

ŠOLSKI CENTER VELENJE  
ELEKTRO IN RAČUNALNIŠKA ŠOLA  
GIMNAZIJA  
Trg mladosti 3, 3320 Velenje  
MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ SAŠA REGIJE

RAZISKOVALNA NALOGA  
**PROJECT FIREFLY: RAZISKOVANJE MEŠANE  
RESNIČNOSTI**

Tematsko področje: RAČUNALNIŠTVO

Avtorja:

Mateo Žuran, 3. letnik

Saša Kossar Matović, 3. letnik

Mentor:

Samo Železnik, inž.

Velenje, 2025

Raziskovalna naloga je bila narejena v Šolskem centru Velenje, na Elektro in računalniški šoli ter Gimnaziji.

Mentor: Samo Železnik, inž.

Datum predavitve: marec 2025

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	ŠCV Elektro in računalniška šola, Gimnazija
KG	virtualna resničnost/mešana resničnost
AV	ŽURAN, Mateo / KOSSAR MATOVIĆ, Saša
SA	
KZ	3320 Velenje, SLO
ZA	Elektro in računalniška šola Velenje
LI	2024/2025
IN	PROJECT FIREFLY: RAZISKOVANJE MEŠANE RESNIČNOSTI
TD	raziskovalna naloga
OP	VIII, 18 str., 3 pregl., 11 sl., 11 vir.
IJ	SL
JI	sl/en

AI V sodobnih igrah v virtualni resničnosti (VR) igralci pogosto ostanejo na enem mestu brez občutka resničnega gibanja, kar zmanjšuje stopnjo potopitve. Cilj raziskovalne naloge Project Firefly je povezati občutek resničnosti z vizualno izkušnjo virtualne resničnosti, tako da igralec doživi čim bolj realistično interakcijo z virtualnim svetom.

Raziskava se izvaja z uporabo naprednih orodij, kot so Unreal Engine 5, SteamVR in Meta Quest, pri čemer se uporablja VR očala Oculus Quest 2. Ugotovitve kažejo, da je področje mešane resničnosti (MR) slabo razvito, saj Unreal Engine in Oculus Quest ponujata le omejeno podporo za tovrstne izkušnje. Zaradi tega se pri razvoju igre pojavljajo številni tehnični izzivi, povezani z natančno preslikavo resničnih objektov v virtualni prostor.

Glavni cilj raziskave je ustvariti virtualno sobo, ki se vizualno in fizično ujema z dejansko sobo v resničnem svetu, kar bi omogočilo bolj poglobljeno in realistično VR izkušnjo. Ta pristop lahko pomembno prispeva k razvoju novih oblik VR iger in interaktivnih sistemov, ki bolje povezujejo digitalno in fizično okolje.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

ND ŠCV Electrical and computer school, Gymnasium

CX virtual reality/mixed reality

AU ŽURAN, Mateo / KOSSAR MATOVIĆ, Saša

AA

PP 3320 Velenje, SLO

PB Electrical and computer School Velenje

PY 2024/2025

TI PROJECT FIREFLY: EXPLORING MIXED REALITY

DT research work

NO VIII, 18 p., 3 tab., 11 fig., 11 ref.

LA SL

AL sl/en

AI In modern virtual reality (VR) games, players often stay in one place with no sense of real movement, reducing the level of immersion. The goal of the research project Project Firefly is to connect the sense of reality with the visual experience of virtual reality, so that the player experiences the most realistic interaction with the virtual world.

The research is conducted using advanced tools such as Unreal Engine 5, SteamVR and Meta Quest, using the Oculus Quest 2 VR glasses. The findings show that the field of mixed reality (MR) is underdeveloped, as Unreal Engine and Oculus Quest offer only limited support for such experiences. Because of this, many technical challenges arise during game development related to the accurate mapping of real objects into virtual space.

The main goal of the research is to create a virtual room that visually and physically matches the actual room in the real world, which would allow for a more immersive and realistic VR experience. This approach can significantly contribute to the development of new forms of VR games and interactive systems that better connect the digital and physical environments.

## KAZALO

1. UVOD .....	1
2. PREGLED OBJAV .....	1
2.1 TEORETIČNE OSNOVE .....	
2.1.1 OSNOVE MEŠANE RESNIČNOSTI (MR) IN NJENA VLOGA V IGRAH .....	1
2.1.2 SLEDENJE PROSTORA IN ZAZNAVANJE OBJEKTOV .....	2
2.1.3 GRAFIČNI IN FIZIKALNI MODEL REALNEGA SVETA V MR .....	2
2.1.4 UPORABA UNREAL ENGINE 5 IN METAXR SDK .....	2
2.1.5 TRENUTNE OMEJITVE MR V UNREAL ENGINE IN META QUEST EKOSISTEMU .....	2
2.2 PODOBNE RAZISKAVE .....	3
2.3 ORODJA .....	
2.3.1 Blender in 3D modeliranje za MR .....	3
2.3.2 Unreal Engine in Blueprints .....	4
2.3.3 Meta Quest Link .....	5
2.3.3.1 Kako deluje Meta Quest Link? .....	5
2.3.3.2 Koraki za uporabo Meta Quest Link .....	5
3. METODE .....	7
3.1 Materiali in orodja .....	
3.1.1 Blender .....	7
3.1.2 Unreal Engine .....	7
3.1.3 Meta Quest Link .....	7
3.1.4 Internetni usmerjevalnik .....	7
3.1.5 Oculus Quest 2 .....	7
3.1.6 Fizične ovire in soba .....	8
3.2 Postopek razvijanja igre .....	
3.2.1 Prvi način .....	8
3.2.2 Drugi način .....	9
3.2.3 Tretji način .....	10
3.2.4 Četrty način – Uspešen .....	11
3.3 Tehnični izzivi .....	12
4. ANALIZA REZULTATOV .....	13
4.1 Način testiranja .....	13
4.2 Navodila osebam .....	15
5. Razprava .....	16
5.1 Hipoteza 1 .....	16
5.2 Hipoteza 2 .....	16
6. ZAKLJUČEK .....	17
7. ZAHVALA .....	18

