

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA

MARIBOR

**UPORABA VIRTUALNE RESNIČNOSTI ZA
IZBOLJŠANJE FAZE NAČRTOVANJA IN
GRADNJE STAVB**

Kandidat: Blaž Kolar

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: Gradbeništvo

Mentor predavatelj: dr. Ksenija Golob

Mentor v podjetju: inž. grad. Ksaver Vračko

Lektor: Jasmina Vajda Vrhunec, prof. slov.

Maribor, 2022

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Blaž Kolar sem avtor diplomskega dela z naslovom »Uporaba virtualne resničnosti za izboljšanje faze načrtovanja in gradnje stavb«, ki sem ga napisal pod mentorstvom dr. Ksenije Golob.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia Maribor,
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli kot moje lastne – kaznivo po Zakonu o avtorski in sorodnih pravicah (Uradni list RS, št. 16/07 – uradno prečiščeno besedilo, 68/08, 110/13, 56/15 in 63/16 – ZKUASP); prekršek pa podleže tudi ukrepom Višje strokovne šole Academia Maribor skladno z njenimi pravili,
- skladno z 32.a členom ZASP dovoljujem Višji strokovni šoli Academia Maribor objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Maribor, julij 2022

Podpis študenta:

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici dr. Kseniji Golob za nasvete in pripombe ter predvsem potrpežljivost pri pisanju diplomskega dela, ravnateljici mag. Vidi Perko za spodbujanje med časom študija in lektorici Jasmini Vajda Vrhunec za lektoriranje diplomskega dela.

Zahvaljujem se svojim sodelavcem v podjetju Gradbit, d. o. o., ki so me med študijem spodbujali, in podjetju Vračko, d. o. o., za vso pomoč.

Posebna zahvala velja mojim staršem in partnerici, ki so me vsa leta vztrajno spodbujali, da zaključim šolanje.

POVZETEK

V zadnjih desetletjih je gradbena industrija postala kompleksnejša, še posebej pri velikih projektih. V gradbeni industriji je potrebnega veliko znanja za ustrezno optimiziranje časa in stroškov projekta.

Cilj diplomskega dela je analizirati implementacijo sodobne tehnologije, kot sta informacijsko modeliranje gradenj (BIM) in virtualna resničnost (VR) v gradbeništvu, ter izzive za pretvorbo modelov BIM v virtualni model z uporabo virtualnega resničnostnega okolja. V virtualnem okolju lahko stranka in projektna ekipa enostavno razumeta projekt, pri katerem so potopljene v virtualni model objekta. Model v virtualni resničnosti se lahko uporabi za izboljšanje usklajevanja med različnimi strankami, zagotovi zanesljiv vir informacij, simulira proces gradnje in predvideva potencialne težave v različnih fazah projekta.

VR lahko zagotovi boljšo produktivnost v vseh fazah graditve objekta. Lahko izboljša gradbeni projekt v fazah načrtovanja, gradnje, obratovanja in planiranja. Virtualno okolje lahko v fazi načrtovanja pomaga naročniku in ostalim udeležencem razumeti projekt brez inženirskega predznanja. Stranka lahko sodeluje pri iskanju rešitev in oblikovnih alternativ zaradi razumevanja postopka načrtovanja. Pri gradnji lahko virtualni model pripomore k večji agilnosti deležnikov in večji učinkovitosti projekta, da se prihrani čas in denar, prav tako se je mogoče izogniti konfliktom med gradnjo.

Prav tako nudi VR varnejšo in ugodnejšo urjenje kadra, ki opravlja delo na gradbišču. Z uporabo učnih načrtov v okolju VR se lahko pripravniki spustijo v realistično delavsko okolje, ki simulira realno gradbišče in tako pridobivajo izkušnje za opravljanje dela brez, da bi s svojo neizkušenostjo ogrožali sebe ali druge na dejansko aktivem gradbišču. Cena takšnega učnega pristopa je za podjetja veliko manjša v primerjavi z nakupi strojev in primerne prostora.

Diplomsko delo je osredotočeno na proučevanje obstoječih raziskav in nekdanjih študijskih primerov ter na programsko opremo BIM, ki predstavlja prednosti uporabe VR-ja v gradbeništvu.

