daju mogućnost interakcije u različitim virtualnim okruženjima koje je teško osigurati u stvarnim uvjetima te mogućnost izravnog praćenja rezultata pružajući istovremeno stimulaciju živčanog sustava oslanjajući se na proces plasticiteta za poticanje motoričkog učenja i procesa rehabilitacije (Cheung, Tunik, Adamovich, i Boyd 2014).

Sustavi virtualne stvarnosti koji se koriste u neurorehabilitaciji dijele se s obzirom na vrstu interakcije čovjek-računalo u 3 glavne kategorije: sustavi bazirani na gestikulaciji (gesture-based), sustavi fokusirani na povratnu informaciju (feedback-focused) i sustavi bazirani na dodiru (haptic-based) ( Monge-Pereira i sur., 2014). S obzirom na cijenu sustava virtualne stvarnosti, na području neurorehabilitacije nalazimo brojna istraživanja s visokobudžetnim sustavima koji se uspješno primjenjuju na ovom područjumeđutim zbog visoke cijene mnogi

istraživači su se okrenuli uporabi dostupnih niskobudžetnih sustava virtualne stvarnosti (Tablica 1 i Tablica 2) ( Monge-Pereira i sur., 2014).

Tablica 1 Najčešće korišteni visokobudžetni sustavi virtualne stvarnosti na području neurorehabilitacije

<b>Naziv sustava virtualne stvarnosti</b>	<b>Funkcija</b>
<b>IREX</b>	Stavlja korisnika u virtualno okruženje u kojem se može kretati i biti u interakciji s virtualnim objektima. Koristi se za izradu interaktivnih programa za vježbanje cijelog tijela ili kombiniranih pokreta te vježbanje određenih zglobova
<b>Mandala Gesture Xtreme</b>	Stavlja korisnika u virtualno okruženje u kojem se može kretati i biti u interakciji s virtualnim objektima, a za njegovo korištenje nisu potrebni dodatni uređaji te je dostupan načinu rada za više osoba
<b>CAVE (Cave Automatic Virtual Environment)</b>	Sustav virtualne stvarnosti koji se temelji na projekciji usmjerenoj na između tri i šest zidova prostorije. Rezultat je 3D vizualizacija sustava veličine prostorije koja korisnicima omogućuje zajedničko istraživanje i manipuliranje složenim virtualnim objektima
<b>BNAVE (Balance Near Automatic Virtual Environment)</b>	Sustav virtualne stvarnosti koji projicira stereoskopske slike tako da zaokupljaju čitav korisnikov pogled pri čemu je korisnik smješten na platformi u centru virtualne sobe. Sustav registrira pokrete glave, pritisak stopala i elektromiografske signale
<b>HMD-zasloni (Head-Mounted Display)</b>	Monokularni ili binokularni uređaj postavljen na glavu korisnika, osigurava potpunu uronjenost u virtualni svijet
<b>Haptički sustavi</b>	Sustavi koji koriste robote za stvaranje interakcije između korisnika i okruženja virtualne stvarnosti. Za stimulaciju i korištenje gornjih ekstremiteta koriste se sustavi: NJIT-RAVR, GENTLE , MIT-Manus, PneuWREX, Master II-ND i Data Gloves, a za stimulaciju i korištenje donjih ekstremiteta te poticanje hoda koriste se sustavi:



Tablica 2 Najčešće korišteni niskobudžetni sustavi virtualne stvarnosti na području neurorehabilitacije

Naziv sustava virtualne stvarnosti	Funkcija
<b>Nintendo Wii</b>	Interaktivni uređaj u kojem su korisnici predstavljeni avatarima smještenim u virtualnom okruženju. Igra se uz pomoć daljinskog upravljača koji se drži u ruci i koji mjeri kretanje korisnika i prenosi ih na zaslon. Daljinski upravljač Wii pruža brzinske povratne informacije, dok prikaz igre pruža vizualne i slušne povratne informacije.
<b>PlayStation (Sony) EyeToy</b>	Sustav predstavlja web kameru u boji s posebnim softverom za praćenje pokreta koji omogućuje igračima interakciju s igrama pomoću pokreta, detekciju boja, također i zvuka, putem ugrađenog mikrofona
<b>Xbox (Microsoft) Kinect</b>	Omogućava besprijekorni raspon pokreta nudeći reprodukciju bez kontrolera. Upotrebljava senzor pokreta koji nadzire pokrete tijela korisnika

Upravo je korištenje sustava virtualne stvarnosti danas najzastupljenije na području neurorehabilitacije, a najviše je istraživanja provedeno je s osobama koje su preživjele moždani udar te s djecom s cerebralnom paralizom. O utjecaju terapija baziranih na virtualnoj stvarnosti u neurorehabilitaciji više će biti rečeno u poglavljima: pregled istraživanja utjecajaterapija baziranih na virtualnoj stvarnosti kod osoba s cerebralnom paralizom te pregled istraživanja utjecaja terapija baziranih na virtualnoj stvarnosti kod osoba koje su preživjele moždani udar.

## 5.2. TERAPIJE BAZIRANE NA VIRTUALNOJ STVARNOSTI I PSIHIJATRIJSKI POREMEĆAJI

Terapije bazirane na virtualnoj stvarnosti pokazale su se uspješnim u liječenju niza psihijatrijskih poremećaja, od uspješnosti u kontroli straha, smanjenju simptoma anksioznih poremećaja te psihijatrijskih poremećaja uzrokovanih oštećenjem mozga ( Rose, Brooks i Rizzo, 2005; Alvarez, Johnson i Grillon, 2007; Gorini i Riva, 2008 prema Bohil, Alicea i Biocca, 2011). Uspješnost primjene izlazi iz činjenice da sustavi virtualne stvarnosti omogućuju kontrolirano iskustvo koje je srodno kontroli doziranja u psihijatrijskim tretmanima. Terapije bazirane na sustavu virtualne stvarnosti na ovom području polaze od pretpostavke sustavnog izlaganja koja je karakteristična za bihevioralne terapije te se stoga nazivaju VRET- virtual reality exposure therapy (terapije bazirane na izlaganju virtualnoj stvarnosti) (Meyerbrocker i Emmelkamp, 2010). Terapije bazirane na izlaganju virtualnoj stvarnosti najviše se primjenjuju kod anksioznih poremećaja, a posebice za tretman različitih vrsta fobija: aviofobija (Slika 14), agorafobija, klaustrofobija, socijalna fobija. Provode se na način da se pacijentu u virtualno okruženje sustavno u manjim dozama uvodi izvor straha s ciljem da s vremenom pacijent stekne osjećaj kontrole nad okolinom, a time i nad tzv. „fobičnim podražajem“ ( Bohil, Alicea i Biocca, 2011). Osim fobija, na području anksioznih poremećaja nalazimo primjene sustava virtualne stvarnosti u tretmanu paničnih napadaja i posttraumatskih stresnih poremećaja.



*Slika 14 Primjer simulacije koja se koristi u terapiji baziranoj na virtualnoj stvarnosti za liječenje straha od letenja - aviofobije. Ova vrsta simulacije omogućava korisniku osjećaj letenja u komercijalnom avionu, uključujući turbulenciju i slijetanje, iz perspektive prve osobe.*

### 5.3. TERAPIJE BAZIRANE NA VIRTUALNOJ STVARNOSTI I UKLANJANJE BOLOVA

Terapija bazirane na virtualnoj stvarnosti pokazale su se učinkovitima u uklanjanju različitih vrsta bolova, a ta djelotvornost se temelji na distraktibilnim sposobnostima sustava da preusmjeravajući pažnju na interakciju u virtualnom okruženju pomognu pacijentima u smanjenu osjećaja boli ( Bohil, Alicea i Biocca, 2011). Dokazan efekt smanjenja boli pomoću sustava virtualne stvarnosti nazvan je u literaturi „VR analgezijom“ ( Hoffman i sur., 2004, 2006, i 2007; Rutter, Dahlquist i Weiss, 2009 prema Li, Montano, Chen i Gold, 2011). Kao što je već navedeno sustavi virtualne stvarnosti su se koristili za uklanjanje različitih vrsta bolova, a najviše za uklanjanje akutnih bolova kod pacijenata s opeklinama. Brojna provedena istraživanja pokazala su pozitivan utjecaj primjene „VR analgezije“ kod pacijenata s opeklinama djelujući pozitivno na smanjenje razine boli, anksioznosti i vremena razmišljanja o boli te povećanju raspona pokreta. Također dokazalo se da je kombinirana primjena „VR analgezije“ i analgetika učinkovitija u odnosu na primjenu isključivo analgetika (Li, Montano, Chen i Gold, 2011). Jedna od najpoznatijih virtualnih simulacija koja se koristi s pacijentima s opeklinama je simulacija Snow World (Slika 15). U navedenoj simulaciji pacijent se smješta u snježno virtualno okruženje s ciljem da to okruženje djeluje distraktibilno preusmjeravajući pažnju s osjećaja boli na misli o hladnoći. Rezultati su pokazali da simulacija pomaže smanjenju intenziteta boli i to čak više nego klasični analgetici ( Hoffman i sur., 2004 prema Bohil, Alicea i Biocca, 2011).



*Slika 15 Pacijent u interakciji sa simulacijom Snow World i izgled virtualnog okruženja u navedenoj simulaciji.*

Osim kod pacijenata s opeklinama, provedena su istraživanja koja su sustave virtualne stvarnosti koristila kod oboljelih od raka za smanjenje boli i anksioznosti povezane s uobičajenim bolnim postupcima i tretmanima raka, kao što su kemoterapija i lumbalna punkcija. Također zabilježeno je korištenje i kod standardnih medicinskih postupaka koja

djeci znaju biti izrazito bolna i zastrašujuća kao što su uzimanje krvi i cijepljenje te kod bolesnika s kroničnom boli (Li, Montano, Chen i Gold, 2011).

## 6. PREGLED DOSADAŠNJIH SPOZNAJA

U ovom poglavlju bit će predstavljena istraživanja u kojima su se koristile različite terapije bazirane na virtualnoj stvarnosti s osobama s invaliditetom. Istraživanja su podijeljena u 4 kategorije: poremećaji iz spektra autizma, cerebralna paraliza, moždani udar i ADHD.

Kategorije su odabrane jer je s navedenim populacijama zabilježeno najviše provedenih istraživanja vezanih uz upotrebu terapija baziranih na virtualnoj stvarnosti. Baze u kojima su se istraživanja pronalazila bile su sljedeće: PubMed, International Journal of Neurorehabilitation, ResearchGate i Springer.

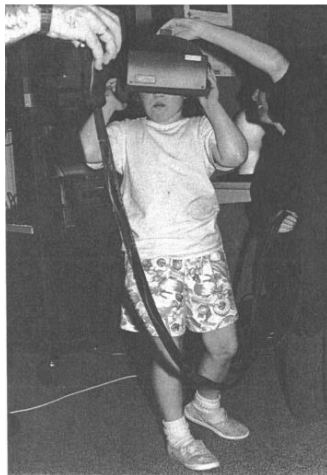
### 6.1. PREGLED ISTRAŽIVANJA O PRIMJENI VIRTUALNE STVARNOSTI KOD OSOBA S POREMEĆAJIMA IZ SPEKTRA AUTIZMA

Okruženja virtualne stvarnosti pružaju pogodnosti djeci s poremećajima iz spektra autizma zbog sposobnosti da simuliraju scenarije stvarnog svijeta u pažljivo kontroliranom i sigurnom okruženju (Parsons i Cobb, 2011). Pretpostavke za interakciju s virtualnim okruženjima čine se izvedivima budući da je za mnoge osobe iz spektra autizma utvrđeno da podnose opremu za prikazivanje koja je potrebna u virtualnim 3-D sobama ("plava soba"), te su u mogućnosti usmjeriti svoju pozornost na virtualnu situaciju ( Strickland, 1996 prema Bolte, Golan, Goodwin i Zweigenbaum, 2010). Također prema Alersu i Barakovoj ( 2009 ) djeca iz spektra autizma vole tehnološke naprave i logično razmišljanje budući da su stimulirani i izazvani da komuniciraju koristeći ih, a jedno od objašnjenja zašto djeca iz spektra autizma vole tehnološke naprave koje navode Kee i Chia ( 2010 ) je njihova snažna usmjerenost na vizualne podražaje koja objašnjava njihovu fascinaciju i sklonost učenju iz videozapisa i računalnih igara. Virtualna stvarnost osigurava osobito poticajno okruženje za osobe s poremećajima iz autističnog spektra jer nudi strukturu, vizualno posredovanje u učenju, mogućnosti ponavljanja, afektivni angažmante kontrolu okruženja za učenje ( Strickland, Marcus, Mestbov i Hogan 1992 prema Herrera i sur. 2008).

Potencijal korištenja virtualne stvarnosti u radu s osobama iz spektra autizma počeo se razmatrati već 90-tih godina prošlog stoljeća. Iako je tehnologija virtualne stvarnosti tada bila na nižoj grani razvijenosti uspoređujući s današnjom tehnologijom što je bilo vidljivo osobito u smislu primitivnih vizualnih detalja, svejedno valja spomenuti istraživanja iz tog vremena

jer su ona dala bitan poticaj za daljnja istraživanja na području razvijanja virtualne tehnologije za rad s osobama iz spektra autizma.

Istraživanje iz 1996. godine pokušalo je utvrditi mogu li djeca s autizmom tolerirati opremu virtualne stvarnosti i odgovoriti na virtualno simuliran svijet na smislen način. U istraživanju je bilo uključeno dvoje djece s dijagnozom autizma ( dječak 9 godina i djevojčica 7 godina i 6 mjeseci). Djeca su kako bi ušla u virtualan svijet nosila HMD zaslon (Slika 16) koju su prihvatili bez ikakvih poteškoća iako je bio relativno velik i težak. Zadatak je bio da gledaju automobil koji se kreće umjerenim tempom ili prate slike koje je stvorio ručno upravljani 3D miš s pet tipki. Rezultati su pokazali da djeca iz spektra autizma mogu prihvatiti i odgovoriti na virtualan scenarij na smislen način, što je temeljni preduvjet usvajanja virtualne stvarnosti u obrazovne svrhe (Strickland, Marcus, Mesibov i Hogan, 1996).



*Slika 16 Djevojčica s opremom za virtualnu stvarnost koja se koristila u istraživanju Stricklanda i sur. (1996)*

U razdoblju od 2000. godine do 2010. godine dominiraju istraživanja koja su kao prikaz virtualnih svjetova koristila ekrane računala tzv. desktop virtualna okruženja. Parsons zajedno s suradnicima provodi dva važna istraživanja 2004. i 2005 godine. Cilj prvog istraživanja bio je utvrditi dali djeca iz spektra autizma razumiju i adekvatno koriste virtualni svijet. U ovom istraživanju virtualni svijet je predstavljao tzv. „Virtualni kafić“ ( „Virtual caffè“) ( Slika 17), a ukupno je sudjelovalo 36 djece od čega 12 djece iz spektra autizma u dobi od 13 do 18 godina. Sva virtualna okruženja izgrađena su u Superscape VRT programu i prikazivala su se na ekranu prijenosnog računala. Kretanje po okolini postignuto je pomoću USB joysticka, a interakcija s objektima uz pomoć miša. Rezultati su pokazali da su djeca iz spektra autizma

nakon samo nekoliko seansi uspješno naučila koristiti opremu te je ujedno zabilježen značajan napredak u izvedbi u virtualnom okruženju, također je utvrđeno da je većina (10/12) sudionika mogla interpretirati virtualno okruženje kao reprezentativno radije nego doslovno što je važno jer bi doslovno tumačenje virtualnog okruženja ograničilo njezinu korisnost za podučavanje socijalnih vještina jer korisnici moraju biti svjesni da ono što se događa u virtualnom okruženju nije doslovno prikazivanje onoga što će se dogoditi u stvarnom životu (Parsons, Mitchell i Leonard, 2004).



*Slika 17 „Virtualni kafić“ („Virtual caffe“)*

Drugo istraživanje od Parsons i sur. (2005) se usmjerilo na razmišljanje da treninzi u virtualnom okruženju utječu na učenje i poštivanje društvenih normi. U istraživanju je sudjelovalo 34 djece u dobi od 13 do 18 godina, od čega je 12 djece iz spektra autizma (10 dječaka i 2 djevojčice). Sva su virtualna okruženja izgrađena posebno za ovo istraživanje u programu Superscapeu Virtual Reality Toolkit te su emitirane na ekranu prijenosnog računala. Kretanje u virtualnom okruženju je omogućeno pomoću joysticka, a interakcije s objektima pomoću miša. Gledalo se poštivanje socijalnih normi kao što je npr. izbjegavanje hodanja po travi, prelazak ceste itd. Rezultati su pokazali da su neki sudionici pokazali dobro razumijevanje socijalnih konvencija učeći o njima kroz virtualno okruženje, većina sudionika iz spektra autizma obavila je zadatke slično usporednim grupama bez autista. No međutim otkrili su da neki od sudionika iz spektra autizma pokazali ograničeno razumijevanje virtualnog okruženja pa su autori istraživanja upozorili da virtualna okruženja nisu pogodna za sve osobe s autizmom (Parsons, Mitchell i Leonard, 2005). Istraživanje Moorea i sur. (2005) usredotočilo se na sposobnost osoba s autizmom za interakciju s avatarima u virtualnom okruženju. U istraživanju je sudjelovalo 34 djece iz spektra autizma u dobi od 7 do 16 godina. Koristio se sustav koji je uključivao prikaze avatara za četiri emocije: sretan, tužan, ljut i uplašen. Projekcija avatara je bila na ekranu računala, a sudionici su za interakciju koristili miš. Rezultati su pokazali da je većina sudionika (30 od 34) mogla koristiti avatare i razumjeti i prepoznati emocije na odgovarajući način (Moore, Cheng, McGrath i Powell, 2005). Sljedeća dva istraživanja bavila su se analizom utjecaja desktop virtualnih okruženja

na usvajanje socijalnih konvencija i socijalnog ponašanja kod djece iz spektra autizma. Prvo istraživanje u kojem je sudjelovalo sedmero adolescenata s dijagnozom iz spektra autizma u dobi od 14 do 16 godina dovelo je do rezultata da se pomoću virtualnog okruženja koje reproducira "virtualni kafić" za podučavanje socijalnih vještina poboljšala brzina izvršavanja socijalnih zadataka u virtualnom okruženju nakon ponavljanja zadatka te se također poboljšalo općenito razumijevanje socijalnih vještina nakon provedenih seansi (Mitchell, Parsons i Leonard, 2007). U drugom istraživanju sudjelovalo je petoro djece iz spektra autizma u dobi od 7 i 8 godina, a cilj istraživanja je bio utvrditi dali virtualno okruženje može utjecati na razvoj socijalnih kompetencija: prepoznavanje i izražavanje osjećaja, prepoznavanje neverbalnog ponašanja, kontakt očima te sposobnost slušanja drugih. Kao sustav virtualne stvarnosti koristio se CVLE-sustav socijalne interakcije koji koristi 3D tehnologiju za prikaz stvarnog okruženja na ekranu prijenosnog računala (Slika 18) . U ovom istraživanju sustav CVLE socijalne interakcije koristio se za prikaz dvaju okruženja: učionice i vanjskog prostora. Za kontrolu 3D animiranih ekspresivnih avatara koristila su se četiri gumba. Kontekst društvenih scenarija uključivao je razumijevanje verbalne i neverbalne komunikacije (npr. govor tijela u virtualnih likova) i društveno razumijevanje te izražavanje. Rezultati istraživanja su ukazali da je intervencija CVLE-sustavom bila učinkovita jer je došlo do poboljšanja socijalnih kompetencija kod svih sudionika ( Cheng i Ye, 2010).