## KAZALO TABEL

<b>Tabela 1: Osebe, ki so igrale MR</b>	<b>15</b>
<b>Tabela 2: Osebe, ki so igrale VR</b>	<b>15</b>
<b>Tabela 3: P vrednosti testiranja</b>	<b>15</b>

## KAZALO SLIK

Slika 1: Blender logo	4
Slika 2: Unreal engine logo	4
Slika 3: Izgled Meta quest linka	6
Slika 4: Soba v 2. načinu	9
Slika 5: Soba v 3. načinu	10
Slika 6: Soba 4. načina	11
Slika 7: Primer blueprint kode	12
Slika 8: VR igralec	13
Slika 9: Igralec se plazi pod oviro	14
Slika 10: Igralec sedi na oviri	14
Slika 11: Igralec preverja kako deluje MR	14

## KAZALO KRATIC

1. VR – Virtualna resničnost (angl. Virtual reality)
2. MR – Mešana resničnost (angl. Mixed reality)
3. AR – Obogatena resničnost (angl. Augmented reality)
4. SLAM - Hkratna lokalizacija in preslikava (angl. Simultaneous Localization and Mapping)
5. UE5 – Unreal Engine 5



## 1. UVOD

V zadnjih letih se tehnologija virtualne (VR) in obogatene resničnosti (AR) hitro razvija, vendar je področje mešane resničnosti (MR) še vedno slabo raziskano in podprto. Najina raziskovalna naloga je vključevala razvoj MR igre, v kateri igralec se prosto premika po majhnem bunkerju in brani sebe pred roboti. Poseben poudarek sva namenila fizičnemu zaznavanju okolja, saj so predmeti v igri že postavljeni in se v resničnem svetu ujemajo z virtualnimi ovirami, kar povečuje občutek realnosti.

Za raziskovanje smo si zastavili naslednje hipoteze:

Igralci bodo bolj uživali v izkušnji mešane resničnosti v primerjavi z virtualno resničnostjo

Igralci v mešani resničnosti se bodo bolj vživeli v igro kot igralci v virtualni resničnosti

## 2. PREGLED OBJAV

### 2.1 TEORETIČNE OSNOVE

Raziskava temelji na več teoretičnih konceptih s področja mešane resničnosti (MR), navidezne resničnosti (VR) in prostorskega sledenja. Ker je tehnologija MR v kontekstu videoiger še v zgodnji fazi razvoja, ni veliko obstoječih raziskav, ki bi se osredotočale na uporabo realnega prostora za izboljšanje občutka fizične prisotnosti v igri. Zato se raziskava opira na naslednje teoretične osnove:

#### 2.1.1 OSNOVE MEŠANE RESNIČNOSTI (MR) IN NJENA VLOGA V IGRAH

Mešana resničnost (MR) združuje elemente navidezne resničnosti (VR) in obogatene resničnosti (AR), da ustvari okolje, kjer digitalni elementi integrirajo z resničnim svetom v realnem času<sup>1</sup>. Ključni koncepti v MR vključujejo:

- registracijo digitalnih objektov v fizičnem prostoru,
- prilagajanje virtualnih elementov glede na realni svet,
- interakcijo med uporabnikom in navideznimi predmeti, ki so vezani na fizični svet.

---

<sup>1</sup> <https://learn.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/discover/mixed-reality>, 17.10.2024

### 2.1.2 SLEDENJE PROSTORA IN ZAZNAVANJE OBJEKTOV

Za natančno ujemanje virtualnega in fizičnega okolja so ključni algoritmi za prostorsko sledenje, ki temeljijo na:

- optičnih sistemih za sledenje, kot jih uporablja Oculus Insight Tracking,<sup>2</sup>
- algoritmih za prepoznavanje in segmentacijo prostorov (npr. zaznavanje sten, vrat in ovir),
- Lidar<sup>3</sup> in SLAM<sup>4</sup> (Simultaneous Localization and Mapping) tehnologijah za ustvarjanje zemljevidov prostora.

### 2.1.3 GRAFIČNI IN FIZIKALNI MODEL REALNEGA SVETA V MR

Ker je cilj raziskave ustvariti virtualno sobo, ki odraža realni prostor, je pomembno upoštevati:

- spreminjanje tekstur in materialov v realnem času,
- fizikalne interakcije med igralcem in virtualnimi objekti, ki sovpadajo s fizičnimi strukturami,
- osvetljevanje in senčenje, ki omogočata realističen vizualni prikaz prostora.

### 2.1.4 UPORABA UNREAL ENGINE 5 IN METAXR SDK

Unreal Engine 5 (UE5) ponuja več funkcionalnosti za razvoj VR/MR izkušenj, vključno z:

- sistemom za sledenje pozicije uporabnika in objektov,
- možnostjo dinamičnega prilagajanja virtualnega sveta,
- MetaXR SDK, ki omogoča interakcijo z Oculus Quest (Meta Quest) strojno opremo in njenimi sistemi za sledenje.<sup>5</sup>

### 2.1.5 TRENUTNE OMEJITVE MR V UNREAL ENGINE IN META QUEST EKOSISTEMU

Raziskava prav tako izpostavlja tehnološke omejitve, ki otežujejo razvoj naprednih MR izkušenj:

- pomanjkanje uradne podpore za podrobno zajemanje prostorskih podatkov v Unreal Engine,

---

<sup>2</sup> <https://www.aiacceleratorinstitute.com/the-oculus-insight-positional-tracking-system-2/>, 17.10.2024

<sup>3</sup> <https://oceanservice.noaa.gov/facts/lidar.html>, 18.10.2024

<sup>4</sup> <https://www.mathworks.com/discovery/slam.html>, 18.10.2024

<sup>5</sup> <https://developers.meta.com/horizon/downloads/package/meta-xr-sdk-all-in-one-upm/>, 18.10.2024

- omejitve Meta Quest platforme pri uporabi zunanjih podatkov za prilagajanje igralnega okolja,
- slaba dokumentacija in podpora za implementacijo naprednih MR funkcij.

## 2.2 PODOBNE RAZISKAVE

Eden izmed primerov uporabe MR v VR igrah je *Drop Dead: The Cabin*<sup>6</sup> na platformi Meta Quest VR. Ta igra omogoča igralcem, da skenirajo svojo sobo in prilagodijo virtualno okolje tako, da zombiji napadajo v skladu s fizičnimi mejami prostora. To pomeni, da igra prepozna stene, ovire in pohištvo ter jih integrira v virtualni svet.

Tak pristop je zelo podoben raziskovalnemu cilju tega projekta, kjer želiva uporabiti Room Setup podatke v Unreal Engine za dinamično prilagajanje virtualnega prostora realnemu. Vendar je pri Unreal Engine največji izziv dostop do teh podatkov v realnem času med VR Preview, saj Meta Quest VR nima neposredne podpore za to funkcionalnost.

Glede tega področja tehnologija še ni tako razvita, zato ni veliko podobnih raziskav, ki bi se osredotočale na funkcionalnost in način igranja v mešani resničnosti (MR). Tehnološki izzivi, kot so integracija realnega okolja v virtualni svet in izboljšanje fizične občutke v igrah, ostajajo premalo raziskani, kar še dodatno otežuje napredek na tem področju. V tem kontekstu raziskave, kot je *Project Firefly*, ponujajo pomemben prispevek za razvoj naprednih MR izkušenj.

## 2.3 ORODJA

### 2.3.1 Blender in 3D modeliranje za MR

Blender<sup>7</sup> se pogosto uporablja za ustvarjanje 3D modelov, ki se nato uvozijo v Unreal Engine za VR aplikacije. V raziskavi sva preučila, kako ročna rekonstrukcija in merjenje okolja pomagata pri ustvarjanju bolj natančne virtualne sobe. Blender sva uporabljala zgolj za izdelavo vseh 3D modelov izkoriščenih v najni raziskavi. Da pa lahko modele dodaš v Unreal Engine, pa je potreben izvoz datotek v obliki OBJ<sup>8</sup> ter FBX<sup>9</sup>. Obstajajo pa tudi vodiči o uporabi LiDAR in fotogrametrije za izdelavo realističnih modelov prostorov, vendar ni avtomatiziranega postopka, ki bi neposredno povezal Room Setup podatke z Blenderjem.

---

<sup>6</sup><https://www.meta.com/experiences/drop-dead-the-cabin/4691479430874595/?srsltid=AfmBOoqIeKRVO8lKM3nnXYcfoNizt-xDWdCJXpQgpkovVfW5pnUf3jze>, 24.10.2024

<sup>7</sup> <https://docs.blender.org/>, 17.10.2024

<sup>8</sup> <https://fegemo.github.io/cefet-cg/attachments/obj-spec.pdf>, 2.11.2024

<sup>9</sup> <https://docs.fileformat.com/3d/fbx/>, 2.11.2024



*Slika 1: Blender logo*

### 2.3.2 Unreal Engine in Blueprints

Unreal Engine je zmogljiv pogon za ustvarjanje iger, simulacij in virtualnih okolij, ki temelji na grafičnem pogonu in naprednem sistemu fizike. Uporablja se v industriji za razvoj VR, AR in klasičnih iger. Eden ključnih delov Unreal Engine je sistem **Blueprints**, ki omogoča vizualno programiranje brez potrebe po pisanju kode.<sup>10</sup>

Blueprinti delujejo kot vizualni skriptni sistem, kjer uporabniki sestavljajo logiko igre s povezovanjem vozlišč (nodes). Vsak Blueprint lahko vsebuje funkcije, spremenljivke in dogodke, kar omogoča hitro iteracijo in razvoj prototipov.

Obstaja več vrst Blueprintov:

- **Actor Blueprints** – uporabljajo se za ustvarjanje interaktivnih objektov v igri.
- **Pawn Blueprints** – predstavljajo igralčeve like ali enote.
- **Widget Blueprints** – omogočajo ustvarjanje uporabniških vmesnikov.
- **Game Mode Blueprints** – določajo pravila igre in logiko.

**Blueprint sistem** omogoča hitro razvijanje in testiranje funkcionalnosti brez potrebe po kompleksnem kodiranju v C++. Kljub temu lahko napredni razvijalci uporabljajo tudi hibridni pristop, kjer kombinirajo Blueprints in C++ za maksimalno prilagodljivost in optimizacijo.



*Slika 2: Unreal engine logo*

---

<sup>10</sup> <https://www.unrealengine.com/fr/blog/introduction-to-blueprints>, 23.10.2024

### 2.3.3 Meta Quest Link

je funkcija, ki omogoča povezavo Meta Quest (prej Oculus Quest) VR očal z računalnikom, da se lahko uporabljajo kot PC VR naprava. To omogoča igranje VR iger in uporabo aplikacij, ki zahtevajo več procesorske moči, kot jo ima samostojni Quest.