Slika 18 CVLE-sustav

Od 2010. godine u istraživanjima se počinju koristiti naprednije VR tehnologije i različiti izlazni uređaji kako bi se omogućilo interaktivnije virtualno okruženje. Istraživanje koje se provodilo 2012. godine fokusiralo se na korištenje terapija baziranih na virtualnoj stvarnosti za jačanje socijalne kognicije (Virtual reality social cognition training – VR -SCT). Trening VR SCT razvijen je s ciljem da pruži realistične i dinamične mogućnosti te aktivira sudionika



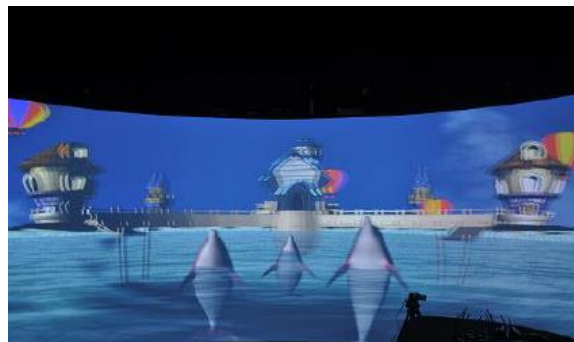
za sudjelovanje u različitim socijalnim scenarijima kao što je upoznavanje novih ljudi, donošenje odluka i itd. Ti su scenariji razvijeni tako da oponašaju društvene situacije iz stvarnog svijeta. U istraživanju je sudjelovalo 8 sudionika u dobi od 18 do 26 godina s dijagnozom s visokofunkcionirajućeg autizma – Asperger sindrom, a ukupno je provedeno 10 seansi tijekom razdoblja od 5 tjedana. Kao sustav virtualne stvarnosti korišten je trodimenzionalni softver virtualnog svijeta Second Life. U tom svijetu dostupne su različite prostorne lokacije (ured, restoran, škola, prodavaonica itd.). Avatari su predstavljali korisnike u virtualnom svijetu te su napravljeni nalik sudioniku koji njime upravlja. Uz avatara koji je predstavljao sudionika, bio je prisutan i avatar terapeuta. Od izlaznih uređaja koristila se standardna QWERTY tipkovnica i miš, a uz software Second Life koristio se i software MorphVox™ koji koristi terapeut jer daje mogućnost preoblikovanja svog glasa tako da odgovora liku avatara kojeg terapeut u virtualnom svijetu predstavlja. Performanse prije i nakon intervencije VR-SCT mjerne su u tri područja društvenih vještina i spoznaja: verbalno i neverbalno prepoznavanje emocija, teorija uma, i vještine razgovora. Rezultati su pokazali da je nakon provedenog treninga sustavom virtualne stvarnosti došlo do značajnih povećanja na socijalnom području i na području prepoznavanja emocija kod svih sudionika. Ovi nalazi sugeriraju da je platforma virtualne stvarnosti obećavajući alat za poboljšanje socijalnih vještina, spoznaja i funkcioniranja kod osoba s dijagnozom Asperger sindroma (Kandalaf, Didehbani, Krawczyk, Allen i Chapman, 2012).

Istraživanje provedeno na uzorku od 94 djece iz spektra autizma također je pokazalo pozitivne rezultate nakon provođenja terapije bazirane na virtualnoj stvarnosti na području socijalnih interakcija. Kao sustav virtualne stvarnosti korišten je CAVE (Cave Automatic Virtual Environment). Za potrebe istraživanja izrađeno šest jedinstvenih scenarija, od kojih se jedan se usredotočuje na kontrolu emocija i strategije opuštanja, četiri koje simuliraju različite društvene situacije, i jedna koja olakšava konsolidaciju i generalizaciju. Rezultati su pokazali da je trening od 28 seansi značajno poboljšao izražavanje emocija, regulaciju emocija i socijalnu interakciju (Horace i sur, 2017).

Na domeni komunikacije kod djece iz spektra autizma, istraživanje iz 2013. daje novi uvid kako se uz korištenje virtualne stvarnosti na jedan zabavan način može potaknuti razvoj neverbalne komunikacije korištenjem 3-D virtualnog dupinarija (Virtual Dolphinarium) koji predstavlja program koji omogućuje virtualnu interakciju s dupinima (Slika 19). Pomoću virtualne tehnologije stvara se virtualno okruženje koje simulira delfinsku lagunu. Cilj virtualnog dupinarija je da djeca s autizmom uče neverbalnu komunikaciju kroz interakciju i

igru s virtualnim dupinima imitirajući pri tom trenere dupina kako bi koristili različite gestikulacije i lakše komunicirali s njima. Virtualni dupinarij je dizajniran kao 3-D zaslon koji prikazuje slike projicirane iz 5 projektor koji su montirani na strop te se pri korištenju moraju nositi 3D naočale kako bi omogućio aktivni stereografski prikaz tijekom interaktivnog programa.

Autori su također koristili Microsoft Kinect senzor kako bi prepoznali gestikulacije za trening dupina i uspješno prenijeli pristup terapije dupina iz akvarija u virtualno okruženje. 15-ero djece starosti od 6 do 17 godina nasumce su odabrana iz skupine od 32 djece s dijagnozom autizma. Oni svi su prošli kroz stvarnu terapiju pomoćnika dupina u razdoblju od 2007. do 2011. Većina ih je pokazala određeni stupanj zanimanja za virtualne dupine u virtualnom scenariju i bili su voljni stupiti u interakciju s virtualnim dupinima prateći video tutorijale ruku i gestikulacije tijekom obuke dupina. Rezultati su pokazali da su djeca uspješno i entuzijastično ulazila u interakcije koristeći geste i neverbalnu komunikaciju s virtualnim dupinima te da su sposobna učiti unutar virtualnih okruženja (Cai i sur., 2013).



*Slika 19 Virtual Dolphinarium*

Razvojem tehnologije, nastali su manji i jeftiniji uređaji za reprodukciju virtualne stvarnosti kao što je već spomenuti HMD zaslon Oculus Rift. Sljedeće istraživanje se upravo zanimalo koliko su osobe iz spektra autizma spremne koristiti i prihvatiti Oculus Rift te jesu li u mogućnosti koristiti ga na smislen način. U istraživanju je sudjelovalo 29 sudionika s dijagnozom autizma te je prosječna dob bila 32 godine. Oprema koja se koristila uključivala je uz Oculus Rift HMD zaslon, Xbox 360 TM kontroler, slušalice te prijenosno računalo (Slika 20).



*Slika 20 Oprema korištena u istraživanju Newbutta i sur (2016). Brojevima od 1 do 4 redom su označeni: 1 – prijenosno računalo, 2 – slušalice, 3 - Xbox 360 TM kontroler, 4 – Oculus Rift HMD naočale*

Istraživanje se provodilo u dvije faze u kojima su se sudionicima prikazivala različita virtualna okruženja: virtualno kino (cilj navedenog virtualnog okruženja je bio jednostavno predstaviti sudioniku tehnologiju), virtualni kafić (cilj navedenog virtualnog okruženja bio je uroniti sudionika u simulirano društveno okruženje), virtualni safari (cilj navedenog virtualnog okruženja bio je uključiti sudionika u pokretnu i vrlo poticajnu scenu), misija Apollo 11 (cilj navedenog virtualnog okruženja bio je uroniti sudionika u zanimljivo i edukativno iskustvo na duži period), Toskanska kuća (cilj navedenog virtualnog okruženja bio je omogućiti sudioniku da doživi vrlo realističnu scenu s dodatnom mogućnošću navigacije) (Slika 21).



*Slika 21 Virtualna okruženja: Toskanska kuća i misija Apollo 11*

Rezultati su pokazali da je svih 29 sudionika bilo spremno nositi Oculus Rift HMD zaslon te da su bili voljni dovršiti sve zadatke u zadanim virtualnim okruženjima. Većina sudionika je

izvijestila da im je sudjelovanje u virtualnim okruženjima bilo jako ugodno iskustvo te da bi ponovno željeli koristiti HMD zaslon (Newbutt i sur., 2016).

Nekoliko istraživanja usmjereno je na korištenje virtualne stvarnosti u podučavanju osoba iz spektra autizma adaptivnim vještinama. Jedno takvo novije istraživanje koje su proveli Saiano i sur. (2015) bilo je usmjereno na učinkovitost virtualnih okruženja u podučavanju vještina potrebnih za snalaženje u prometu, poput praćenja staze sa znakovima i prijelaza ulica. U istraživanju je sudjelovalo 7 muškaraca iz spektra autizma, a dob je bila od 19 do 44 godine. Virtualno okruženje temeljilo se na platformi otvorene virtualne stvarnosti koju omogućava program NeuroVR, a za snimanje pokreta sudionika koristio se Microsoft Kinect. Virtualno okruženje je bila realna gradska okolina uključujući zgrade, pločnike, ulice i trgove (Slika 22), a projicirala se video projektorom na zaslon koji je prikazivao realnu gradsku okolinu. Od sudionika se tražilo da stoje ispred zaslona, na udaljenosti od približno 2 m i izvršavaju zadane rute sljedeći strelice i znakove. Tijekom provođenja intervencije kod sudionika se znatno poboljšalo snalaženje u prostoru, ali se nisu značajno smanjile greške pri prijelazu ulice. Međutim roditelji i skrbnici izvijestili su o značajnom poboljšanju pri prelasku ulice u stvarnim situacijama (Saiano i sur., 2015).



*Slika 22 Izgled virtualnog okruženja gradske ulice*

Osim usmjeravanja istraživanja na područje socijalnih vještina, komunikacije te adaptivnih vještina, istraživanje koje su proveli Maskey i sur. (2019) usmjerilo se na područje specifičnih fobija kod djece iz spektra autizma budući da je utvrđena prevalencija specifičnih fobija kod te populacije u rasponu od 30 do 64% (Leyfer i sur., 2006), za razliku od djece tipičnog razvoja gdje je utvrđena prevalencija od 5 do 18% (Ollendick, King i Muris, 2002). U istraživanju je sudjelovalo 32 djece iz spektra autizma, dobi od 8 do 14 godina. Svi sudionici su imali utvrđene specifične fobije. Kao sustav virtualne stvarnosti koristila se Plava soba (Blue room) u kojoj se pomoću interaktivnih računalno generiranih audio vizualnih slika virtualna okruženja projiciraju na zidove i stropove u rasponu od 360 stupnjeva (Slika 23).

Terapija bazirana na virtualnoj stvarnosti se kombinirala sa kognitivnom bihevioralnom terapijom. Virtualna okruženja su prikazivala za svakog sudionika posebno njegove izvore fobija, intenzitet tih virtualnih okruženja je postepeno rastao, a sudionik se zajedno s terapeutom učio nositi s izvorima stresa te s anksioznosti.



Slika 23 „Plava soba“

Rezultati su pokazali statistički značajna poboljšanja u promatranim ponašanjima te se kombinacija terapije bazirane na virtualnoj stvarnosti i kognitivne bihevioralne terapije pokazala uspješnom jer je 38% djece pokazivalo pozitivne utjecaje 6 mjeseci nakon provedene terapije (Maskey i sur., 2019). U tablici 2. prikazan je kratki pregled opisanih istraživanja poredanih prema kronološkom slijedu.

Tablica 2 Kratki pregled opisanih istraživanja

Autori istraživanja	Sudionici	Sustav virtualne stvarnosti / ulazno-izlazni uređaji	Rezultati
Strickland, Marcus, Mesibov i Hogan, 1996	Dječak 9 godina i djevojčica 7 godina i 6 mjeseci iz spektra autizma	HMD zaslon	Djeca iz spektra autizma mogu prihvatiti i odgovoriti na virtualan scenarij na smislen način
Parsons, Mitchell i Leonard, 2004	36 djece od čega 12 djece iz spektra autizma u dobi od 13 do 18 godina	Superscape VRT program / ekran prijenosnog računalo i USB joystick	Djeca iz spektra autizma su nakon samo nekoliko seansi uspješno naučila koristiti opremu te je ujedno zabilježen značajan napredak u izvedbi u virtualnom okruženju, također je utvrđeno da je većina (10/12) sudionika mogla interpretirati virtualno okruženje kao reprezentativno radije nego doslovno
Parsons, Mitchell i Leonard, 2005	34 djece u dobi od 13 do 18 godina, od čega je 12 djece iz spektra autizma (10 dječaka i 2	Superscape VRT program / ekran prijenosnog računala, USB	Sudionici pokazali dobro razumijevanje socijalnih konvencija učeći o njima kroz virtualno okruženje, većina sudionika iz

	djevojčice)	joystick i miš	spektra autizma obavila je zadatke slično usporednim grupama bez autista. Sudionici iz spektra autizma pokazali ograničeno razumijevanje virtualnog okruženja pa su autori istraživanja upozorili da virtualna okruženja nisu pogodna za sve osobe s autizmom
Moore, Cheng, McGrath i Powell, 2005	34 djece iz spektra autizma u dobi od 7 do 16 godina	Sustav za prikaz avatara / ekran računala i miš	Većina sudionika (30 od 34) je mogla koristiti avatare i razumjeti i prepoznati emocije na odgovarajući način
Mitchell, Parsons i Leonard, 2007	Sedmero adolescenata s dijagnozom iz spektra autizma u dobi od 14 do 16 godina	Superscape VRT program i Visualiser software / ekran prijenosnog računala, joystick i miš	Pomoću virtualnog okruženja koje reproducira "virtualni kafić" za podučavanje socijalnih vještina poboljšala se brzina izvršavanja socijalnih zadataka u virtualnom okruženju nakon ponavljanja zadatka te se također poboljšalo općenito razumijevanje socijalnih vještina nakon provedenih seansi
Cheng i Ye, 2010	Troje djece iz spektra autizma u dobi od 7 i 8 godina	CVLE-sustav socijalne interakcije / ekran prijenosnog računala, 4 gumba za interakciju	Poboljšanje socijalnih kompetencija kod svih sudionika
Kandalaft, Didehbani, Krawczyk, Allen i Chapman, 2012	8 sudionika u dobi od 18 do 26 godina s dijagnozom s visokofunkcionirajućeg autizma – Asperger sindrom	Trodimenzionalni softver virtualnog svijeta Second Life i softver MorphVoxTM / QWERTY tipkovnica i miš	Značajna povećanja na socijalnom području i na području prepoznavanja emocija kod svih sudionika
Cai i sur., 2013	15 djece iz spektra autizma	3-D virtualni dupinarij (Virtual Dolphinarium)	Djeca su uspješno i entuzijastično ulazila u interakcije koristeći geste i neverbalnu komunikaciju s virtualnim dupinima te su sposobna učiti unutar virtualnih okruženja
Saiano i sur., 2015	7 muškaraca iz spektra autizma, dobi od 19 do 44 godine	NeuroVR i Microsoft Kinect / video projektor	Poboljšano snalaženje u prostoru
Newbutt i sur., 2016	29 sudionika s dijagnozom autizma prosječna dobi 32 godine	Oculus Rift HMD zaslon / Xbox 360 TM kontroler, slušalice i prijenosno računalo	Svih 29 sudionika bilo je spremno nositi Oculus Rift HMD zaslon te su bili voljni dovršiti sve zadatke u zadanim virtualnim okruženjima.
Horace i sur, 2017	94 djece iz spektra autizma	CAVE (Cave Automatic Virtual	Poboljšanje u izražavanju emocija, regulaciji emocija i socijalnoj

		Environment) i Microsoft Kinect senzor	interakciji
Maskey i sur., 2019	32 djece iz spektra autizma, dobi od 8 do 14 godina	Plava soba (Blue room)	Statistički značajna poboljšanja u promatranim ponašanjima vezanima za specifične fobije

Rezultati pregledanih istraživanja pokazuju da tehnologije virtualne stvarnosti imaju velik potencijal za korištenje u radu s osobama iz spektra autizma jer pružaju sigurno okruženje u kojem je moguće doziranje stimulansa. Vidljivi su pozitivni rezultati na području poticanja razvoja socijalnih vještina, komunikacije te adaptivnih vještina. Naravno treba naglasiti da još uvijek nedostaje istraživanja s većim brojem sudionika koja bi dodatno mogla potvrditi značajnost korištenja ove tehnologije te se ističe potreba za kreiranjem prilagođenih virtualnih okruženja. Ostaju mnoga pitanja vezana uz specifičan utjecaj sustava na učenje te koji specifični mehanizmi će možda trebati prilagodbu kako bi se optimizirala učinkovita virtualna tehnologija za ovu populaciju.

## 6.2. PREGLED ISTRAŽIVANJA O PRIMJENI VIRTUALNE STVARNOSTI KOD OSOBA S CEREBRALNOM PARALIZOM

Virtualna stvarnost postaje sve zanimljiviji modalitet rehabilitacije za osobe s cerebralnom paralizom prije svega jer olakšava istraživanje složenih okruženja koja bi inače ovoj populaciji bila nedostupna zbog ograničenja u mobilnosti. Također sve veći broj istraživanja navodi da implementacija virtualne stvarnosti kod djece s cerebralnom paralizom pozitivno utječe na reorganizaciju mozga, plastičnost, motorički kapacitet, vještine vizualnog opažanja te društveno sudjelovanje (Snider, Majnemer i Darsaklis, 2010). Korištenje virtualnog sustava kao rehabilitacijskog pristupa u djece s cerebralnom paralizom pokazalo se još učinkovitijim nego kod djece iz spektra autizma i djece s dijagnozom ADHD-a (Parsons, Rizzo, Rogers i York, 2009).

Prema teorijama motoričkog učenja i motoričke kontrole rehabilitacija djece s cerebralnom paralizom mora se temeljiti na motivaciji, ponavljanju te svrsishodnom i ciljano usmjerenom treningu vještina (Gunel, Kara, Ozal i Turker, 2014), a upravo terapije bazirane na virtualnoj stvarnosti uključuju osnovna načela teorije motoričkog učenja omogućujući korisniku da kontinuirano vidi kretanje u virtualnom okruženju iz zaslona računala

(Lotze, Braun, Birbaumer, Anders i Cohen, 2003). Zbog prethodno navedenog većina objavljenih istraživanja opisuju učinkovitost različitih sustava virtualne stvarnosti u poboljšanju motoričkih funkcija kod djece s cerebralnom paralizom. Kao potencijali koji sustavi virtualne stvarnosti nude na području rehabilitacije motoričkih funkcija navode se: osiguravanje dodatne motivacije kod sudionika te tako omogućavanje većeg intenziteta i duljeg trajanja vježbanja motoričkih vještina, osiguravanje poboljšane stimulacije putem virtualnog okruženja i osiguravanje detaljnih informacija sudioniku, omogućavanje stručnjacima da kontroliraju i ponavljaju učenje vještina (Weiss, Rand, Katz i Kizony, 2004; Rizzo i Kim, 2005 prema Galvin i Levac, 2011).

U prvom dijelu pregleda istraživanja bit će prikazani rezultati istraživanja koja su koristila niskobudžetne komercijalno dostupne sustave virtualne stvarnosti u radu s osobama s cerebralnom paralizom. Predmet istraživanja Winkelsa i sur. (2013) bio je utjecaj terapije bazirane na virtualnoj stvarnosti funkcije gornjih ekstremiteta kod djece s cerebralnom paralizom pomoću konzole Nintendo Wii koja koristi tehnologiju osjetljivosti kretanja te omogućuje percipiranje brzine i orijentacije s ručnim daljinskim upravljačem. U istraživanju je sudjelovalo 15-ero djece u dobi od 6 do 15 godina, 14-ero djece s dijagnozom spastične cerebralne paralize od čega je osmero djece s bilateralnim, a šestero djece s unilateralnim tipom. Jedno dijete je imalo ataksičnu cerebralnu paralizom. Na skalimotoričkih funkcija grube motorike (Gross Motor Function Classification Scale - GMFCS), 11-ero djece je bilo na prvom stupnju, a četvero djece na trećem stupnju. Virtualnookruženje su predstavljale Wii sportske igre boksa i tenisa na konzoli Nintendo Wii. Djeca su igrala boks i tenis svaku seansu, držeći kontroler u slabijoj ruci su ovisno o mogućnostima pri tome sjedila ili stajala na nogama. Uz djecu su svaku seansu bili fizioterapeuti koji su pružali vođenu i verbalnu podršku. Rezultati su pokazali da nije došlo do statistički značajne promjene u kvaliteti pokreta gornjih ekstremiteta, ali se značajno povećalo korištenje gornjih ekstremiteta tijekom obavljanja svakodnevnih aktivnosti (Winkels, Kottink, Temmink, Nijlant i Buurke, 2013). Godinu nakon, provedeno je istraživanje koje je kao i prethodno navedeno kao sustav virtualne stvarnosti koristilo konzolu Nintendo Wii (Slika 24) te je također bilo usmjereno na utjecaj sustava virtualne stvarnosti na gornje ekstremitete kod djece s cerebralnom paralizom. U istraživanju je sudjelovalo 62 djece, prosječne dobi 9 godina i 5 mjeseci. Na skali manualnih sposobnosti (Manual Ability Classification System – MACS), 42 djece je bilo na prvom, drugom i trećem stupnju, a 20-ero djece je bilo na četvrtom i petom stupnju. Na skali motoričkih funkcija grube motorike (Gross Motor Function Classification Scale - GMFCS) 52



djece je bilo na prvom i drugom stupnju, a 10-ero djece je bilo na četvrtom i petom stupnju. Djeca su bila podijeljena u kontrolnu i eksperimentalnu grupu. Kontrolna grupa je sudjelovala u uobičajenim konvencionalnim terapijama, a eksperimentalna uz konvencionalne terapije je sudjelovala i u terapijama baziranim na virtualnoj stvarnosti. Program koji se koristio na konzolama Nintendo Wii je bio Wii Sports Resort u kojem su djeca uz pomoć terapeuta igrala četiri Wii Sport igre- kuglanje, zračni sportovi, frizbi i košarka.



*Slika 24 Konzola Nintendo Wii*

Istraživanje je pokazalo da nisu utvrđene razlike između kontrolne i eksperimentalne grupe na području koordinacije i funkcija gornjih ekstremiteta, ali je na temelju procjene njegovatelja utvrđeno da je u eksperimentalnoj grupi tijekom 6 tjedana sudjelovanja u terapiji baziranoj na virtualnoj stvarnosti i 6 tjedana nakon terapije došlo do poboljšanja snage stiska ruku te većeg korištenja funkcija ruku u odnosu na kontrolnu skupinu (Chiu, Ada i Lee, 2014). Konzolu Nintendo Wii su koristili u istraživanju i Gordon i sur. (2012) kako bi ustanovili prihvatljivost treninga navedenim sustavom te utjecaj na funkcije grube motorike kod djece s cerebralnom paralizom. U istraživanju je sudjelovalo sedmero djece s dijagnozom cerebralne paralize u dobi od 6 do 12 godina. S obzirom na zahvaćenost ekstremiteta, 3 sudionika su imala diplegiju, 2 sudionika hemiplegiju te 2 sudionika kvadriplegiju. Kao i u prethodnom istraživanju sudionici su igrali Wii Sports igre. Sudionici koji su bili ovisni o invalidskim kolicima trenirali su sjedeći na stolicama, a za one sudionike koji su imali slab ili nefunkcionalan zahvat, korišten je zavoj kako bi se osiguralo držanje Wii upravljača u ruci. Rezultati su pokazali da je došlo do ukupne promjene u izvedbi sudionika na GMFM-u skali (Gross Motor Function Measure) nakon razdoblja obuke od 6 tjedana. GMFM skala mjerila je rezultate na 5 dimenzija, a to su: ležanje i valjanje, puzanje i klečanje, sjedenje, stajanje te hodanje, trčanje i skakanje. Prosječni GMFM rezultat porastao je s 62,83 (SD - 24,86) na 70,17 (SD - 23,67). Najmanje promjene su ustanovljene na dimenziji ležanje i valjanje, a najviše na dimenziji

puzanje i klečanje (Gordon, Roopchand-Martin, Gregg, 2012). Rezultati u prethodno navedenim istraživanjima nas upućuju na zaključak da korištenje konzole Nintendo Wii ima osnovan potencijal za korištenje u radu s djecom s cerebralnom paralizom uz potrebne prilagodbe s obzirom na mogućnosti i sposobnosti djeteta.

Osim Nintendo konzole često se u istraživanjima s djecom s cerebralnom paralizom kao sustav virtualne stvarnosti koristila i PlayStation konzola. Istraživanje koje su proveli Huber i sur. (2010) usmjerilo se upravo na korištenje PlayStation konzole za unapređenje funkcija ruku kod djece s cerebralnom paralizom. Uz navedenu PlayStation konzolu, koristili su još miš, tipkovnicu, ekran i ultra senzornu rukavicu ( Fifth Dimension Technologies (5DT) 5 Ultra sensing glove) koja se koristila za mjerenje ekstenzije i fleksije svakog prsta (Slika 25).



*Slika 25 Oprema koja se koristila u istraživanju Hubera i sur. (2010)*

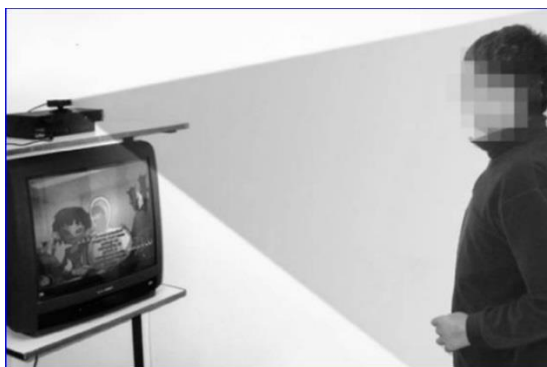
U istraživanju je sudjelovalo troje adolescenata s umjerenom do jakim hemiplegičnom cerebralnom paralizom (dva dječaka, jedna djevojčica), starosti od 13 do 15 godina. Svi sudionici su imali poteškoće u otvaranju i zatvaranju plegične ruke te teškoće s uzimanjem i manipulacijom predmeta. Tijekom terapije sudionici su nosili ultra senzorne rukavice te igrali igre u 3D virtualnom okruženju. Igre su posebno dizajnirane da odgovaraju mogućnostima sudionika te da potaknu domet i brzinu pokreta prstiju (Slika 26).



*Slika 26 Igra „Virtualni leptiri“ koja se koristila u istraživanju Hubera i sur. (2010). Cilj igre je bio da sudionik pravilnim pokretima ekstenzije i fleksije prstiju uspije „preplašiti“ virtualne leptire da „odlete“ s ekrana.*

Rezultati su pokazali značajna poboljšanja u opsegu pokreta prstiju te napredak u korištenju ruku u svakodnevnim aktivnostima. Sudionici su istaknuli da im se sviđa jednostavnost upotrebe sustava, jasnoća uputa i duljina vježbanja (Huber i sur., 2010). Uz ovo istraživanje koje pokazuje pozitivne rezultate korištenja konzole PlayStation, do pozitivnih rezultata su došla i prethodna istraživanja koja su proveli Chen i sur.(2007) te Jannink i sur.(2008) uključivši uz konzolu PlayStation i sustav Sony EyeToy. Navedeni sustav predstavlja web kameru u boji s posebnim softverom za praćenje pokreta koji omogućuje igračima interakciju s igrama pomoću pokreta, detekciju boja, a također i zvuka, putem ugrađenog mikrofona (Fandom, 2019). U istraživanju koje su proveli Chen i sur. (2007) sudjelovalo je četvero djece s dijagnozom spastične cerebralne paralize prosječne dobi 6 godina i 3 mjeseca, a cilj je bio utvrditi djelovanje sustava virtualne stvarnosti na vještine dosezanja predmeta. Sudionici su igrali 8 igara u različitim virtualnim okruženjima u kojima se tražilo da što brže dođu do virtualnih objekata koji su se pojavljivali na ekranu iz različitih smjerova, igre se odabrane da omoguće djeci da izvode ciljane dosege u svim smjerovima, a sve uz prisutan osjećaj zabave. Utvrđeno je da su se rezultati na PDMS-2 poboljšali (Peabody Developmental Motor Scales–Second Edition) u domeni vizualno-motorička koordinacija i grabljenje. Kvaliteta pokreta dosezanja se poboljšala nakon 4 tjedna provođenja terapije bazirane na virtualnoj stvarnosti (Chen i sur., 2007).

Istraživanje Janninka i sur.(2008) uključivalo je 12-ero djece s cerebralnom paralizom, dobi od 7 do 16 godina. Željeli su utvrditi kakvo je zadovoljstvo sudionika sustavom EyeToy (Slika 27) i utvrditi utjecaj tretmana sustavom virtualne stvarnosti na funkcije gornjih ekstremiteta. Izabrane su igre u kojima su bili potrebni pokreti ramena i laktova kako bi se manipuliralo virtualnim objektima projiciranim na ekranu.



*Slika 27 Dijete s cerebralnom paralizom u tretmanu EyeToy sustavom*

Rezultati su pokazali visoko zadovoljstvo sudjelovanjem u tretmanu sustavom EyeToy te je Melbourne procjenom (The Melbourne Assessment of Unilateral Upper Limb Function) koja mjeri 16 područja koja uključuju hvatanje, dosezanje, grabljenje, manipulaciju i zahvaćenost gornjih ekstremiteta, utvrđeno da su se rezultati dvoje djece u tretiranoj skupini povećali od 9% do 13% (Jannink i sur., 2008).

Iako istraživanja provedena s niskobudžetnim sustavima virtualne stvarnosti pokazuju dobre rezultate na području samog zadovoljstva i angažmana sudionika tijekom korištenja ove tehnologije, ipak treba uzeti u obzir da su ovi sustavi namijenjeni tipičnoj populaciji te da osobe s cerebralnom paralizom mogu imati poteškoće u upravljanu kontrolama npr. teškoće u držanju Nintendo Wii upravljača ili teškoće u završavanju zadataka u igrama zbog sporije motoričke izvedbe u odnosu na tipičnu populaciju, teškoće u percepciji virtualnih objekata zbog problema s vidom itd. Sva navedena ograničenja mogu osobe s cerebralnom paralizom dovesti do osjećaja neuspjeha i sniženog samopoštovanja. Burdea i sur. (2011) navode da su za intervencije bazirane na sustavima virtualne stvarnosti koje su usmjerene na djecu s cerebralnom paralizom nužne igre koje se mogu automatski prilagoditi ograničenim sposobnostima i koja mogu pružiti ponavljanja koja su potrebna kako bi došlo do neuralne reorganizacije. Kako bi se izbjegle otežane okolnosti manipuliranja opremom i virtualnim okruženjima brojna istraživanja usmjerila su se na korištenje posebnih visokobudžetnih prilagođenih sustava virtualne stvarnosti u radu s osobama s dijagnozom cerebralne paralize.

Sustav virtualne stvarnosti koji se često koristio u istraživanjima s djecom s cerebralnom paralizom je IREX (Immersive Rehabilitation Exercise) sustav koji koristi kameru povezanu s računalom te posebnom video tehnologiju omogućava smještaj cijelog tijela pacijenta u virtualno okruženje (Slika 28). Poseban je jer zadrži zadatke za vježbanje motorike gornjih i

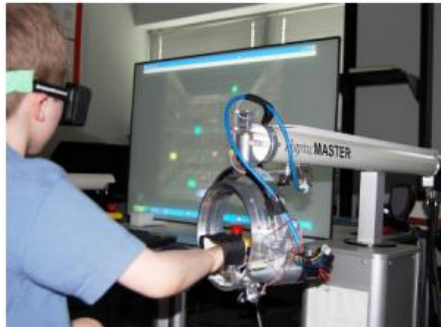
donjih ekstremiteta te omogućava stručnjaku da odredi i izmjeri raspon pokreta, učestalost uspješnih vježbi i broj izvedenih ponavljanja ( Gesturetek health, 2016).



Slika 28 Pacijent tijekom korištenja sustava IREX

Navedeni sustav koristili su Bryanton i sur.(2006) u istraživanju u kojem je bilo uključeno 10-ero djece s cerebralnom paralizom od kojih je dvoje sa spastičnom diplegijom, a 8-ero sa spastičnom hemiplegijom. Dob sudionika je bila od 7 do 17 godina te su svi na GMFCS skali bili na prvom i drugom stupnju. Cilj je bio usporediti kakav je nivo zadovoljstva i interesa kod djece i roditelja u terapijama virtualnom stvarnosti u usporedbi s konvencionalnim terapijama. Sudionici su bili u interakciji s različitim virtualnim objektima kroz različite igre. Rezultati su pokazali da su sva djeca imala viši nivo zadovoljstva te su se više bavljali u terapijama baziranim na virtualnoj stvarnosti u odnosu na konvencionalne terapije te su roditelji izvijestili da bi radije kod kuće koristili treninge virtualnom stvarnosti nego konvencionalne. Također utvrđeno je analizom pokreta zglobova u zadanim vježbama, da djeca generiraju veći raspon dorzifleksije gležnja, pokazuju bolju kontrolu aktivnog gležnja kada se ista vježba radi u virtualnom okruženju u odnosu na stvarna okruženja ( Bryanton i sur., 2006). Istraživanje Brien i Sveistrup (2011) usmjerilo se na utjecaj intervencije virtualnom stvarnosti putem sustava IREX na funkcije ravnoteže i mobilnosti kod četvero adolescenata s cerebralnom paralizom. Dob sudionika je bila od 13 do 18 godina te je troje sudionika imalo spastičnu diplegiju, a jedan sudionik koreoatetozu. Putem IREX sustava osigurana su različita virtualna okruženja u kojima su sudionici igrali igre kao što su nogomet i snowboard. Pri tome su odabrane one igre koje su usmjerene na održavanje ravnoteže, prenošenje težine, stajanje na jednoj nozi itd. Rezultati na skalama CBMS (Community Balance and Mobility Scale) i 6MWT (Six-Minute Walk Test) pokazala su statistički značajna poboljšanja (Brien i Sveistrup, 2011). Uz visokobudžetne sustave kao što je IREX u posljednje vrijeme istraživanja su usmjerena na potencijal kombiniranja sustava virtualne stvarnosti s robotskim asistivnim terapijama. Istraživanje Qiu i sur.(2010) koristilo je NJIT-RAVRS (New Jersey Institute of Technology Robot-Assisted Virtual Rehabilitation) sustav koji uspješno kombinira asistivnu

robotiku s virtualnim okruženjima, a s ciljem rehabilitacije gornjih ekstremiteta kod djece s cerebralnom paralizom. Ovaj sustav se sastoji od Haptic Master robota i stereoskopskih naočala koji omogućuju interakciju korisnika s virtualnim okruženjem kroz korisnikovu kontrolu robota (Slika 29).