#### 2.3.3.1 Kako deluje Meta Quest Link?

Meta Quest Link deluje tako, da ustvari povezavo med Meta Quest očali in računalnikom ter prenaša sliko in podatke o gibanju v realnem času. Povezava lahko poteka na dva načina:

##### Žična povezava (Quest Link s kablom)

- Zahteva **USB-C 3.0 ali novejši** kabel z visoko pasovno širino.
- Prenaša podatke o sledenju in sliko v realnem času.
- Omogoča najbolj stabilno povezavo z najnižjo zakasnitvijo.

##### Brezžična povezava (Air Link)

- Deluje prek **Wi-Fi 5 ali Wi-Fi 6** povezave.
- Priporočena je **5 GHz omrežna povezava** za manj zakasnitev.
- Slika se kodira in prenaša prek omrežja, kar lahko povzroči rahlo kompresijo in višjo latenco.

#### 2.3.3.2 Koraki za uporabo Meta Quest Link

##### Preveri združljivost

- PC mora imeti **VR Ready**<sup>11</sup> grafično kartico (npr. NVIDIA GTX 1060 ali boljšo).
- Namestiti je treba **Meta Quest PC aplikacijo** (prej Oculus PC App).

##### Vzpostavi povezavo

- **Za kabel:** poveži Quest očala z računalnikom preko USB-C kabla.
- **Za Air Link:** poveži Quest na isto Wi-Fi omrežje kot računalnik.

##### Omogoči Quest Link

- V očalih odpri **Settings** → **Device** → **Quest Link** in ga vključi.
- Nato izberi način povezave (Link ali Air Link).

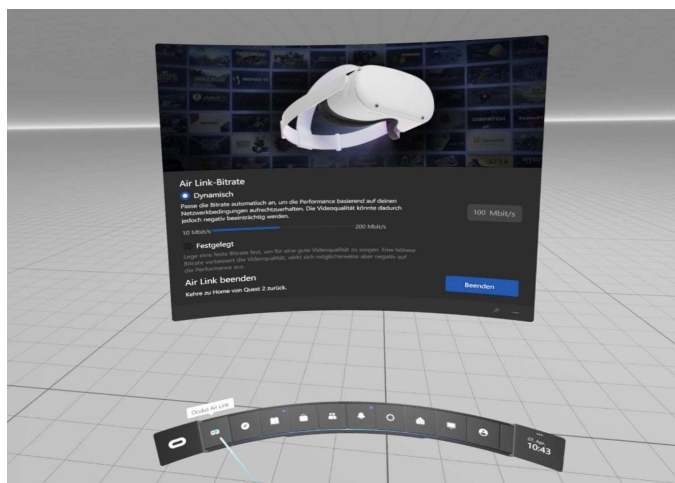
---

<sup>11</sup> <https://www.pcmag.com/encyclopedia/term/vr-ready>, 17.10.2024

## Uporaba PC VR iger

- Po povezavi lahko dostopaš do SteamVR ali Oculus PC VR knjižnice in igraš igre, kot so *Half-Life: Alyx* ali *Asgard's Wrath*.

Meta Quest Link omogoča, da tvoja Quest očala delujejo kot VR headset za PC, kar razširi možnost uporabe in dostopa do zmogljivejših VR izkušenj.



Slika 3: Izgled Meta quest linka

### **3. METODE**

#### **3.1 Materiali in orodja**

##### **3.1.1 Blender**

Uporabljala sva blender za modeliranje 3D modelov, ki sva jih uporabila v najini igri. V blenderju sva naredila obliko modela ter mu določila barve in teksture. Teksture sva določila s sliko iz interneta, ki sva jo dodala, da pravilno prekriva model. V UV-editing sva določila, kako slika prekriva določeno platnico modela in velikost prekrivanja in število ponavljanja prekrivanja tega modela z teksturo.

UV-editing je način urejanja materialov in tekstur v Blenderju. Objekt, kateremu želimo dodati teksturo ali barvo, razdre na kose glede na platnice (kocko razdeli na 6 delov, kolikor ima strani). Tako lahko urejamo, kako se s sliko prekriva vsak posamezni del objekta.

##### **3.1.2 Unreal Engine**

Je program za ustvarjanje iger. Z njim sva naredila vso svojo igro. V blueprintih, sva naredila vse funkcije, nasprotnike, igralca in zunanje funkcije, ki se prilagajajo igralcu, saj je igralec sredina vsega. Za pravilno delovanje in programiranje sva morala dodati vtičnik »MetaXR«, ki je omogočal napredno delo z MR in VR.

**MetaXR:** Je vtičnik za unreal engine, ki ga je treba ročno namestiti med datoteke unreal engina. Vsebuje polno novih in naprednejših funkcij, kar omogoča res boljše razvijanje VR in MR iger.

##### **3.1.3 Meta Quest Link**

Uporabljala sva za povezavo Oculus Quest 2 VR naprave, ki sva jo uporabljala skozi najino delo. Meta Quest link deluje tako, da poveže napravi ter dovoljuje odpiranje iger direktno iz unreal engina. Tako sva testirala najino igro skozi proces razvoja. Meta Quest link zahteva zelo močno internetno povezavo, zato sva se morala ukvarjati tudi z internetnimi usmerjevalniki, ki so nama omogočali boljšo povezavo.

##### **3.1.4 Internetni usmerjevalnik**

Uporabljala sva ga za okrepitev internetne povezave v učilnici, kjer sva testirala najino igro.