*Slika 29 Korisnik u interakciji sa NJIT-RAVRS sustavom*

U istraživanju je sudjelovalo 8-ero djece s cerebralnom paralizom u dobi od 5 do 16 godina, djeca su podijeljena u dvije skupine. S prvom skupinom je u razdoblju od 3 tjedna provedena terapija NJIT-RAVRS sustavom, a s drugom skupinom je uz terapiju NJIT-RAVRS sustavom provedena i CIMT terapija. Djeci je prezentirano ukupno 5 različitih virtualnih okruženja u kojem su izvodili različite zadatke koji su kreirani s ciljem poboljšavanja brzine i preciznosti pokreta ramena i laktova, poboljšavanja brzine i preciznosti pokreta ruku, poticanja treniranja antigravitacijskih pokreta ruku medijalno i lateralno, poboljšavanja pokreta supinacije podlaktice, poticanja pokreta fleksije i ekstenzije lakta te pronacije i supinacije ruku. Rezultati su pokazali da su djeca bez ikakvih teškoća koristila NJIT-RAVRS sustav te su obje grupe sudionika pokazala poboljšanja u funkcijama gornjih ekstremiteta tijekom razdoblja provođenja terapije. Skupina koja je sudjelovala samo u terapiji NJIT-RAVRS sustav imala je prosječan porast rezultata od 5%, a skupina koja je uz terapiju NJIT-RAVRS sustavom sudjelovala i u CIMT terapiji imala je prosječan porast rezultata od ukupno 13,2% (Qiu, Fluet, Saleh, Ramirez i Adamovich, 2010). U tablici 3 prikazan je kratki pregled opisanih istraživanja poredanih prema kronološkom slijedu.

Tablica 3 Pregled opisanih istraživanja

Autori istraživanja	Sudionici	Sustav virtualne stvarnosti / ulazno-izlazni uređaji	Rezultati
Bryanton i sur., 2006	10-ero djece s cerebralnom paralizom. Dob sudionika je bila od 7 do 17 godina	IREX (Immersive Rehabilitation Exercise) sustav	Djeca imala viši nivo zadovoljstva te su se više zabavljali u terapijama baziranim na virtualnoj stvarnosti u odnosu na konvencionalne terapije te su roditelji izvijestili da bi radije kod kuće koristili treninge virtualnom stvarnosti nego konvencionalne. Djeca generiraju veći raspon dorzifleksije gležnja, pokazuju bolju kontrolu aktivnog gležnja kada se ista vježba radi u virtualnom okruženju u odnosu na stvarna okruženja
Chen i sur., 2007	Četvero djece s dijagnozom spastične cerebralne paralize prosječne dobi 6 godina i 3 mjeseca	Eye Toy sustav, računalo / uređaj za praćenje, monitor i senzorna rukavica(5 Digital Data Glove)	Utvrđeno je da su se rezultati na PDMS-2 poboljšali ( Peabody Developmental Motor Scales– Second Edition) u domeni vizualno-motorička koordinacija i grabljenje. Kvaliteta pokreta doseganja se poboljšala nakon 4 tjedna provođenja terapije bazirane na virtualnoj stvarnosti
Jannink i sur., 2008	12-ero djece s cerebralnom paralizom, dobi od 7 do 16 godina	Eye Toy sustav	Melbourne procjenom (The Melbourne Assessment of Unilateral Upper Limb Function) koja mjeri 16 područja koja uključuju hvatanje, doseganje, grabljenje, manipulaciju i zahvaćenost gornjih ekstremiteta, utvrđeno da su se rezultati dvoje djece u tretiranoj skupini povećali od 9% do 13% te je također utvrđeno visoko zadovoljstvo sudjelovanjem u tretmanu
Qiu, Fluett, Saleh, Ramirez i Adamovich, 2010	8-ero djece s cerebralnom paralizom u dobi od 5 do 16 godina	NJIT-RAVRS (New Jersey Institute of Technology Robot-Assisted Virtual Rehabilitation) sustav	Djeca bez ikakvih teškoća koristila sustav NJIT-RAVRS Poboljšanja u funkcijama gornjih ekstremiteta tijekom razdoblja provođenja terapije
Huber i sur., 2010	Troje adolescenata s umjerenom do jakom hemiplegičnom	PlayStation konzola / miš, tipkovnica, ekran i	Značajna poboljšanja u opsegu pokreta prstiju te napredak u korištenju ruku u svakodnevnim

	cerebralnom paralizom (dva dječaka, jedna djevojčica), starosti od 13 do 15 godina	ultra senzorna rukavica ( Fifth Dimension Technologies (5DT) 5 Ultra sensing glove)	aktivnostima
Brien i Svestrup, 2011	Četvero adolescenata s cerebralnom paralizom. Dob sudionika je bila od 13 do 18 godina	IREX (Immersive Rehabilitation Exercise) sustav	Rezultati na skalama CBMS (Community Balance and Mobility Scale) i 6MWT (Six-Minute Walk Test) pokazala su statistički značajna poboljšanja
Gordon, Roopchand-Martin, Gregg, 2012	sedmero djece s dijagnozom cerebralne paralize u dobi od 6 do 12 godina	Nintendo Wii	Promjene u izvedbi sudionika na GMFM-u skali. Prosječni GMFM rezultat porastao je s 62,83 (SD - 24,86) na 70,17 (SD - 23,67).
Winkels, Kottink, Temmink, Nijlant i Buurke, 2013	15-ero djece s CP u dobi od 6 do 15 godina	Nintendo Wii	Nije došlo do statistički značajne promjene u kvaliteti pokreta gornjih ekstremiteta, ali se značajno povećalo korištenje gornjih ekstremiteta tijekom obavljanja svakodnevnih aktivnost
Chiu, Ada i Lee, 2014	62 djece s CP, prosječne dobi 9 godina i 5 mjeseci	Nintendo Wii	Nisu utvrđene razlike između kontrolne (sudjelovanje isključivo u konvencionalnim terapijama) i eksperimentalne (sudjelovanje u konvencionalnim terapijama i terapijama baziranim na virtualnoj stvarnosti) grupe na području koordinacije i funkcija gornjih ekstremiteta, ali je na temelju procjene njegovatelja utvrđeno da je u eksperimentalnoj grupi tijekom 6 tjedana sudjelovanja u terapiji baziranoj na virtualnoj stvarnosti i 6 tjedana nakon terapije došlo do poboljšanja snage stiska ruku te većeg korištenja funkcija ruku u odnosu na kontrolnu skupinu

S obzirom na usmjerenost istraživanja na određenu skupinu ekstremiteta, više je istraživanja usmjereno na rehabilitaciju funkcija gornjih ekstremiteta u odnosu na donje ekstremitete. U istraživanjima usmjerenima na rehabilitaciju funkcija gornjih ekstremiteta koristili su se različiti niskobudžetni i visokobudžetni sustavi virtualne stvarnosti za razliku od istraživanja usmjerenih na rehabilitaciju funkcija donjih ekstremiteta u kojima su se više koristile kombinacije robotske asistivne tehnologije s virtualnom. Pregledom istraživanja vidljiv je pozitivan utjecaj sustava virtualne stvarnosti u rehabilitaciji djece s cerebralnom paralizom,



rezultati nam pokazuju da se nakon sudjelovanja u rehabilitaciji virtualnom stvarnosti značajno povećava korištenje gornjih ekstremiteta u svakodnevnom životu, također poboljšava se snaga stiska ruku i opseg pokreta prstiju, vizualno-motorička koordinacija, pokretljivost zglobova itd. Bitno je naglasiti da je u istraživanjima prepoznato da su sustavi virtualne stvarnosti djeci s cerebralnom paralizom zanimljivi te da pokazuju veću motivaciju za terapije temeljene na virtualnoj stvarnosti u odnosu na konvencionalne terapije. Međutim treba naglasiti da je većina istraživanja provedena s djecom koja se nalaze na prvom i drugom stupnju GMFCS skale te bi se daljnja istraživanja trebala usmjeriti na korisnost sustava virtualne stvarnosti kod djece s cerebralnom paralizom koja imaju veća ograničenja u funkcijama grube motorike tj. na djecu koja se nalaze na četvrtom i petom stupnju GMFCS skale. Također treba naglasiti da je većina istraživanja provedena na malom uzorku ispitanika te su stoga zasigurno potrebna istraživanja na većim uzorcima ispitanika kako bi se svi utvrđeni rezultati mogli generalizirati na populaciju osoba s cerebralnom paralizom. Tehnologija virtualne stvarnosti na području rada s osobama s cerebralnom paralizom već je zauzela svoje mjesto na području neurorehabilitacije, a ako se nastavi s razvojem sustava virtualne stvarnosti koji će biti prilagođeni potrebama ove populacije, terapije bazirane na virtualnoj stvarnosti imaju potencijal postati jednom od najefikasnijih terapija za rehabilitaciju osoba s cerebralnom paralizom.

### 6.3. PREGLED ISTRAŽIVANJA O PRIMJENI VIRTUALNE STVARNOSTI KOD OSOBA KOJE SU PREŽIVJELE MOŽDANI UDAR

Moždani udar predstavlja jedan od vodećih uzroka smrti i invalidnosti u svijetu u toj mjeri da se sve češće opisuje kao svjetska epidemija (Feign, 2014, Go, 2014 prema Laver, 2015). Posljedice moždanog udara su psihičke, fizičke i emocionalne, stoga je proces rehabilitacije kompleksan te zahtjeva rad multidisciplinarnog tima stručnjaka. Iako konvencionalni rehabilitacijski pristupi pomažu oporavku motoričkih funkcija, u posljednje vrijeme sve se više naglašavaju nedostaci tih metoda u usporedbi s upotrebom terapija baziranih na virtualnoj stvarnosti koje nalaze svoje mjesto u neurorehabilitaciji pacijenata koji su preživjeli moždani udar. Kao nedostaci konvencionalnih terapija navode se: dugotrajnost procesa, intenzivan rad koji ovisi puno o usklađenosti pacijenta s procesom, ograničena dostupnost usluga u različitim geografskim sredinama, potreba za prijevozom do zdravstvenih ustanova, umjereni i odgođeni učinci kod određenih pacijenata te veliki troškovi nakon početne faze

liječenja (Saposnik i Levin, 2011). Terapije bazirane na virtualnoj stvarnosti primjenjuju koncepte koji se temelje na sposobnosti plasticiteta mozga omogućavajući interakcijom u virtualnom okruženju ponavljanje, održavanje intenziteta i trening ekstremiteta te tako omogućuju poboljšanje motoričkih funkcija nakon moždanog udara (Henderson, 2007 prema Saposnik i Levin, 2011).

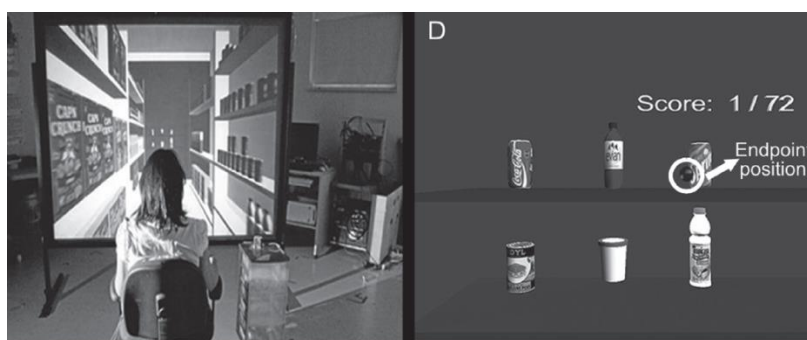
Upravo je najviše istraživanja vezano za korištenje terapija baziranih na virtualnoj stvarnosti provedeno s pacijentima koji su preživjeli moždani udar. U ovom poglavlju bit će prikazan pregled istraživanja podijeljenih na dvije kategorije: istraživanja o utjecaju terapija baziranih na virtualnoj stvarnosti na funkcije gornjih ekstremiteta i istraživanja o utjecaju terapija baziranih na virtualnoj stvarnosti na funkcije donjih ekstremiteta.

Kao i kod istraživanja provedenih s osobama s dijagnozom cerebralne paralize gdje su se brojni istraživači usmjerili na korištenje niskobudžetnih sustava s ciljem poticanja funkcija gornjih ekstremiteta tako se i brojna istraživanja s osobama koje su preživjele moždani udar upravo usmjeravaju na iskoristivost niskobudžetnih široko dostupnih sustava. Yong Joo i sur. (2010) proveli su istraživanje u kojem je sudjelovalo 16-ero pacijenata koji su preživjeli moždani udar. Prosječna dob sudionika je bila 64.5 godina te su svi imali hemiplegijom zahvaćene funkcije gornjih ekstremiteta. Cilj istraživanja je bio utvrditi mogućnosti korištenja sustava virtualne stvarnosti Nintendo Wii kao mogućeg dodatka konvencionalnim rehabilitacijskim postupcima koji se provode s osobama koje su preživjele moždani udar i imaju oslabljenje funkcije gornjih ekstremiteta. Kroz 2 tjedna sudionici su bili uključeni u 6 terapija u kojima su igrali različite igre držeći u ruci Nintendo Wii upravljač u ruci pri čemu su se testirale vještine i brzina pokreta gornjih ekstremiteta. Za evaluaciju rezultata koristili su se sljedeći testovi i procjene: Fugl Meyerova procjena funkcija gornjih ekstremiteta (Fugl-Meyer Assessment of Upper Limb Motor Function - FMA), Indeks Motorike (Motricity Index - MI) koji predstavlja sumaciju motoričke snage ramena, laktova i prstiju, Modificirana Ashworth Skala (Modified Ashworth Scale - MAS) za procjenu mišićnog tonusa ramena, laktova i zglobova te Vizualno analogna skala za procjenu boli u gornjim ekstremitetima. Rezultati istraživanja su pokazali da je došlo do poboljšanja od 12.2% na procjeni FMA, na MI je došlo do poboljšanja od 6.6%, a na MAS skali je došlo do poboljšanja od čak 20.6% (Yong Joo, 2010). Nintendo Wii su u svom istraživanju koristili i Saposnik i sur. (2010), a u istraživanju čiji je cilj također bio utvrditi učinkovitost sustava Nintendo Wii u rehabilitaciji funkcija gornjih ekstremiteta je sudjelovalo 20-ero pacijenata koji su preživjeli moždani udar, dobi od 41 do 83 godine. Sudionici su podijeljeni u kontrolnu i eksperimentalnu grupu.

Kontrolna grupa je sudjelovala u konvencionalnim rehabilitacijskim postupcima i rekreacijskim aktivnostima, a eksperimentalna grupa u konvencionalnim rehabilitacijskim postupcima i terapijama baziranim na virtualnoj stvarnosti. Za procjenu rezultata koristili su se: Wolf test motoričkih funkcija (Wolf Motor Function Test - WMFT) koji se sastoji od 15 vremenski mjerenih različitih zadataka koji služe za procjenu funkcija gornjih ekstremiteta te 2 zadataka za procjenu snage ruku, Box and Block test (BBT) koji mjeri brzinu i spretnost ruku te Skala utjecaja moždanog udara (Stroke impact scale – SIS) koja se koristi za utvrđivanje kvalitete života kod osoba koje su preživjele moždani udar u ukupno 8 područja. Rezultati su pokazali da je kod kontrolne grupe na BBT testu došlo do većeg poboljšanja od 49% za razliku od eksperimentalne grupe gdje je došlo do poboljšanja na istom testu od 26%. Međutim značajan je podatak da u kontrolnoj grupi nije zabilježeno poboljšanje rezultata na WMFT testu, dok je kod eksperimentalne grupe zabilježeno poboljšanje od čak 35.5%. Shodno rezultatima utvrđeno je da sustav Nintendo Wii predstavlja sigurnu, izvedivu i potencijalno učinkovitu alternativu za olakšavanje rehabilitacijske terapije i promoviranje oporavka motoričkih funkcija nakon moždanog udara (Saposnik i sur., 2010). Kao i istraživanje od Saposnik i sur. (2010), brojna istraživanja usmjerila su se na usporedbu učinkovitosti konvencionalnih terapija u odnosu na terapije bazirane na virtualnoj stvarnosti za oporavak funkcija gornjih ekstremiteta. Subramanian i sur. (2013) su istraživali dali izvođenje istih zadataka u fizičkom i virtualnom okruženju različito utječe na oporavak i funkcije gornjih ekstremiteta kod pacijenata koji su preživjeli moždani udar. U istraživanju je sudjelovalo 32 pacijenta u dobi od 40 do 80 godina. Ukupno 17-ero pacijenata je imalo paretičnu desnu stranu tijela, a 15-ero pacijenata paretičnu lijevu stranu tijela. Sudionici su podijeljeni u dvije skupine: jedna skupina je izvodila zadatke u stvarnom fizičkom okruženju, a druga skupina zadatke u virtualnom okruženju. Zadatak je bio da repetitivno pokazuju prema 6 označenih ciljeva koji su bili postavljeni malo iznad visine ruku bez da ih fizički dodiruju pri čemu su ciljani pokreti prstiju praćeni sustavom CAREN – Computer Assisted Rehabilitation Environment, a pokreti ruku i tijela su praćeni putem elektromagnetskih senzora. Motoričko učenje se poticalo kroz repetitivno ponavljanje pokreta i putem povratnih informacija omogućenih auditivnim podražajem, koji je različitim zvukovima označavao točne ili netočne pokušaje pokazivanja na označene ciljeve. U stvarnom fizičkom okruženju na 6 drvenih znakova koji su smješteni u dva reda su bili označeni brojevi od 1 do 6 koji su smješteni malo iznad razine ruku pacijenata (Slika 30), a virtualno okruženje je simuliralo police trgovine na kojoj se nalazilo 6 različitih proizvoda te je projicirano na ekranu ispred pacijenta, a omogućeno je putem softwera CAREN (Slika 31).



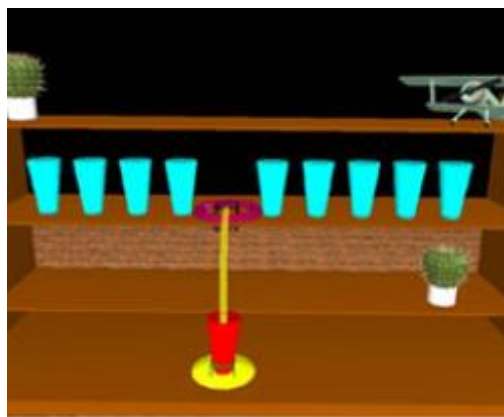
*Slika 30 Izgled fizičkog stvarnog okruženja sa postavljenim označenim ciljevima*



*Slika 31 Virtualno okruženje koje simulira police trgovine*

Za procjenu rezultata koristile su se sljedeće skale i testovi: Međunarodna klasifikacija funkcioniranja ( International Classification of Functioning – ICF) koja se koristila kako bi se odredila funkcija i aktivnost ekstremiteta, Fugl Meyerova procjena funkcija gornjih ekstremiteta (Fugl-Meyer Assessment of Upper Limb Motor Function - FMA) koja se koristila za određivanje stupnja motoričkog oštećenja, Skala za određivanje performansi dosezanja kod moždanog udara (Reaching Performance Scale for Stroke RPSS), Wolf test motoričkih funkcija (Wolf Motor Function Test -WMFT) koristio se za evaluaciju motoričkih aktivnosti ruku te se koristio i strukturirani intervju Motor Activity Log Amount Scale (MAL-AS) kako bi se odredilo korištenje ruku u različitim aktivnostima. Rezultati su pokazali da je došlo do poboljšanja funkcija zahvaćenih gornjih ekstremiteta kod obje skupine, međutim, pokazalo se da je kod grupe koja je sudjelovala u virtualnom okruženju došlo do većih poboljšanja kod sudionika s blagim stupnjem oštećenja u odnosu na sudionike kojisu sudjelovali u fizičkom okruženju. Također je utvrđeno da je virtualno okruženje više utjecalo na smanjenje kompenzacijskih pokreta u odnosu na fizičko okruženje (Subramanian, Lourenc, Chilingaryan, Sveistrup i Levin, 2013).Turolla i sur. (2013) proveli su istraživanje

čiji je cilj bio pokazati mogućnosti korištenja ne-imerzivnih sustava virtualne stvarnosti u kliničkom okruženju te su se također zanimali za usporedbu utjecaja terapija baziranih na virtualnoj stvarnosti i konvencionalnih terapija na funkcije gornjih ekstremiteta kod pacijenata koji su preživjeli moždani udar. Ovo istraživanje provedeno je na uzorku od 376 pacijenata koji su preživjeli moždani udar. Sudionici su podijeljeni u dvije velike skupine, prva skupina je sudjelovala isključivo u konvencionalnim terapijama te je uključivala ukupno 113 pacijenata, a druga skupina u konvencionalnim terapijama i terapijama baziranim na virtualnoj stvarnosti te je uključivala ukupno 263 pacijenta. Svi pacijenti su sudjelovali ukupno u 40 terapija u razdoblju od 4 tjedna. Konvencionalne terapije za gornje ekstremitete - Upper Limb Conventional (ULC) uključivale su različite vježbe bazirane na tradicionalnim rehabilitacijskim pristupima usmjerenima na obnavljanje motoričkih funkcija gornjih ekstremiteta te vježbi koje su se temeljile na Bobath principima. Terapije bazirane na virtualnoj stvarnosti u ovom istraživanju nazvane su Terapijama pojačanih povratnih informacija u virtualnom okruženju - Reinforced Feedback in the Virtual Environment (RFVE). RFVE terapija je uključivala izvršavanje različitih motoričkih zadataka s pacijentima koji su izvođeni na način da su pacijenti tijekom interakcije s virtualnim okruženjem istovremeno manipulirali stvarnim objektom u ruci (Slika 32). Kao sustav koristio se rehabilitacijski sustav virtualne stvarnosti VRRS (Virtual Reality Rehabilitation System) koji se sastoji od računalaspojenog s 3D sustavom za praćenje kretanja i LCD projektorom visoke rezolucije koji prikazuje virtualni scenarij na velikom zaslonu.



*Slika 32 Primjer motoričkog zadatka kojeg su pacijenti izvodili u RFVE terapijama. U ovom zadatku pacijenti su u svojim rukama držali pravu čašu koja je u virtualnom okruženju predstavljala crvenu čašu, njihov zadatak je bio postaviti crvenu čašu između plavih*

Mjerni instrumenti koji su se koristili u istraživanju su Fugl Meyerova procjena funkcija gornjih ekstremiteta i upitnik Mjera funkcionalne neovisnosti ( Functional Independence Measure – FIM). Rezultati su pokazali da su obje terapije značajno poboljšale rezultate na navedenim mjernim instrumentima, ali je poboljšanje u skupini pacijenata koja je sudjelovala u konvencionalnim terapijama i terapijama baziranim na virtualnoj stvarnosti bilo značajno veće u odnosu na skupinu pacijenata koja je sudjelovala isključivo u konvencionalnim terapijama (Turolla i sur., 2013).

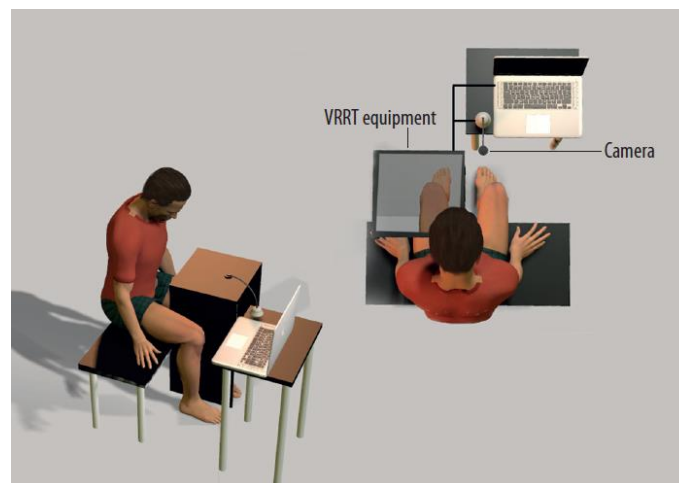
U posljednjem desetljeću došlo je do značajnog napretka u upotrebi različitih sustava virtualne stvarnosti s ciljem oporavka donjih ekstremiteta kod osoba koje su preživjele moždani udar. Istraživanje koje su proveli Cho i Lee (2014) zanimalo se za utjecaj terapije koja je kombinirala trening s pokretnom trakom i sustav virtualne stvarnosti na hod i ravnotežu kod osoba koje su preživjele moždani udar. U istraživanju je sudjelovalo 30 pacijenata koji su podijeljeni u kontrolnu i eksperimentalnu grupu. Kontrolna grupa sudjelovala je u klasičnom treningu na pokretnoj traci (treadmill training -TT), a eksperimentalna grupa je sudjelovala u treningu na pokretnoj traci baziranom na video snimanju stvarnog svijeta (Treadmill training based real-world video recording - TBRVR). Obje grupe su sudjelovale u konvencionalnim rehabilitacijskim programima: okupacijska terapija, fizioterapija te funkcionalna elektrostimulacija. TBRVR trening predstavlja kombinaciju pokretne trake za hodanje i slika iz stvarnog svijeta proizvedenih pomoću video kamere i steadicam stabilizacijskog sustava. Slike su se projicirale pomoću projektora i prijenosnog računala na ekran postavljen ispred pokretne trake te je također omogućena i auditivna informacija sukladna prikazanoj slici putem zvučnika. Pomoću kombinacije navedenih tehnologija omogućeno je da se pacijent prilikom hodanja na pokretnoj traci osjeća uronjenim različita virtualna okruženja koja se projiciraju ispred njega (Slika 33).



*Slika 33 Primjeri dvaju virtualnih okruženja koja su se prikazivala pacijentima tijekom sudjelovanja u TBRVR treningu*

Statička ravnoteže mjerena je opažanjem posturalnog njihanja pomoću Good Balance sustava, a dinamička ravnoteža je mjerena pomoću Berg skale ravnoteže (Berg Balance Scale - BBS) i Timed Up i Go testa (TUG). Značajke hoda mjerene su pomoću GAITRite sustava koji mjeri brzinu hodanja, broj koraka u minuti, razdoblja podrške na jednoj nozi i na obje noge, duljinu jednog i duljinu dvaju koraka. Nakon sudjelovanja u ukupno 18 TBVR treninga u razdoblju od 6 tjedana dobiveni su rezultati kojima su utvrđene značajne razlike između grupa u sposobnostima dinamičke ravnoteže i hoda, a na području statičke ravnoteže nisu utvrđene značajne razlike. Promjene u hodu bile evidentnije kod TBVR grupe što se povezuje s ekstrinzičnom motivacijom pacijenata koja je potaknuta različitim multisenzornim povratnim informacijama u virtualnom okruženju, također su utvrđene veće promjene u sposobnostima dinamičke ravnoteže, a kao moguć razlog autori navode da je pacijent sudjelovanjem u različitim okruženjima dobivao više mogućnosti za prijenos težine tijela (Cho i Lee, 2014). Istraživanje koje su proveli Park i sur. (2013) također se zanimalo za utjecaj sustava virtualne stvarnosti na hod kod osoba koje su preživjele moždani udar, a kao sustav virtualne stvarnosti koristili su HMD zaslon. U istraživanju je ukupno sudjelovalo 16 pacijenata koji su podijeljeni u kontrolnu i eksperimentalnu grupu. Kontrolna grupa je sudjelovala isključivo u konvencionalnim fizikalnim terapijama u kojima su radili različite vježbe za statičku i dinamičku ravnotežu te hod. Eksperimentalna grupa je također sudjelovala u konvencionalnim fizikalnim terapijama, a uz to i u programu posturalne kontrole baziranom na virtualnoj stvarnosti (Virtual Reality-based postural control program). Pacijent je pri sudjelovanju u navedenom programu na glavi nosio HMD zaslon na kojem su se prikazivali unaprijed snimljeni pokreti koje je zatim sam pacijent izvodio i uvježbavao po tri puta. Program se sastoji od vježbi podijeljenih na vježbe u ležećem, sjedećem ili stajaćem položaju. Kao i u prethodnom istraživanju za mjerenje značajki hoda korišten je GAITRite sustav, a uz sustav koristio se i test 10 minutes walk (Ten mWT). Navedeni sustav i test koristili su se za utvrđivanje sljedećih značajki hoda: brzina, duljina jednog koraka, duljina dva koraka te broj koraka u minuti. Nakon provedenog programa rezultati su pokazali statistički značajna poboljšanja u duljini jednog i dva koraka, dok statistički značajna poboljšanja nakon provedenih treninga nije bilo na području brzine, ali je u razdoblju praćenja došlo i do statističkih značajnih poboljšanja na tom području. Jedino područje na kojem nisu utvrđena poboljšanja nakon treninga i u razdoblju praćenja je broj koraka u minuti. Za razliku od eksperimentalne grupe, u kontrolnoj grupi nisu uočena statistički značajna poboljšanja na nijednoj od promatranih značajki hoda u razdoblju nakon treninga, ali ni u razdoblju praćenja (Park, Lee i Lee, 2013). In i sur. (2016) su proveli još jedno istraživanje koje se zanimalo za

utjecaj sustava virtualne stvarnosti na sposobnosti ravnoteže i hodanja kod pacijenata koji su preživjeli moždani udar. Oni su u svom istraživanju spojili sustave virtualne stvarnosti sa zrcalnom terapijom te tako koristili Terapiju refleksije baziranu na virtualnoj stvarnosti (Virtual reality reflection therapy – VRRT). U ovom istraživanju sudjelovalo je 25 pacijenata koji su kao i u prethodnim istraživanjima podijeljeni u kontrolnu i eksperimentalnu grupu. Kontrolna grupa (N=12) je sudjelovala u konvencionalnim rehabilitacijskim programima koji su uključivali fizioterapiju, okupacijsku terapiju, logoterapiju i neurorazvojne tretmane te u placebo VRRT terapiji. Eksperimentalna grupa (N=13) je također sudjelovala u navedenim konvencionalnim rehabilitacijskim programima te u VRRT terapiji. Pacijent dok se provodila terapija sjedio na stolici bez naslona sparetičnom zahvaćenom nogom stavljenom u VRRT kutiju. Kamera koja je postavljena iznad nezahvaćene zdrave noge snimala je njene pokrete te ih projicirala na ekran koji se nalazio točno iznad zahvaćene noge pacijenta koji je zamoljen da gleda isključivo na taj ekran. Pomoću ekrana postignuta je iluzija kod pacijenta da promatra svoju zahvaćenu nogu (Slika 34).



*Slika 34 Pozicioniranje pacijenta tijekom korištenja VRRT opreme*

U svakoj seansi su se provodila 3 seta po 10 ponavljanja s različitim pokretima, a terapija se provodila pet puta tjedno po 30 minuta u razdoblju od 4 tjedna. Kontrolna grupa je provodila isti program kao i eksperimentalna, ali za razliku od eksperimentalne grupe koja je promatrala zahvaćenu nogu kroz ekran, kontrolna grupa je promatrala pokrete preko snimke kamere. Kao mjerni instrumenti za utvrđivanje dinamičke ravnoteže koristili su se Timed up and Go test (TUG), Funkcionalni test doseg (Functional Reaching Test - FRT) i Bergova skala ravnoteže (Berg Balance Scale - BBS). Za utvrđivanje statičke ravnoteže koristila se platforma PDM Multifunction Force Measuring Plate koja je pomoću senzora mjerila pritisak koji vrši



pacijent pri stajanju i hoda, a za mjerenje hoda koristio se test 10 minutes walk (10 mWT). Rezultati su pokazali značajna poboljšanja kod obje grupe, međutim u eksperimentalnoj grupi koja je sudjelovala u VRRT terapiji je zabilježen veći napredak u odnosu kontrolnu skupinu koja je sudjelovala u placebo VRRT terapiji. Rezultati na FRT, TUG i 10 m WV pokazali su značajna poboljšanja u odnosu na početnu vrijednost u VRRT grupi ( $p < 0,05$ ), ali ne i u kontrolnoj grupi (In, Lee i Song, 2016). U tablici 4 prikazan je kratki pregled opisanih istraživanja poredanih prema kronološkom slijedu.

Tablica 4 Pregled opisanih istraživanja

Autori istraživanja	Sudionici	Sustav virtualne stvarnosti / ulazno-izlazni uređaji	Rezultati
Yong Joo i sur., 2010	16-ero pacijenata koji su preživjeli moždani udar. Prosječna dob 64.5 godina	Nintendo Wii	Nakon provedene terapije poboljšanja od 12.2% na Fugl Meyerovoj procjeni funkcija gornjih ekstremiteta, na Indeksu Motorike poboljšanja od 6.6%, a na Modificiranoj Ashworth Skali poboljšanja od čak 20.6%
Saposnik i sur., 2010	20-ero pacijenata koji su preživjeli moždani udar, dobi od 41 do 83 godine	Nintendo Wii	Kod kontrolne grupe (sudjelovali u konvencionalnim rehabilitacijskim programima) na Box and Block test došlo je do većeg poboljšanja od 49% za razliku od eksperimentalne grupe (sudjelovali u konvencionalnim rehabilitacijskim programima i terapijama baziranim na virtualnoj stvarnosti) gdje je došlo do poboljšanja na istom testu od 26%. Međutim značajan je podatak da u kontrolnoj grupi nije zabilježeno poboljšanje rezultata na Wolf testu motoričkih funkcija dok je kod eksperimentalne grupe zabilježeno poboljšanje od čak 35.5%
Subramanian, Lourenc, Chilingaryan, Sveistrup i Levin, 2013	32 pacijenta koji su preživjeli moždani udar u dobi od 40 do 80 godina	CAREN – Computer Assisted Rehabilitation Enviroment / ekran	Došlo do poboljšanja funkcija zahvaćenih gornjih ekstremiteta kod obje skupine, međutim, pokazalo se da je kod grupe koja je sudjelovala u virtualnom okruženju došlo do većih poboljšanja kod sudionika s blagim stupnjem oštećenja u odnosu na sudionike koji su sudjelovali u fizičkom okruženju. Također je utvrđeno da je virtualno okruženje više utjecalo na smanjenje

			kompenzacijskih pokreta u odnosu na fizičko okruženje
Turolla i sur., 2013	376 pacijenata koji su preživjeli moždani udar	Virtual Reality Rehabilitation System / projektor, veliki zaslon	Poboljšanje u skupini pacijenata koja je sudjelovala u konvencionalnim terapijama i terapijama baziranim na virtualnoj stvarnosti bilo značajno veće u odnosu na skupinu pacijenata koja je sudjelovala isključivo u konvencionalnim terapijama
Park, Lee i Lee, 2013	16 pacijenata koji su preživjeli moždani udar	Virtual Reality-based postural control program / HMD zaslon	Statistički značajna poboljšanja u duljini jednog i dva koraka, dok statistički značajna poboljšanja nakon provedenih treninga nije bilo na području brzine, ali je u razdoblju praćenja došlo i do statističkih značajnih poboljšanja na tom području. Jedino područje na kojem nisu utvrđena poboljšanja nakon treninga i u razdoblju praćenja je broj koraka u minuti
Cho i Lee, 2014	30 pacijenata koji su preživjeli moždani udar	Treadmill training based real-world video recording – TBRVR / projektor, prijenosno računalo i zvučnici	Promjene u hodu bile evidentnije kod TBVR grupe što se povezuje s ekstrinzičnom motivacijom pacijenata koja je potaknuta različitim multisenzornim povratnim informacijama u virtualnom okruženju, također su utvrđene veće promjene u sposobnostima dinamičke ravnoteže, a kao moguć razlog autori navode da je pacijent sudjelovanjem u različitim okruženjima dobivao više mogućnosti za prijenos težine tijela
In, Lee i Song, 2016	25 pacijenata koji su preživjeli moždani udar	Virtual reality reflection therapy – VRRT / kamera, prijenosno računalo	U eksperimentalnoj grupi koja je sudjelovala u VRRT terapiji je zabilježen veći napredak u odnosu na kontrolnu skupinu koja je sudjelovala u placebo VRRT terapiji. Rezultati na FRT, TUG i 10 m WV pokazali su značajna poboljšanja u odnosu na početnu vrijednost u VRRT grupi ( $p < 0,05$ ), ali ne i u kontrolnoj grupi

Iako je većina istraživanja provedena na malom uzorku, statistički značajni rezultati na različitim mjernim instrumentima svjedoče o pozitivnom utjecaju terapija baziranih na virtualnoj stvarnosti na obnavljanje motoričkih funkcija zahvaćenih paretičnih ekstremiteta kod osoba koje su preživjele moždani udar. Pozitivni rezultati vidljivi su kod različitih funkcija gornjih ekstremiteta, te kod funkcija donjih ekstremiteta, a posebice su impresivni

rezultati na području hodanja i ravnoteže. Također istraživanja su pokazala su da se bolji rezultati postižu kombiniranjem konvencionalnih rehabilitacijskih programa s terapijama baziranim na virtualnoj stvarnosti od provođenja isključivo konvencionalnih rehabilitacijskih programa što nas upućuje na važnost implementacije sustava virtualne stvarnosti u kliničku praksu. Vidljiv je pozitivan stav samih pacijenata prema različitim tehnologijama virtualne stvarnosti što pozitivno djeluje na motivaciju i sudjelovanje u terapijama. Zsigurno će se u sljedećim godinama navedene tehnologije još više koristiti na području neurorehabilitacije te će se razvijati posebno dizajnirani sustavi virtualne stvarnosti za ovu populaciju kao što je navedeni sustav za provođenje refleksijske terapije bazirane na virtualnoj stvarnosti (Virtual reality reflection therapy – VRRT), a u tom razvoju važnu ulogu trebaju imati stručnjaci koji svojim znanjem trebaju omogućiti što veću prilagodbu navedenih sustava. Važno je naglasiti i potrebu za provođenjem istraživanja s većim uzorkom ispitanika kako bi se omogućila generalizacija rezultata na navedenu populaciju.