##### **3.1.5 Oculus Quest 2**

Je VR naprava, namenjena za VR. Uporabljala sva jo skozi najin razvoj, saj sva z njo testirala igro. Omogoča povezavo z računalnikom preko Meta Quest Linka.

### 3.1.6 Fizične ovire in soba

V naši učilnici sva predstavila vse mize in stole v obliko sobe, ki je v igri. Tako je interakcija s steno ali mizo zares zaživela, saj je bil občutek, da je dejansko nekaj tam. Dodala sva tudi palico, ki je bila ovira na poligonu, zato da je igralca prisilila k interakciji s fizičnim svetom.

## 3.2 Postopek razvijanja igre

Najprej sva preizkusila štiri različne načine:

### 3.2.1 Prvi način

Uporabila sva *Room setup for mixed reality*. Igro sva na ta način razvijala približno 2 meseca, od septembra do oktobra. Najin plan je bil narediti sobo preko vgrajenega *Room setup for mixed reality* orodja. Delovalo naj bi tako, da narediva sobo v Oculusu. Ta bi dobila barve in materiale, ko se začne igra, igralec pa naj bi se pojavil, kjer je v realnem svetu. Način ne deluje, saj je to naredil Oculus kot test in ni namenjeno javnosti, ampak je ta *Room setup for mixed reality* namenjen samo za predogled. S tem sistemom bi lahko samo videla, kako deluje, ne bi pa mogla narediti nobene igre.

### Podrobnejši potek

Najprej sva naredila nasprotnika in sistem za postavljanje nasprotnikov v igro. Nasprotniki so bili preprosti roboti, saj najina igra ne temelji na njih, temveč na načinu mešane resničnosti.

Nato sva začela z določanjem materiala, ki je namenjen za določen objekt. Tako naj bi se vse pobarvalo glede na to, kako se označi v Oculusu. Te materiale sva dobila od Oculusu in si naložila na najin projekt.

Po tem, ko sva določila vse materiale, sva ugotovila, da to ne deluje preko navadnega predogleda iz Unreal enigma. Šele po tem sva ugotovila, da je to način, ki ne bo deloval na dolgi rok. Ta sistem, ki sva ga hotela razviti, deluje tako, da projekt zapakiraš in ga umestiš v sama VR očala. Nato bi moral odpreti v predogledu od *Room setup for mixed reality*, kjer lahko samo gledaš, kako sistem deluje, ne moreš pa narediti prave igre s tem načinom.

**Room setup for mixed reality** je sistem, ki ga je razvil Meta. Deluje tako, da odpreš *Room setup for mixed reality* orodje, kjer lahko določiš in postaviš svojo sobo. Glede na svojo dejansko sobo, postaviš vse možne točke, s katerimi označiš objekte in pohištvo. Tako lahko narišeš, kje so tvoje stene, kje so okna, vrata, kje je postelja, nočna omarica, miza, omara, luč in še veliko več. Nato se vse obarva, glede na to, kako se določi v igri, ki uporablja to orodje. Oculus je razvil samo eno igro, ki uporablja to orodje, to je »Drop dead: the cabin«.

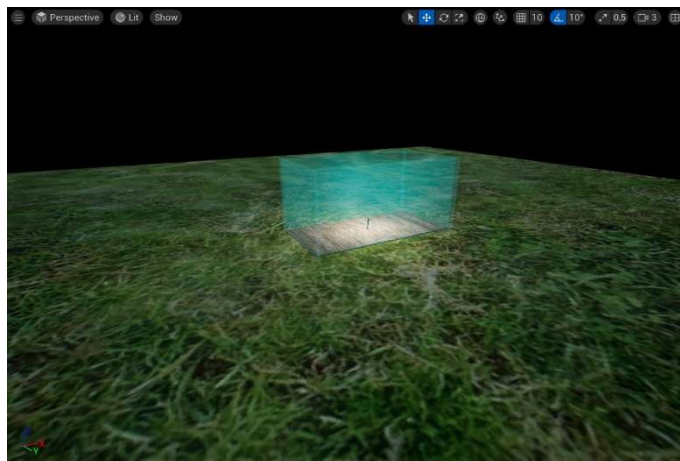


### 3.2.2 Drugi način

Želela sva narediti okolje in sobo, ki bi se povečala ali pomanjšala glede na mere, ki jih določima predčasno. Soba je bila preprosta, sestavljena iz preprostih modrih zidov, ki so predstavljali mejo, kjer je konec igre in v resničnem življenju stena. V Unreal Engine sva naredila Blueprint, ki se je imenoval »Mixed reality manager«. Ta način sva delala od oktobra do konca decembra.

**Delovanje Mixed reality manager blueprinta:** najprej je določil sredino samega sebe. Ta sredina se je premaknila na višino igralca. Za to sva uporabila dodatne funkcije od oculusovega vtičnika »MetaXR«. Po namestitvi višine je igralec pritisnil na kontrolerju gumb »A«, ki je vključil prestavljanje sobe glede na lokacijo kontrolerja. Soba je sledila lokaciji kontrolerja, ampak samo po X in Y osi. Z os, ki določa višino, je ostala na isti lokaciji, saj je že od prej na višini tal. Igralec je moral prestaviti kontroler na sredino sobe in spet pritisniti isti gumb, da se sledenje sobe preneha. Po pritisku na gumb, miza ostane na položaju. Z zgornjimi gumbi, s katerimi se normalno v igri premikaš in obračaš, si tukaj obračaš sobo, da se obrne pravilno, tako kot so stene.