#### 6.4. PREGLED ISTRAŽIVANJA O PRIMJENI VIRTUALNE STVARNOSTI KOD OSOBA S DIJAGNOZOM ADHD-A

Posljednjih godina sve više jača interes za upotrebom terapija baziranih na virtualnoj stvarnosti kod osoba s ADHD-om. Rezultati istraživanja pokazali su da terapije virtualne stvarnosti mogu potaknuti rehabilitaciju osoba s ADHD-om zbog sljedećih razloga: osiguravaju stabilne i kontrolirane podražaje za poticanje napretka, osiguravaju povratne i haptičke informacije, nude fleksibilnost i pružaju neposredne odgovore u skladu sa zahtjevima korisnika, osiguravaju sigurno okruženje za učenje koje minimizira vrijeme, troškove i pogreške, jačaju motivaciju kroz zabavno i ugodno virtualno okruženje, omogućavaju provođenje različitih neuropsiholoških testova, omogućavaju upravljanje različitim podražajima, omogućavaju provođenje procjena, utvrđivanje dijagnoza i određivanje rehabilitacijskih ciljeva te poboljšavaju kognitivne i bihevioralne vještine kod djece s ADHD-om (Bashiri, Ghazisaeedi i Shahmoradi, 2017).

Pojam koji se najviše veže uz terapije bazirane na virtualnoj stvarnosti s populacijom osoba s ADHD-om je tzv. Virtualna učionica koji predstavlja korištenje HMD zaslona koji prikazuje virtualno okruženje koje nalikuje učionici. Ovaj sustav virtualne stvarnosti kreiran je kako bi omogućio proučavanje, procjenu i rehabilitaciju procesa pozornosti (Rizzo i sur., 2000). Upravo je prethodno naveden sustav korišten u istraživanju Biolac i sur. (2012) kako bi se ispitale razlike u vremenu potrebnom za izvršavanje zadataka između djece urednog

razvoja i djece s ADHD-om. Ukupno je sudjelovalo 36 dječaka u dobi od 7 do 10 godina, od čega je 20-ero dječaka imalo dijagnozu ADHD-a, a 16-ero dječaka je bilo urednog razvoja. Obe skupine djece su testirane pomoću Virtualneučionice i Testa kontinuirane izvedbe (Continuous Performance Test – CPT) koji predstavlja najpouzdaniji neuropsihološki test za diskriminaciju djece s hiperkinetskim poremećajem od zdrave populacije. Nakon što su djeci stavljeni HMD zasloni na glavu, djeca su se uronila u virtualno okruženje koje prikazivalo klasično uređenu učionicu s 3 reda klupa, pločom, prozorima koji su gledali na ulicu (Slika 35).



*Slika 35 Virtualna učionica*

U učionici se nalazila i virtualna učiteljica koja je djecu uputila u zadatak koji su trebali izvoditi. Zadatak je bio da djeca promatraju niz slova koja su se pojavljivala na ploči te da pritisnu tipku na mišu što je brže moguće isključivo onda kada vide slovo K kojem je prethodilo slovo A. Tijekom izvođenja zadatka, u virtualnoj učionici su bili prisutni različiti auditivni i vizualni ometajući podražaji koji se uobičajeno pojavljuju u stvarnom okruženju u jednoj školskoj učionici kao npr. ispadanje olovki, koraci po učionici, zvuk auta koji dolazi izvana itd. Tijekom izvođenja zadatka sustav Virtualne učionice pratio je sljedeće podatke: točni odgovori, netočni odgovori, vrijeme reakcije pritiska tipke miša i razlike u vremenima reakcije pritiska tipke miše. CPT test se izvodio u vremenskom razdoblju od 14 minuta, unutar kojeg su djeca morala reagirati na točno određena slova koja su se pojavljivala na ekranu računala te su se mjerili isti podaci kao i sa Virtualnom učionicom. Rezultati istraživanja su pokazali statistički značajno lošije rezultate grupe djece s ADHD-om u odnosu na djecu urednog razvoja. U grupi djece s ADHD-om utvrđen je manji broj točnih i veći broj

netočnih odgovora i na CPT testu i u Virtualnoj učionici. Utvrđeno je da je kod djece s ADHD-om kako je odmicao zadatak došlo do statističkih značajnih pogoršanja i u vremenima reakcija pritiske tipke miša i u broju točnih odgovora. Autori naglašavaju da je rezultatima utvrđeno da duljina izvođenja zadataka predstavlja kritično ograničenje djeci s ADHD-om te zaključuju da Virtualna učionica predstavlja važan alat u dijagnostici djece s ADHD-om koji pruža niz prednosti u odnosu na konvencionalne testove kao što je CPT test jer osigurava realističnije okruženje (Biolac i sur., 2012). Kao navedeno istraživanje, većina istraživanja koja se bavila upotrebom virtualne stvarnosti u radu s djecom s ADHD-om se upravo fokusirala na dokazivanje dijagnostičkih mogućnosti Virtualne učionice. Novija su se istraživanja počela više fokusirati na terapijske mogućnosti sustava virtualne stvarnosti u radu s djecom s ADHD-om.

Kognitivna remedijacija ili kognitivni trening koristi se kod liječenja različitih psihijatrijskih poremećaja, a u posljednje vrijeme brojna istraživanja pokazuju pozitivan učinak i na populaciji osoba s ADHD-om (Ben-Yishay, 2008; Dickstein, Cushman, Kim, Weissman i Wegbreit, 2015 prema Bioulac i sur., 2018). Navedeni trening djeluje na način da se kroz osnaživanje kognitivnog funkcioniranja osobe nastoji smanjiti utjecaj kognitivnih deficita na aktivnosti u svakodnevnom životu, a upravo su Bioulac i sur. (2018) proveli istraživanje s ciljem utvrđivanja utjecaja programa kognitivne remedijacije u Virtualnoj učionici na smanjenje distraktibilnosti kod djece s ADHD-om. U istraživanju je sudjelovalo 51 dijete s ADHD-om u dobi od 7 do 11 godina. Podijeljeni su u 3 grupe: virtualno kognitivna remedijacijska grupa (N=16) koja je sudjelovala u programima kognitivne remedijacije u virtualnoj učionici, metilfenidat grupa (N=16) koja se liječila pomoću psihostimulansa te psihoterapijska grupa (N=19) koja je sudjelovala u psihoterapijskim tretmanima. Virtualno kognitivna remedijacijska grupa je sudjelovala u Virtualnoj učionici gdje je izvodila isti zadatak koji je naveden u prethodno opisanom istraživanju od Biolac i sur.(2012), jedina razlika je bila što su djeca nakon provođenja zadatka sudjelovala u kognitivnim terapijama u kojima su trenirana da što manje usmjeravaju pažnju na distraktibilne ometajuće podražaje u virtualnoj učionici. Metilfenidat grupa se liječila s dugo djelujućim psihostimulansom metilfenidatom te su se s njima provodili klinički intervjui, a sa psihoterapijskom grupom su se individualno provodile suportivne psihoterapijske seanse. Kao i u prethodnom istraživanju kao mjerni instrumenti koristili su se Test kontinuirane izvedbe (Continuous Performance Test – CPT) te Virtualni razred, a uz njih i ADHD skala ocjene ( ADHD Rating Scale-ADHD RS). Rezultati u izvođenju zadatka u Virtualnoj učionici su pokazali da su djeca iz virtualno

kognitivne remedijacijske grupe nakon sudjelovanja u kognitivnom treningu postigla rezultate jednake kao i metilfenidat grupe. Također nije utvrđena značajna razlika u broju propusta na CPT testu između virtualno kognitivne remedijacijske grupe i metilfenidat grupe. Rezultati provedenog istraživanja sugeriraju da program kognitivne remedijacije u Virtualnoj učionici smanjuje distraktibilnost na sličnoj razini kao i psihostimulansi koji se koriste za liječenje ADHD-a (Bioulac i sur., 2018).

Shema-Shiratzky i sur. (2018) proveli su istraživanje s ciljem da provjere učinkovitost terapije bazirane na virtualnoj stvarnosti i pokretne trake u radu s djecom s ADHD-om. Sudjelovalo je ukupno 14-ero djece, u dobi od 8 do 12 godina. Ukupno je održano 18 seansi koje su se provele u razdoblju od 6 tjedana. Uz pomoć sustava virtualne stvarnosti Microsoft Kinect kretanje djece na pokretnoj traci je transferirano u virtualno okruženje te je projicirano na ekranu koji se nalazio ispred pokretne trake (Slika 36).



*Slika 36 Prikaz terapije bazirane na virtualnoj stvarnosti koja kombinira pokretnu traku i sustave virtualne stvarnosti*

U virtualnom okruženju nalazile su se različite prepreke koje su zahtijevale modulaciju koraka, istovremeno pružajući slušne i vizualne povratne informacije. Kako bi se ispitale promjene u ponašanju, roditelji djece su ispunjavali revidiranu Conners skalu ocjena roditelja (Conners' Parent Rating Scale – Revised - CPRS-R) koja se koristi za evaluaciju različitih simptoma od kognitivnih problema, hiperaktivnosti i itd. Za mjerenje kognitivnih funkcija u domenama koje uključuju pažnju, memoriju i izvršne funkcije koristio se kompjuterizirani neuropsihološki test NeuroTrax, a za evaluaciju sposobnosti podijeljene pažnje koristio su se dualni zadatak. Osim navedenih mjerenja bihevioralnih, kognitivnih karakteristika te

sposobnosti podijeljene pažnje, mjerila se i brzina hodanja djece pomoću Zeno walkway i PKMAS softwera. Rezultati provedenog istraživanja pokazali su statistički značajan utjecaj provedenih terapija virtualne stvarnosti na smanjenje socijalnih problema i na općenito poboljšanje ponašanja djece s ADHD-om, također došlo je do poboljšanja u izvršnim funkcijama, pamćenju i brzini, dok je pažnja ostala nepromijenjena (Shema-Shiratzky i sur., 2018). U tablici 4. prikazan je kratki pregled opisanih istraživanja poredanih prema kronološkom slijedu.

Tablica 4 Kratki pregled opisanih istraživanja

Autori istraživanja	Sudionici	Sustav virtualne stvarnosti / ulazno-izlazni uređaji	Rezultati
Biolac i sur., 2012	36 dječaka u dobi od 7 do 10 godina, od čega je 20-ero dječaka imalo dijagnozu ADHD-a, a 16-ero dječaka je bilo urednog razvoja	Virtualna učionica	Statistički značajno lošiji rezultati grupe djece s ADHD-om u odnosu na djecu urednog razvoja. U grupi djece s ADHD-om utvrđen je manji broj točnih i veći broj netočnih odgovora i na CPT testu i u Virtualnoj učionici
Bioulac i sur., 2018	51 dijete s ADHD-om u dobi od 7 do 11 godina	Virtualna učionica	Program kognitivne remedijacije u Virtualnoj učionici smanjuje distraktibilnost na sličnoj razini kao i psihostimulansi koji se koriste za liječenje ADHD-a
Shema-Shiratzky i sur., 2018	14-ero djece s ADHD-om, dobi od 8 do 12 godina	Microsoft Kinect / ekran	Statistički značajan utjecaj provedenih terapija virtualne stvarnosti na smanjenje socijalnih problema i na općenito poboljšanje ponašanja djece s ADHD-om, poboljšanje u izvršnim funkcijama, pamćenju i brzini

Navedena istraživanja pokazuju da sustavi virtualne stvarnosti imaju svoje mjesto i u radu s osobama s ADHD-om. Kada uspoređujemo primjenu terapija baziranih na virtualnoj stvarnosti kod osoba iz spektra autizma, osoba s cerebralnom paralizom te osoba koje su preživjele moždani udar, treba naglasiti da se kod navedenih populacija već duže vrijeme primjenjuju različite terapije bazirane na virtualnoj stvarnosti u odnosu na populaciju osoba s ADHD-om gdje je primjena tek u svojim počecima. Međutim brojna istraživanja pokazala su prednosti sustava virtualne stvarnosti koje pružaju osobama s ADHD-om te je stoga sigurno da ovo područje čeka veliko razdoblje istraživanja i napretka.

Osim navedenih istraživanja provedenih s osobama iz spektra autizma, osobama s cerebralnom paralizom te osobama s ADHD-om, provedena su istraživanja i s osobama oštećena vida gdje su se sustavi virtualne stvarnosti također pokazali učinkovitima pružajući haptičke i auditivne informacije o virtualnom okruženju (Sanchez, Jorquera, Munoz i Valenzuela, 2000; Yu , Brewster, 2002). Također zabilježeno je korištenje sustava virtualne stvarnosti s osobama koje su oboljele od Parkinsonove bolesti, osobama s intelektualnim teškoćama i osobama sa sindromom Down.

Pregledom provedenih istraživanja možemo utvrditi da terapije bazirane na virtualnoj stvarnosti pokazuju pozitivan utjecaj na kognitivne, bihevioralne, emocionalne i motoričke funkcije, a osobito ako se terapije bazirane na virtualnoj stvarnosti kombiniraju s konvencionalnim rehabilitacijskim programima. Također vidimo da osobe s invaliditetom pokazuju motivaciju za rad s navedenim sustavima te da uz kvalitetnu stručnu podršku vještine naučene u virtualnom okruženju uspješno mogu transferirati i u stvarno okruženje.