**Problemi:** Postavitev je bila preveč preprosta in neučinkovita. Takoj, ko soba v resničnem svetu ni bila pravilen pravokotnik, je bil »Mixed reality manager« netočen in neefektiven. Gumbi so tudi vedno delovali, kar bi lahko bil problem, če bi ga nekdo ponesreči pritisnil. Soba je bila samo modra kocka, namenjena, da pove, kje je meja, ne pa da bi se igralec dotikal in imel interakcijo z njo.



Slika 4: Soba v 2. načinu

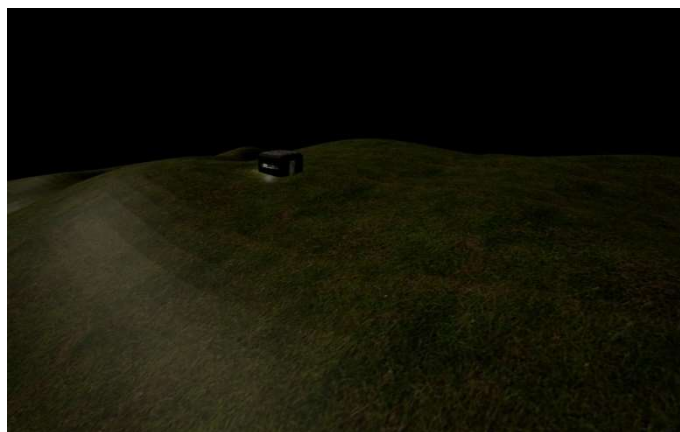
### 3.2.3 Tretji način

Soba sva želela narediti v blenderju, da bi bila narejena na določenih merah in bi se sama postavila na sredino varnostnega sistema Oculus. Iz varnostnega sistema naj bi s pomočjo blueprintov, pridobil lokacijo sredine varnostnega sistema in tja postavil celotno okolje in hišo. Delala sva ga samo v januarju.

**Delovanje:** S posebnimi funkcijami od vtičnika »MetaXR« sva želela pridobiti izpis tabele, ki bi imela v sebi vse lokacije. Nato naj bi si zapomnila najvišje in najnižje lokacije in izračunala sredino. Nato naj bi še določila smer sobe, v kateri se nahaja igralec, tako da bi pogledala, kje sta najvišji in najnižji del ene osi, ter nato uporabila rotacijo, ki gleda od ene do druge.

**Problem:** Funkcija, ki sva jo uporabila za izpis lokacij varnostnega sistema, ni vračala pravih podatkov, zato je soba vedno bila narobe postavljena. Nikoli ni bila postavljena točno na sredino in vsakič, ko se je varnostni sistem spremenil (kar je pogosto), je sistem na drugačen način našel sredino, zato nisva mogla popraviti tako, da bi sobo preprosto zamaknila. Posledično smer sobe ni isto delovala, saj so bili podatki napačni.

**Varnostni sistem Oculus:** Je sistem, ki ga je naredil Oculus, da je igranje VR iger varneje. Sistem deluje tako, da igralec določi višino tal, nato pa si nariše zid, ki ga bo obdajal. Ta zid se pojavi samo, ko se mu igralec dovolj približa in s tem sporoča, da je igralec blizu meje igralnega prostora. Ta varnostni sistem ima omejeno velikost, tako da je lahko maksimalno velik 3 metre v vsako smer.



*Slika 5: Soba v 3. načinu*

### 3.2.4 Četrty način – uspešen

Soba in celotno okolje se postavi na pozicijo igralca in se obrne v smer, v katero igralec gleda. Ko se igralec prvo stotinko pojavi v igri, se v njegovem blueprintu začne časovnik, ki odšteva 2 sekundi. Po dveh sekundah se koda izvede do konca. Nato podatke, ki so se zapisali v igralcu, prestavi v blueprint »Map blueprint«. V tem blueprintu se preberejo vsi podatki, kot so X in Y lokacije in smer, v katero je igralec obrnjen. Okolje je avtomatsko postavljeno na višino tal, ki so določene v varnostnem sistemu Oculusu. po postavitvi vsega okolja se igra normalno odvija naprej, kar pomeni, da igralec lahko strelja in prosto hodi po sobi, medtem ko k njemu hodijo roboti. Roboti izginejo, ko pridejo na cilj, zato je igra sproščena in namenjena za preverjanje, kakšen je občutek mešanja virtualne resničnosti in fizičnega sveta. Ta način je zadnji način, ki sva ga delala od januarja naprej.

**Izgled:** Po uspešnem delovanju, sva dodala travo in drevesa, ki se vsakič postavijo drugače. Dodajo lepoto igri, da le ta lepo izgleda. Dreves se vedno postavi 80, trave pa 6000. Vse to je izvedeno v prvi sekundi, ko je časovnika konec.

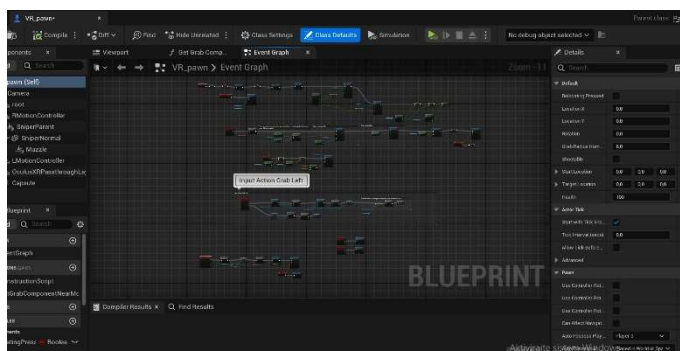


Slika 6: Soba 4. načina

### 3.3 Tehnični izzivi

Med razvojem sva se soočala s številnimi težavami:

- **Kodiranje:** Unreal Engine 5 ponuja veliko možnosti, vendar je integracija VR funkcij kompleksna.
- **Modeliranje:** priprava kakovostnih 3D modelov, ki ne preobremenijo sistema, je bila zahteven proces.
- **Učenje platform:** Unreal Engine 5 in Blender imata strmo učno krivuljo, zato je bilo potrebnih veliko eksperimentov.
- **Določanje meja (border):** največji izziv je bil natančno določiti meje igralnega prostora in jih pravilno preslikati v igro, da se igralec lahko fizično dotakne virtualnih sten.