## 7. PREDNOSTI SUSTAVA VIRTUALNE STVARNOSTI

S obzirom na rezultate pregledanih istraživanja možemo utvrditi da sustavi virtualne stvarnosti pružaju brojne prednosti koje se mogu iskoristiti na području edukacijske rehabilitacije. De Mauro (2011) navodi sljedeće prednosti rehabilitacije putem virtualne stvarnosti u odnosu na konvencionalne rehabilitacijske postupke:

- specifičnost i prilagodljivost svakom pacijentu - sustavi virtualni stvarnosti nude specifičnost i prilagodljivost svakom pacijentu zbog mogućnosti djelovanja u različitim virtualnim okruženjima koja se usmjeravaju na precizno određene rehabilitacijske ciljeve s obzirom na različite dijagnoze
- sposobnost ponavljanja – jedna od ključnih prednosti je sposobnost virtualnih sustava da održavaju u potpunosti jednake uvjete ponavljanja što je osobito važno za ponovno učenje motoričkih funkcija i za trening kortikalne aktivnosti
- sposobnost poticanja aktivnog angažmana pacijenata – aktivno sudjelovanje je ključno za postizanje boljih rezultata, a upravo različita virtualna okruženja i igre omogućuju atraktivno i zanimljivo sudjelovanje u rehabilitacijskom postupku što dovodi do veće motivacije i angažiranosti pacijenata



- tele-rehabilitacija i udaljeni pristup podacima – tele-rehabilitacija predstavlja pojam koji se odnosi na mogućnost korištenja informacijske i komunikacijske tehnologije za provođenje rehabilitacijskih procesa u domovima pacijenata. Ovo je bitna prednost sustava virtualne stvarnosti jer omogućuje osobama koje žive u ruralnim područjima pružanje rehabilitacije u njihovom domu bez potrebe za odlaskom na terapije u veće gradske sredine
- sposobnost precizne procjene – virtualna stvarnost predstavlja precizan alat za praćenje i memoriranje podataka (tracked i saved data) tijekom procesa rehabilitacije, omogućujući tako precizne procjene provedenih terapija te usmjeravanje tijekom provođenja
- sigurnost – sustavi virtualne stvarnosti omogućuju provođenje rehabilitacije u sigurnom virtualnom okruženju, korisniku pruža mogućnost izvršavanja zadataka sa stupnjem sigurnosti koji obično nije moguć u tradicionalnim postupcima rehabilitacije

Martin - Gutierrez i sur. (2016) navode sljedeće prednosti korištenja sustava virtualne stvarnosti u edukaciji:

- sustavi virtualne stvarnosti povećavaju motivaciju i angažman učenika. Učenici se osjećaju kao protagonisti dok su uronjeni u virtualno okruženje te istovremeno proučavaju virtualne modele koje osnažuje njihovo učenje po iskustvu
- sustavi virtualne stvarnosti omogućuju konstruktivistički pristup učenju. Učenici mogu slobodno komunicirati s virtualnim objektima i drugim učenicima. Kao rezultat toga, učenici mogu istražiti, eksperimentirati i dobiti povratne informacije, što rezultira iskustvom koje poboljšava njihovo učenje
- sustavi virtualne stvarnosti postaju sve pristupačniji i dostupniji
- sustavi virtualne stvarnosti omogućuju više interakcije od klasičnih materijala za učenje. Koristeći se sustavima virtualne stvarnosti učenici se osjećaju uronjeni tijekom interakcije s konceptima, predmetima i procesima pomoću slušalica, taktilnih rukavica i senzora pokreta. To uranjanje dopušta eksperimentiranje s okruženjima koja inače nisu dostupna

Uz navedene prednosti rehabilitacije putem virtualne stvarnosti u odnosu na konvencionalne rehabilitacijske postupke te prednosti koje pružaju sustavi virtualne stvarnosti u edukaciji, Bohil i sur. (2011) naglašavaju prednosti koje sustavi pružaju istraživačima u radu sa sustavima virtualne stvarnosti:

- sustavi virtualne stvarnosti dopuštaju odvijanje prirodnog interaktivnog ponašanja uz istovremenu mogućnost snimanja kortikalne aktivnosti što omogućuje istraživanje mnogih pitanja u kontroliranom okruženju koja u prirodnom okruženju jednostavno nebi bilo moguće istražiti
- virtualna okruženja dopuštaju istraživačima manipulaciju različitim multimodalnim unosima djelujući na različita osjetila kako bi se povećala iluzija kod korisnika da je prisutan u virtualnom okruženju. Mogućnost manipulacije i stimulacije višestrukih senzornih kanala odjednom uključuje senzomotorni sustav potpunije od jednostavnih podražaja koji se koriste u većini psiholoških istraživanja
- sustavi virtualne stvarnosti pružaju maksimalnu kontrolu multisenzorne stimulacije koja je važna za utvrđivanje senzomotornih interakcija npr. između proprioceptivnog i auditivnog sustava
- sustavi virtualne stvarnosti povećavaju motoričku aktivaciju jer omogućavaju kretanju i fizičku interakciju korisnicima s virtualnim objektima u virtualnom okruženju
- sustavi virtualne stvarnosti se mogu koristiti za odvajanje vizualnog i vestibularnog osjeta, otkrivajući uloge odvojenih moždanih sustava koji se obično upisuju istovremeno
- oprema koja se koristi za izradu interaktivnih simulacija lako se koristi za snimanje i analizu ponašanja

Nakon istaknutih prednosti sustava virtualne rehabilitacije, u sljedećem poglavlju će biti navedeni nedostaci ove tehnologije.

## 8. NEDOSTATCI SUSTAVA VIRTUALNE STVARNOSTI

Glavni nedostatak sustava virtualne stvarnosti je cybersickness. Ovaj pojam odnosi se na skupinu simptoma koji se mogu javiti kod korisnika nakon sudjelovanja u virtualnom okruženju. Simptomi koji se mogu javiti kod korisnika su: mučnina, vrtoglavica, zamagljen vid, glavobolja, dezorijentacija i pretjerano znojenje (LaViola, 2000). Točan uzrok navedenog stanja nije poznat te postoji niz teorija kojima se objašnjava ovo stanje. Najpoznatija je senzorno konfliktna teorija koja navedeno stanje objašnjava konfliktom između dva senzorna sustava koja djeluju dok smo uključeni u virtualno okruženje, a to su vestibularni i vizualni sustav, tako npr. vestibularni sustav daje informacije našem tijelu da stojimo, dok istovremeno vizualni sustav daje informacije tijelu da je u kretanju (Kim i sur., 2005). Također jedan od

nedostataka sustava virtualne stvarnosti je i njihova cijena. Iako se nastavlja trend smanjenja cijene različitih uređaja virtualne stvarnosti, specijalizirani rehabilitacijski sustavi virtualne stvarnosti su još uvijek preskupi i nedostupni široj masi. Iako su niskobudžetni sustavi pokazali svoju efikasnost u korištenju s različitim populacijama osoba s invaliditetom, ipak treba imati na umu da takvim uređajima rehabilitacija nije glavni fokus što donosi niz problema: igre su znaju biti preteške osobama s invaliditetom, uglavnom ciljaju na funkcije gornjih ekstremiteta tjelesne i nemaju podršku za prilagodbu zadataka, ocjenjivanje i kvantitativna mjerenja (Anderson, Annett, Bischof, 2010).

Utvrđujemo stoga kao nedostatke korištenja sustava u virtualnoj stvarnosti:

- cybersickness
- visoka cijena specijaliziranih rehabilitacijskih sustava virtualne stvarnosti
- neprilagođenost nisko budžetnih sustava virtualne stvarnosti osobama s invaliditetom

## 9. ZAKLJUČAK

Virtualna stvarnost briše granice koje su prisutne u stvarnom okruženju u životima osoba s invaliditetom. Omogućuje im sudjelovanje u nedostupnim aktivnostima i okruženjima, učenje i povratak oštećenih motoričkih funkcija, učenje različitih vještina svakodnevnog života, a sve to kroz zabavni i motivacijski pristup.

Unatoč ograničenjima provedenih istraživanja, ne može se osporiti učinkovitost terapija baziranih na virtualnoj stvarnosti na socijalne vještine, komunikacijske vještine, motoričke vještine i vještine svakodnevnog života što je utvrđeno brojnim empirijskim i znanstvenim dokazima.

Osobama iz spektra autizma terapije bazirane na virtualnoj stvarnosti pružaju sigurno okruženje u kojem je moguće doziranje stimulansa uz istovremenu mogućnost poticanja razvoja socijalnih vještina, komunikacije te adaptivnih vještina.

Na području neurorehabilitacije terapije bazirane na virtualnoj stvarnosti primjenjuju koncepte koji se temelje na sposobnosti plasticiteta mozga te tako omogućuju rehabilitaciju motoričkih funkcija gornjih i donjih ekstremiteta kod osoba s cerebralnom paralizom i osoba koje su preživjele moždani udar.

Sustavi virtualne stvarnosti predstavljaju jak dijagnostički alat za rad s osobama s ADHD-om, ali također raste broj istraživanja koji pokazuju pozitivan utjecaj na smanjenje distraktibilnosti navedene populacije.

Područje primjene terapija baziranih na virtualnoj stvarnosti je u svojim počecima, razvojem tehnologije i padom cijena sustava virtualne stvarnosti, navedena tehnologija ima potencijal da postane svakodnevno prisutna u edukacijsko rehabilitacijskim postupcima. Naravno, potrebna su daljnja istraživanja, a osobito ona koja istražuju psihološki utjecaj sustava virtualne stvarnosti na djecu s teškoćama u razvoju.

Smatram da se tehnologije virtualne stvarnosti mogu uspješno koristiti u rehabilitacijskim procesima i u našoj državi. Od primjene u individualnom radu, do primjene u grupnom radu u školskom okruženju. Naravno potrebno je prije svega potaknuti interes i educiranje stručnjaka edukacijsko rehabilitacijskog profila za primjenu ove tehnologije.

## 10. LITERATURA

1. Alers, S.H.M., Barakova, E. I. (2009): Multi-agent platform for development of educational games for children with autism. Međunarodna IEEE konferencija (str. 47-53), 25.–28.08,2019. London.
2. Alqhatani, A., Daghestani, L., Ibrahim, L.(2017): Environments and System Types of Virtual Reality Technology in STEM: A Survey. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 8, 6, 77-89.
3. Anderson, F., Annett, M. and Bischof, W.F. (2010): Lean on Wii: physical rehabilitation with virtual reality Wii peripherals. Stud Health Technol Inform, 154, 154, 229-34.
4. Bamodu, O., Ye, X. (2013): Virtual Reality and Virtual Reality System Components. U: Luo, X. (ur.): Advances in Intelligent Systems Research. (str. 921-924). Pariz: Atlantis Press.
5. Bashiri, A., Ghazisaeedi M., Shahmoradi, L. (2017): The opportunities of virtual reality in the rehabilitation of children with attention deficit hyperactivity disorder: a literature review. Korean Journal of Pediatrics, 60, 11, 337-343.
6. Bioulac, S., Lallemand, S., Rizzo, A., Philip, P., Fabrigoule, C., Bouvard, MP. (2012): Impact of time on task on ADHD patient's performances in a virtual classroom. European Journal of Paediatric Neurology, 16, 514-521.
7. Bioulac, S., Micoulaud-Franchi, JA., Maire, J., Bouvard, M., Rizzo, A., Sagaspe, P., Philip, P. (2018): Virtual Remediation Versus Methylphenidate to Improve Distractibility in Children With ADHD: A Controlled Randomized Clinical Trial Study. Posjećeno 15.8.2019. na mrežnoj Journal of Attention Disorders: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1087054718759751>.
8. Boas, Y. (2013): Overview of Virtual Reality Technologies. School of Electronics and Computer Science University of Southampton Southampton.
9. Bohil, C.J., Alicea, B., Biocca, F. (2011): Virtual reality in neuroscience research and therapy. Macmillan Publishers Limited, 12, 752-762.
10. Bolte, S., Golan, O., Goodwin, M., Zweigenbaum, L. (2010): What can innovative technologies do for Autism Spectrum Disorders? SAGE Publications and The National Autistic Society, 14, 3, 155–159.
11. Brien, M., Sveistrup, H. (2011): Balance and Mobility of Adolescents With Cerebral Palsy. Pediatric Physical Therapy, 258-266.

12. Bryanton, C., Bossé, J., Brien, M., Mclean, J., McCormick, A., Sveistrup, H. (2006): Feasibility, Motivation, and Selective Motor Control: Virtual Reality Compared to Conventional Home Exercise in Children with Cerebral Palsy. *Cyberpsychology & behavior*, 9, 2, 123-128.
  
13. Burdea, GC., Jain, A., Rabin, B., Pellosie, R., Golomb, M.(2011): Long-term hand tele-rehabilitation on the PlayStation 3: benefits and challenges.Međunarodna konferencija IEEE inženjerstva u medicini i biologiji(str. 1835-1838). 30.8.- 3.9, 2011. Boston.
  
14. Cai, Y., Chia, N. K. H., Thalmann, D., Kee, N. K. N., Zheng, J., Thalmann, N. M. (2013): Design and development of a Virtual Dolphinarium for children with autism. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering : A Publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 21, 2, 208–17.
  
15. Cambridge University Press (2019): „Reality“. Posjećeno 15.6.2019 na mrežnoj stranici Cambridge University Press:<https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/reality>
  
16. Chen,YP., Kang, LJ., Chuang, TY., Doong, JL., Lee, SJ., Tsai, MW., Jeng, SF., Sung, WH (2007): Use of Virtual Reality to Improve Upper-Extremity Control in Children With Cerebral Palsy: A Single-Subject Design. *Physical Therapy*, 87, 11, 1441–1457.
  
17. Cheng, Y., Ye, J. (2010); Exploring the social competence of students with autism spectrum conditions in a collaborative virtual learning environment – the pilot study. *Computers and Education*, 54, 1068–1077.
  
18. Cheung, K., Tunik, E., Adamovich, S., Boyd, A. (2014): Neuroplasticity and Virtual Reality. U Weiss, P., Keshner, E., Levin, M. (ur.): *Virtual Reality for Physical and Motor Rehabilitation* (str. 5-24). Springer.
  
19. Chiu, HC., Ada, L., Lee, HM. (2014): Upper limb training using Wii Sports Resort for children with hemiplegic cerebral palsy: a randomized, single-blind trial. *Clin Rehabil*, 28, 10, 1015-1024.
  
20. Cho K.H., Lee, W.H. (2014): Effect of treadmill training based real-world video recording on balance and gait in chronic stroke patients: a randomized controlled trial. *Gait and Posture*, 39, 1, 523–528.
  
21. Cummings, J., Bailenson, J.(2015): How immersive is enough? A meta-analysis of the effect of immersive technology on user presence. *Media Psychology*, 1–38.

22. Cyber Pulse (2019): What is Augmented Reality? – The Complete Guide. Posjećeno 17.6.2019. na mrežnoj stranici Cyber Pulse: <https://cyberpulse.info/what-is-augmented-reality-the-complete-guide/>
23. Cyber Pulse (2019): What Is Fully-Immersive Virtual Reality? Technology Explained. Posjećeno 15.6.2019. na mrežnoj stranici Cyber Pulse: <https://cyberpulse.info/what-is-fully-immersive-vr-technology-explained/>
24. Cyber Pulse (2019): What Is Non-Immersive Virtual Reality? – Definition & Examples. Posjećeno 15.6.2019. na mrežnoj stranici Cyber Pulse: <https://cyberpulse.info/what-is-non-immersive-virtual-reality-definition-examples/>
25. Cyber Pulse (2019): What Is Semi-Immersive Virtual Reality? – The Technology Simplified. Posjećeno 15.6.2019. na mrežnoj stranici Cyber Pulse: <https://cyberpulse.info/what-is-semi-immersive-virtual-reality/>
26. De Mauro, A. (2011): Virtual Reality Based Rehabilitation and Game Technology. Engineering interactive computing systems for medicine and health care, 48-52.
27. Faisal, A. (2017): Computer science: Visionary of virtual reality. Nature, 551, 298–299.
28. Fandom (2019): Mixed reality wiki. Posjećeno 2.7.2019. na mrežnoj stranici Fandom: <https://mixedreality.fandom.com/wiki/EyeToy>
29. Galvin, J., Levac, D. (2011): Facilitating clinical decision-making about the use of virtual reality within paediatric motor rehabilitation: Describing and classifying virtual reality systems. Developmental Neurorehabilitation, 14, 2, 112–122
30. Gesturetek Health (2016): Irex. Posjećeno 10.7.2019. na mrežnoj stranici Gesturetek Health: <http://www.gesturetekhealth.com/products/irex>
31. Gordon, C., Roopchand-Martin, S., Gregg, A. (2012): Potential of the Nintendo Wii™ as a rehabilitation tool for children with cerebral palsy in a developing country: a pilot study. Physiotherapy, 98, 238–242.
32. Grbavac, J., Grbavac, V. (2015): Utjecaj multimedija posredstvom tehnologija virtualne realnosti na komunikacije. Media, culture and public relations, 6, 1, 44-55.
33. Gunel, M., Kara, O., Ozal, C., Turker, D. (2014): Virtual Reality in Rehabilitation of Children with Cerebral Palsy. U Švraka, E. (ur.): Cerebral Palsy, Challenges for the Future (str. 1 -31). Intech Open.
34. Herrera, G., Alcantud, F., Jordan, R., Blanquer, A., Labajo, G., De Pablo, C. (2008): Development of symbolic play through the use of virtual reality tools in children with autistic spectrum disorders. Autism 12, 143–157.

35. History of information (2019): Myron Krueger's Videoplace Pioneers "Artificial Reality" 1975. Posjećeno 20.6.2019. na mrežnoj stranici History of information: <http://www.historyofinformation.com/detail.php?entryid=4699>
36. History of information (2019): "Pygmalion's Spectacles," Probably the First Comprehensive and Specific Fictional Model for Virtual Reality 1935. Posjećeno 20.6.2019. na mrežnoj stranici History of information: <http://www.historyofinformation.com/detail.php?entryid=4543>
37. Horace, H.S., Wong, S.W.L., Chan, D.F.Y., Byrne, J., Li, C., Yuan, V.S.N., Lau, K.S.Y., Wong, J.Y.W. (2017): Enhance emotional and social adaptation skills for children with autism spectrum disorder: A virtual reality enabled approach. *Computers & Education*, 117, 2, 1-15.
38. Howard, R. (1992): *Virtual reality*. University of Michigan: Simon & Schuster.
39. Huber, M., Rabin, B., Docan, C., Burdea, G., AbdelBaky, M., Golomb, M. (2010): Feasibility of Modified Remotely Monitored In-Home Gaming Technology for Improving Hand Function in Adolescents With Cerebral Palsy. *IEEE transactions on information technology in biomedicine*, 14, 2, 526-534.
40. In, T., Lee, K., Song, C. (2016): Virtual Reality Reflection Therapy Improves Balance and Gait in Patients with Chronic Stroke: Randomized Controlled Trials. *Medical Science Monitor*, 22, 4046-4053
41. Jannink, M., Van Der Wilden, G., Navis, D., Visser, G., Gussinklo, J., Ijzerman, M. (2008): A Low-Cost Video Game Applied for Training of Upper Extremity Function in Children with Cerebral Palsy: A Pilot Study. *Cyberpsychology & Behavior*, 11,1, 27-34.
42. Kandalaf, M., Didehbani, N., Krawczyk, D., Allen, T., Chapman, S. (2012): Virtual Reality Social Cognition Training for Young Adults with High-Functioning Autism. *J Autism Dev Disord*, 43,1, 34-44.
43. Kee, N. K. N., Chia, N. K. H., Cai, Y. (2010) : Mediated and engaged learning using COTS video games in ASD special education. *Nova Sciences*, 140-159.
44. Kim, Y., Kim, H., Kim, E., Ko, H. and Kim, H. (2005): Characteristic changes in the physiological components of cybersickness. *Psychophysiology*, 42, 5, 616-625.
45. Krucoff, M., Rahimpour, S., Slutzky, M., Edgerton, R., Turner, D. (2016): Enhancing Nervous System Recovery through Neurobiologics, Neural Interface Training, and Neurorehabilitation. *Frontiers in Neuroscience*, 10, 1-23.