Slika 7: Primer blueprint kode

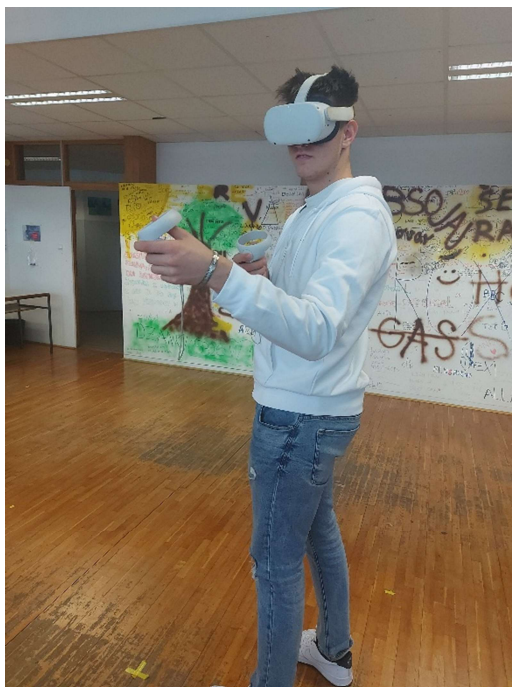
## 4. ANALIZA REZULTATOV

### 4.1 Način testiranja

Testiranje sva izvedla v več fazah, da bi zagotovila ustrezne pogoje in primerljive rezultate. Najprej sva odstranila vse stole in mize iz prostora, da sva ustvarila dovolj prostora za gibanje. Nato sva vstopila v igro in določila točko, kjer se stene v virtualnem okolju ujemajo s fizičnimi stenami v resničnem svetu. Na podlagi te točke sva postavila mize in druge ovire tako, da so bile postavitve v fizičnem in virtualnem okolju usklajene.

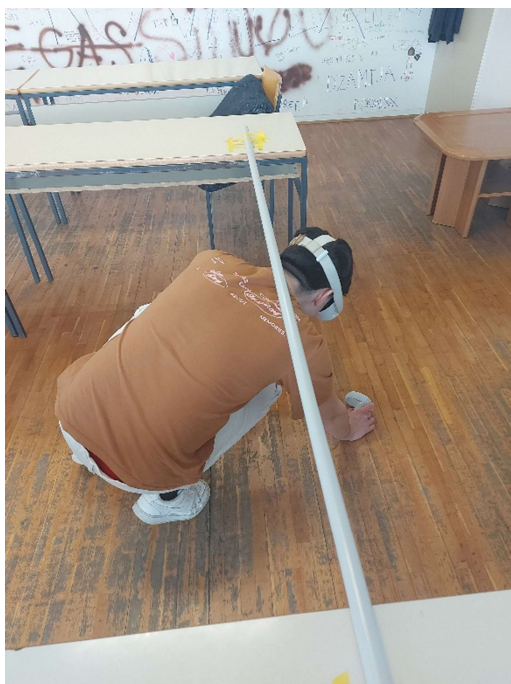
V eksperiment je bilo vključenih deset udeležencev, ki sva jih razdelila v dve skupini. Prva skupina je igrala v mešani resničnosti (MR), kar pomeni, da so se gibal znotraj fizičnega poligona, ki je ustrezal virtualnemu prostoru. Vsakemu igralcu sva pred začetkom podala navodila in mu pokazala začetno točko. Ob začetku igre sva vključila časomer, da bi spremljala trajanje igranja. Po končani igri je eden izmed naju opravil intervju z igralcem ter ga povprašal o njegovi izkušnji in oceni igre na lestvici od 1 do 10, medtem ko je drugi že pripravil naslednjega udeleženca, mu nadel očala ter zagnal igro in merjenje časa.

Ko sva zaključila testiranje prve skupine, sva odstranila vse fizične ovire in mize ter pripravila prostor za drugo skupino. Testiranje druge skupine je potekalo enako, vendar so udeleženci igrali brez fizičnih elementov, kar pomeni, da niso imeli stika s poligonom. Po zaključku testiranja sva prostor pospravila in zbrala vse podatke za nadaljnjo analizo.



Slika 8: VR igralec





*Slika 9: Igralec se plazi pod oviro*



*Slika 10: Igralec sedi na oviri*



*Slika 11: Igralec preverja kako deluje MR*

## 4.2 Navodila osebam

**Navodila igralcem** (osebe brez fizičnega poligona niso imele točke neskladnost):

**Začetek:** postavi se na rumeni križ, ki kaže začetek igre ter glej naravnost, proti popisani steni. Bodi čisto pri miru, saj se soba postavi na tvojo lokacijo ter se tudi obrne v smer, v kateri si ti. Ko si pripravljen, povej, da začnemo igro.

**Igra:** med igro delaj, kar želiš. Lahko streljaš robote, preiskuješ, kakšen je občutek fizične in virtualne resničnosti. Igraj, Kolikor dolgo želiš.

**Konec:** ko si se naveličal, pritisni spodnji gumb na levi roki oz. »X«, ki te postavi v meni.

**Neskladnost:** v primeru, da se fizično okolje in virtualna soba ne ujemata po lokaciji ali rotaciji, pojdi na začetno točko (rumeni križ na tleh) ter pritisni gumb »Y« (zgornji gumb na levi roki). Postavi se, kolikor se da na točko ter se obrni v smer pisane stene pod pravim kotom, ter čakaj, da se soba naloži.