46. Laver, K., George, S., Thomas, S., Deutsch, J., Crotty, M. (2015): Virtual reality for stroke rehabilitation (Review), The Cochrane Collaboration.
47. LaViola Jr, J. (2000): A discussion of cybersickness in virtual environments. *ACM SIGCHI Bulletin*, 32, 1, 47-56.
48. Lessard, J. (2012): Adventure Before Adventure Games: A New Look at Crowther and Woods's Seminal Program. *Games and Culture*, 8, 3, 119-135.
49. Levac, D.E., Galvin, J. (2013): When Is Virtual Reality "Therapy"? *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 94, 795-798.
50. Leyfer, O. T., Folstein, S. E., Bacalman, S., Davis, N. O., Dinh, E., Morgan, J. Tager-Flusberg, H., Lainhart, J.E. (2006): Comorbid psychiatric disorders in children with autism: Interview development and rates of disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36, 7, 849–861.
51. Li, A., Montano, Z., Chen, V., Gold, J. (2011): Virtual reality and pain management: current trends and future directions. *Pain Manage*, 1, 2, 147–157.
52. Lotze, M., Braun, C., Birbaumer, N., Anders, S., Cohen, L.G. (2003): Motor learning elicited by voluntary drive. *Brain : a Journal of Neurology*, 126, 866-72.
53. Ludlow, B. (2015): Virtual Reality: Emerging Applications and Future Directions. *Rural Special Education Quarterly*, 34, 3, 3-10.
54. Maskey, M., Rodgers, J., Grahame, V., Glod, M., Honey, E., Kinnear, J., Labus, M., Milne, J., Minos, D., McConachie, H., Parr, J. (2019): Treatment with Cognitive Behaviour Therapy for Specific Phobias in Young People with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 49, 1912–1927.
55. Martin - Giuterrez, M., Mora, C., Anorbe – Diaz, B., Gonzalez – Marero, A. (2016): Virtual Technologies Trends in Education. *Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13, 2, 469-486.
56. Matijević, V., Šečić, A., Mašić, V., Šunić, M., Kolak, Ž., Znika, M. (2013): Virtual Reality in Rehabilitation and Therapy. *Acta Clin Croat*, 52, 453-457.
57. Meyerbroeker, K., Emmelkamp, P. (2010): Virtual reality exposure therapy in anxiety disorders: a systematic review of process-and outcome studies. *Depression and Anxiety*, 27, 933–944.
58. Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A. i Kishino, F. (1994): Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, 2351, 282-292.

59. Mitchell, P., Parsons, S., Leonard, A. (2007): Using virtual environments for teaching social understanding to 6 adolescents with autistic spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37, 589–600.
60. Monge-Pereira, E., Molina-Rueda, F., Alguacil-Diego, I.M., Cano De La Cuerda R., De-Mauro, A., Miangolarra-Oage, J.C. (2014): Use of virtual reality systems as proprioception method in cerebral palsy: clinical practice guideline. *Neurología*, 29, 9, 550—559.
61. Moore, D., Cheng, Y., McGrath, P., Powell, N.J. (2005): Collaborative virtual environment technology for people with autism. *Focus on Autism and Other Developmental Disorders*, 20, 231–243.
62. Newbutt, N., Sung, C., Kuo, H., Leahy, M., Lin, C., Tong, B. (2016): Brief Report: A Pilot Study of the Use of a Virtual Reality Headset in Autism Populations. *J Autism Dev Disord*, 46, 9, 3166-3176.
63. Ollendick, T. H., King, N. J., Muris, P. (2002): Fears and phobias in children: Phenomenology, epidemiology, and aetiology. *Child and Adolescent Mental Health*, 7, 3, 98–106.
64. Park, Y.H., Lee, C.H., Lee, B.H. (2013): Clinical usefulness of the virtual reality-based postural control training on the gait ability in patients with stroke. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 9, 5, 489–494.
65. Parsons, S., Mitchell, P., Leonard, A. (2004): The use and understanding of virtual environments by adolescents with autistic spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders* 34, 449–466.
66. Parsons, S., Mitchell, P., Leonard, A. (2005): Do adolescents with autistic spectrum disorders adhere to social conventions in virtual environments? *Autism* 9, 95–117.
67. Parsons, S., Cobb, S. (2011): “State-of-the-art of Virtual Reality technologies for children on the autism spectrum,” *European Journal of Special Needs Education*, 26, 3, 355-366.
68. Parsons, T.D., Rizzo, A.A., Rogers, S., York, P. (2009): Virtual reality in paediatric rehabilitation: a review. *Developmental neurorehabilitation*, 12, 4, 224-38
69. Qiu, Q., Fluet, G., Saleh, S., Ramirez, D., Adamovich, S. (2010): Robot-Assisted Virtual Rehabilitation (NJIT-RAVR) system for children with cerebral palsy. Department of Biomedical Engineering New Jersey Institute of Technology Newark.

70. Rizzo, A.A., Buckwalter, J.G., Bowerly, T., Van Der Zaag, C., Humphrey, L., Neumann, U., Chua, C., Kyriakakis, C., Van Rooyen, A., Sisemore, D. (2000): The Virtual Classroom: A Virtual Reality Environment for the Assessment and Rehabilitation of Attention Deficits. *Cyberpsychology & Behavior*, 3, 3, 483-499.
71. Saiano, M., Pellegrino, L., Casadio, M., Summa, S., Garbarino, E., Rossi, V., Dall'Agata, D., Sanguineti, V. (2015): Natural interfaces and virtual environments for the acquisition of street crossing and path following skills in adults with Autism Spectrum Disorders: a feasibility study. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 12, 17, 2-13.
72. Sanchez, J., Jorquera, L., Munoz, E., Valenzuela, E. (2000): VirtualAurea: perception through spatialized sound.4. Međunarodna konferencija o invaliditetu, virtualnoj stvarnosti i asistivnoj tehnologiji (str.197-204). Sharkey, P., Sik-Lanyi, C., Standen, P.J. (ur.), 18.-20.9.2002. Veszprem.
73. Saposnik, G., Levin, M. (2011): Virtual Reality in Stroke Rehabilitation : A Meta-Analysis and Implications for Clinicians. *Journal of the American Heart Association*, 42, 1379-1388.
74. Shema-Shiratzky, S., Brozgol, M., Cornejo-Thumm, P., Geva-Dayan, K., Rotstein, M., Leitner, Y., Hausdorff, J., Mirelman, A. (2018): Virtual reality training to enhance behavior and cognitive function among children with attention-deficit/hyperactivity disorder: brief report. *Developmental Neurorehabilitation*, 22, 6, 431-436.
75. Sherman, W., Craig, A. (2019): Understanding virtual reality. Cambridge: Morgan Kaufmann Publishers
76. Snider, L., Majnemer, A., Darsaklis, V. (2010): Virtual reality as a therapeutic modality for children with cerebral palsy. *Developmental neurorehabilitation*. 13, 2, 120-128.
77. Stereoscopy (1999): Sir Charles Wheatstone. Posjećeno 20.6.2019. na mrežnoj stranici Stereoscopy: <https://www.stereoscopy.com/faq/wheatstone.html>
78. Strickland, D., Marcus, L. M., Mesibov, G. B., Hogan, K. (1996): Brief report: two case studies using virtual reality as a learning tool for autistic children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 26, 6, 651-659.
79. Subramanian, S., Lourenc, C., Chilingaryan, G., Sveistrup, H., Levin, M. (2013): Arm motor recovery using a virtual reality intervention in chronic stroke: randomized control trial. *Neurorehabil Neural Repair*, 27,1,13-23.

80. The Franklin Institute (2019) :History of virtual reality. Posjećeno 20.6.2019. na mrežnoj stranici The Franklin Institute: <https://www.fi.edu/virtual-reality/history-of-virtual-reality>
81. Turolla, A., Dam, M., Ventura, L., Tonin, P., Agostini, M., Zucconi, C., Kiper, P., Cagnin, A., Piron, L. (2013): Virtual reality for the rehabilitation of the upper limb motor function after stroke: a prospective controlled trial. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 2013, 10, 85, 1-9.
82. Van Krevelen, D.W.F. (2007): *Augmented Reality: Technologies, Applications, and Limitations*. Vrije Universiteit Amsterdam, Department of Computer Science, The Netherlands
83. Virtual reality society (2019): History of virtual reality. Posjećeno 25.6.2019. na mrežnoj stranici Virtual reality society: <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html>
84. Virtual speech (2018): History of VR - Timeline of Events and Tech Development. Posjećeno 25.6.2019. na mrežnoj stranici Virtual speech: <https://virtualspeech.com/blog/history-of-vr>
85. Winkels, D., Kottink, A., Temmink, R., Nijlant, J., Buurke, J. (2013): WiiTM-habilitation of upper extremity function in children with Cerebral Palsy. An explorative study. *Developmental Neurorehabilitation*, 16, 1, 44–51.
86. Yu, W., Brewster, SA. (2002): Multimodal virtual reality versus printed medium in visualization for blind people. 5. Međunarodna konferencija asistivnih tehnologija (str. 57-64). 8.-10.7.2002. Edinburgh.
87. Yong Joo, L., Soon Yin, T., Xu, D., Thia, E., Pei Fen, C., Kuah, CW., Kong, KH. (2010): A feasibility study using interactive commercial off-the-shelf computer gaming in upper limb rehabilitation in patients after stroke. *J Rehabil Med*, 42, 437– 441.
88. Zhuang, C., Wang, P. (2010): *Virtual Reality Technology and Applications*. Peking: House of Electronics Industry Beijing.

## 11. PRILOZI

### 11.1. PRILOG 1. IZVORI SLIKA

Slika 1: Cyber Pulse (2019): What Is Non-Immersive Virtual Reality? – Definition & Examples. Preuzeto 15.6.2019. s mrežne stranice Cyber Pulse: <https://cyberpulse.info/what-is-non-immersive-virtual-reality-definition-examples/>

Slika 2: ITX 1000-Tech (2019): CAVE automatic virtual enviroment. Preuzeto 15.6.2019. s mrežne stranice ITX 1000-Tech: <http://piotrkolodynskiitx1000.blogspot.com/2018/01/cave-automatic-virtual-environment.html>

Slika 3: Cyber Pulse (2019): What Is Fully-Immersive Virtual Reality? Technology Explained. Preuzeto 15.6.2019. s mrežne stranice Cyber Pulse: <https://cyberpulse.info/what-is-fully-immersive-vr-technology-explained/>

Slika 4: Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A. i Kishino, F. (1994): Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, 2351, 282-292.

Slika 5: Forbes (2019): Augmented Reality In Business: How AR May Change The Way We Work. Preuzeto 18.6.2019. s mrežne stranice Forbes: <https://www.forbes.com/sites/theyec/2019/02/06/augmented-reality-in-business-how-ar-may-change-the-way-we-work/#3db2fa8f51e5>

Slika 6: Bamodu, O., Ye, X. (2013): Virtual Reality and Virtual Reality System Components. U: Luo, X. (ur.): *Advances in Intelligent Systems Research*. (str. 921-924). Pariz: Atlantis Press.

Slika 7: Open University (2017): Virtual reality, 19th century style: the history of the panorama and baloon view. Preuzeto 20.6.2019. s mrežne stranice Open University: <https://www.open.edu/openlearn/history-the-arts/visual-art/virtual-reality-19th-century-style-the-history-the-panorama-and-balloon-view>

Slika 8: Sherman, W., Craig, A. (2019): *Understanding virtual reality*. Cambridge: Morgan Kaufmann Publishers

Slika 9: Ava direct custom computers (2015): History of Virtual Reality. Preuzeto 21.6.2019. s mrežne stranice Ava direct custom computers: <https://www.avadirect.com/blog/the-history-of-virtual-reality/>

Slika 10: Sherman, W., Craig, A. (2019): Understanding virtual reality. Cambridge: Morgan Kaufmann Publishers

Slika 11: EVL (2019): Sayre Glove (first wired data glove). Preuzeto 24.6.2019. s mrežne stranice EVL: <https://www.evl.uic.edu/entry.php?id=2162>

Slika 12: Sherman, W., Craig, A. (2019): Understanding virtual reality. Cambridge: Morgan Kaufmann Publishers

Slika 13: Sherman, W., Craig, A. (2019): Understanding virtual reality. Cambridge: Morgan Kaufmann Publishers

Slika 14: Bohil, C.J., Alicea, B., Biocca, F. (2011): Virtual reality in neuroscience research and therapy. Macmillan Publishers Limited, 12, 752-762.

Slika 15: Dasault Systemes (2010): Immersive 3D Reducing Burn Victims' Pain. Preuzeto 10.7.2019. s mrežne stranice: <https://blogs.3ds.com/perspectives/immersive-3d-reducing-burn-victims%E2%80%99-pain/>

Slika 16: Strickland, D., Marcus, L. M., Mesibov, G. B., Hogan, K. (1996): Brief report: two case studies using virtual reality as a learning tool for autistic children. Journal of Autism and Developmental Disorders, 26, 6, 651–659.

Slika 17: Parsons, S., Mitchell, P., Leonard, A. (2004): The use and understanding of virtual environments by adolescents with autistic spectrum disorders. Journal of Autism and Developmental Disorders 34, 449–466.

Slika 18: Cheng, Y., Ye, J. (2010); Exploring the social competence of students with autism spectrum conditions in a collaborative virtual learning environment – the pilot study. Computers and Education, 54, 1068–1077.

Slika 19: Research Gate (2019): Virtual Dolphins in the 3-D Virtual Dolphinarium. Preuzeto 18.7.2019. s mrežne stranice Research Gate: [https://www.researchgate.net/figure/Virtual-Dolphins-in-the-3-D-Virtual-Dolphinarium\\_fig1\\_234153886](https://www.researchgate.net/figure/Virtual-Dolphins-in-the-3-D-Virtual-Dolphinarium_fig1_234153886).

Slika 20 i Slika 21: Newbutt, N., Sung, C., Kuo, H., Leahy, M., Lin, C., Tong, B. (2016): Brief Report: A Pilot Study of the Use of a Virtual Reality Headset in Autism Populations. J Autism Dev Disord, 46, 9, 3166-3176.

Slika 22: Saiano, M., Pellegrino, L., Casadio, M., Summa, S., Garbarino, E., Rossi, V., Dall'Agata, D., Sanguineti, V. (2015): Natural interfaces and virtual environments for the

acquisition of street crossing and path following skills in adults with Autism Spectrum Disorders: a feasibility study. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 12, 17, 2-13.

Slika 23: Research Gate (2019): A Randomised Controlled Feasibility Trial of Immersive Virtual Reality Treatment with Cognitive Behaviour Therapy for Specific Phobias in Young People with Autism Spectrum Disorder. Preuzeto 19.7.2019. s mrežne stranice Research Gate: [https://www.researchgate.net/scientific-contributions/2143665643\\_Jacqui\\_Rodgers](https://www.researchgate.net/scientific-contributions/2143665643_Jacqui_Rodgers).

Slika 24: Cellhut (2017): Nintendo Wii Sports Resort. . Preuzeto 21.7.2019. s mrežne stranice Cellhut: <https://www.cellhut.com/Nintendo-Wii-Sports-N-Resorts-Black-W-2-Games-30350.html>

Slika 25 i Slika 26: Huber, M., Rabin, B., Docan, C., Burdea, G., AbdelBaky, M., Golomb, M. (2010): Feasibility of Modified Remotely Monitored In-Home Gaming Technology for Improving Hand Function in Adolescents With Cerebral Palsy. *IEEE transactions on information technology in biomedicine*, 14, 2, 526-534.

Slika 27: Jannink, M., Van Der Wilden, G., Navis, D., Visser, G., Gussinklo, J., Ijzerman, M. (2008): A Low-Cost Video Game Applied for Training of Upper Extremity Function in Children with Cerebral Palsy: A Pilot Study. *Cyberpsychology & Behavior*, 11,1, 27-34.

Slika 28: Gesturetek Health (2016): Irex. Preuzeto 24.7.2019. . s mrežne stranice Gesturetek Health: <http://www.gesturetekhealth.com/products/irex>

Slika 29: Qiu, Q., Fluet, G., Saleh, S., Ramirez, D., Adamovich, S. (2010): Robot-Assisted Virtual Rehabilitation (NJIT-RAVR) system for children with cerebral palsy. Department of Biomedical Engineering New Jersey Institute of Technology Newark.

Slika 30. i Slika 31: Subramanian, S., Lourenc, C., Chilingaryan, G., Sveistrup, H., Levin, M. (2013): Arm motor recovery using a virtual reality intervention in chronic stroke: randomized control trial. *Neurorehabil Neural Repair*, 27,1,13–23.

Slika 32: Turolla, A., Dam, M., Ventura, L., Tonin, P., Agostini, M., Zucconi, C., Kiper, P., Cagnin, A., Piron, L. (2013): Virtual reality for the rehabilitation of the upper limb motor function after stroke: a prospective controlled trial. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 2013, 10, 85, 1-9.

Slika 33: Cho K.H., Lee, W.H. (2014): Effect of treadmill training based real-world video recording on balance and gait in chronic stroke patients: a randomized controlled trial. *Gait and Posture*, 39, 1, 523–528.

Slika 34: In, T., Lee, K., Song, C. (2016): Virtual Reality Reflection Therapy Improves Balance and Gait in Patients with Chronic Stroke: Randomized Controlled Trials. *Medical Science Monitor*, 22, 4046-4053

Slika 35: Research Gate (2019): Virtual classroom comercial model. . Preuzeto 18.8.2019. s mrežne stranice Research Gate:[https://www.researchgate.net/figure/Virtual-Classroom-commercial-model-This-version-features-upgraded-graphics-courtesy-of\\_fig1\\_2956117](https://www.researchgate.net/figure/Virtual-Classroom-commercial-model-This-version-features-upgraded-graphics-courtesy-of_fig1_2956117)

Slika 36: Shema-Shiratzky, S., Brozgol, M., Cornejo-Thumm, P., Geva-Dayan, K., Rotstein, M., Leitner, Y., Hausdorff, J., Mirelman, A. (2018): Virtual reality training to enhance behavior and cognitive function among children with attention-deficit/hyperactivity disorder: brief report. *Developmental Neurorehabilitation*, 22, 6, 431-436