**Streljanje:** roboti, ki prihajajo proti tebi, izginejo, ko pridejo do cilja. Ti jih streljaj, kolikor hočeš, ampak pazi, saj so nekateri imuni, če jih ustreliš na določen del njihovega telesa.

Tabela 1: Osebe, ki so igrale MR

Mešana resničnost		
ime in priimek	čas igranja	ocena (1-10)
Andrej Rezoničnik	04:47:00	9
Andraž Dimec	05:38:00	7
Tim Rednjak	03:30:00	8
Aljaž Čeh	05:05:00	7
Marcel Videmšek	04:21:00	9
Povprečje:	04:40:12	8

Tabela 2: Osebe, ki so igrale VR

Mešana resničnost		
čas		
ime in priimek	igranja	ocena (1-10)
Ammar		
Romanić	04:34:00	6
Filip Juhart	03:50:00	9
Andraž Purg	03:14:00	8
Mark Šehić	03:22:00	8
Ajan Ahmetović	03:04:00	8
Povprečje:	03:36:48	7,8

Tabela 3: P vrednosti testiranja

0,413782	p vrednost ocene
0,018645	p vrednost časa igranja

## 5. Razprava

### 5.1 Hipoteza 1

»Igralci bodo bolj uživali v izkušnji mešane resničnosti v primerjavi z virtualno resničnostjo.«

#### DELNO POTRJENA

Rezultati kažejo, da so igralci v mešani resničnosti v povprečju podali nekoliko višjo oceno izkušnje kot igralci v virtualni resničnosti. Vendar pa je razlika v ocenah razmeroma majhna, kar kaže na to, da igralci sicer nekoliko bolj uživajo v mešani resničnosti, vendar učinek ni izrazit.

Statistična analiza potrjuje to ugotovitev, saj je  $p$  vrednost ocene 0,413782, kar pomeni, da razlika ni statistično značilna. Poleg tega analiza časa igranja kaže, da so igralci v mešani resničnosti v povprečju igrali približno eno minuto dlje, vendar ta podatek sam po sebi ne dokazuje večjega užitka v igri.

Na podlagi teh rezultatov lahko hipotezo **delno potrdimo**. Igralci v mešani resničnosti so igro ocenili nekoliko bolje, vendar razlika ni dovolj velika, da bi lahko z gotovostjo trdili, da so v njej bistveno bolj uživali kot igralci v virtualni resničnosti.

### 5.2 Hipoteza 2

»Igralci v mešani resničnosti se bodo bolj vživeli v igro kot igralci v virtualni resničnosti.«

#### POTRJENA

Rezultati jasno potrjujejo to hipotezo. Igralci v mešani resničnosti so pokazali bistveno večjo stopnjo vživljanja v igro v primerjavi z igralci v virtualni resničnosti. Med igro so se veliko več gibali, hodili po prostoru, se dotikali sten in raziskovali interakcijo med fizičnim in virtualnim svetom. Nasprotno so igralci v virtualni resničnosti večinoma ostajali na enem mestu, saj niso imeli občutka, da so obdani s stenami, in so se osredotočali predvsem na streljanje robotov.

Dodatno dokazilo predstavlja opazovanje igralcev, ki so igrali v mešani resničnosti – njihova pozornost ni bila usmerjena zgolj na igranje, temveč tudi na raziskovanje prostora in testiranje, kako se fizični in virtualni svet prepletata. Nekateri so celo izpostavili, da so ob dotiku sten in miz popolnoma pozabili, da so fizični elementi v resnici nekaj drugega, kot jih prikazuje virtualni svet.

Igralci v MR so prostovoljno v igri ostali dlje časa kot igralci v VR in sicer v povprečju za 1 minuto in 4 sekunde. Statistična analiza močno podpira to ugotovitev, saj je  $p$  vrednost primerjave časa igranja 0,018645, kar pomeni, da je razlika statistično značilna in potrjuje, da se igralci v mešani resničnosti bistveno bolj vživijo v igro.

Na podlagi rezultatov lahko hipotezo v **celoti potrdimo**. Igralci v mešani resničnosti so pokazali višjo stopnjo vključenosti in interakcije s prostorom, kar nakazuje večjo stopnjo vživljanja v igro v primerjavi z igralci v virtualni resničnosti.



## 6. ZAKLJUČEK

Najina raziskava je pokazala, da je mešana resničnost izjemno obetavno, a hkrati zahtevno področje. Kljub težavam sva uspela razviti osnovni koncept igre, ki povezuje virtualno in fizično okolje. Nadaljnje raziskave bi morale imeti izboljšano sledenje prostora in optimizirati, da bi virtualna resničnost postala še bolj pristna. Poleg tega sva ugotovila, da je MR sistem še vedno zelo nerazvit in potrebuje večjo podporo ter izboljšave na tehničnem področju.

## **7. ZAHVALA**

Iskreno se zahvaljujem svojemu mentorju za vso podporo, usmerjanje in dragocene nasvete, ki so mi pomagali pri izvedbi tega projekta. Brez njegove pomoči raziskava ne bi bila tako uspešna.

Posebna zahvala gre tudi lektorju, ki je s svojim znanjem poskrbel, da je besedilo jasnejše in bolj razumljivo.

Hvala tudi vsem, ki ste sodelovali pri testiranju igre. Vaši odzivi in opažanja so bili ključni za razumevanje mešane resničnosti ter njenega vpliva na igralno izkušnjo.