Ugotovitve diplomskega dela zagotavljajo načrt za izboljšanje implementacije VR-ja v gradbeništvu v širokem razponu. Naloga lahko tudi služi kot podlaga za adaptacijo VR-ja v gradbeno podjetje, za fazo projektiranja ali gradnje.

Ključne besede: *virtualna resničnost, augmentirana resničnost, BIM, gradbena industrija, virtualni trening.*

ABSTRACT

USING VIRTUAL REALITY TO IMPROVE THE PLANNING AND CONSTRUCTION PHASE OF BUILDINGS

In recent decades, the construction industry has become more complex, especially on large projects. The construction industry needs a lot of knowledge to properly optimize project time and costs.

The aim of this thesis is to examine how current technology is being implemented, such as BIM (Information Modeling of Buildings) and VR (virtual reality) in construction and the challenges of converting BIM models into a virtual model using a virtual reality environment. The client and project team can readily understand the project in a virtual environment since they are immersed in the virtual model. The virtual reality model can be used to improve client collaboration, provide a trustworthy source of information, mimic the construction process, and anticipate potential issues at various phases of the project.

VR can provide better productivity. It can improve a construction project in the planning, construction, operation and planning phases. In the planning phase, a virtual environment would aid the client and other participants in comprehending the project without prior engineering knowledge. The client can participate in finding solutions and design alternatives to understand the planning process. When building, a virtual model can help increase stakeholder agility and increase project efficiency to save time and money and avoid conflicts during construction.

VR also offers an even safer and more comfortable training of the workforce for work on the construction site. By using learning plans in a VR environment, trainees can immerse themselves in a realistic work environment that simulates a real construction site and gain experience in doing work without putting themselves or others at risk on an active construction site with their inexperience. The cost of such a learning approach is much lower for companies compared to purchasing machines and suitable land.

The thesis examines existing research, previous case studies, and BIM software to show the benefits of employing VR in construction.

The findings of this thesis present a strategy for improving the use of virtual reality in construction across a broad spectrum. The work can also be used as a foundation for incorporating virtual reality into a construction enterprise throughout the planning or building phases.

Keywords: *Virtual reality, augmented reality, BIM, construction industry, virtual training*

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	8
1.1	OPIS PODROČJA IN OPREDELITEV PROBLEMA	8
1.2	NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE	9
1.3	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE	9
1.4	UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE	10
2	TEORETIČNI DEL	11
2.1	PROJEKTIRANJE S POMOČJO VIRTUALNEGA OKOLJA	11
2.2	VIRTUALNA RESNIČNOST NA GRADBIŠČU	13
2.3	ETIKA V GRADBENIŠTVU – KROVNA TEMA	14
3	RAZISKOVALNI DEL – PREGLED IN PREDSTAVITEV STROJNE IN PROGRAMSKE OPREME	17
3.1	ZMOGLJIVOSTI VR-JA V GRADBENIŠTVU	17
3.1.1	<i>Sprehod</i>	17
3.1.2	<i>Preverjanje podatkov</i>	17
3.2	STROJNA OPREMA	18
3.2.1	<i>Oculus Quest 2</i>	18
3.2.2	<i>VR in AR na pametnem telefonu</i>	19
3.2.3	<i>Microsoft Hololens 2 (AR – augmentirana realnost)</i>	20
3.3	PROGRAMSKA OPREMA ZA VIRTUALNO RESNIČNOST V PROJEKTIRANJU	21
3.3.1	<i>Unity Reflect</i>	21
3.3.2	<i>Twinmotion</i>	21
3.3.3	<i>Raziskava programa Twinmotion – preveritev prve in druge hipoteze</i>	22
3.4	PROGRAMSKA OPREMA ZA SODELOVANJE DELEŽNIKOV PROJEKTA Z VIRTUALNO RESNIČNOSTJO.....	40
3.4.1	<i>InsiteVR</i>	40
3.4.2	<i>Raziskava programa IrisVR – preveritev tretje hipoteze</i>	40
3.5	PROGRAMSKA IN STROJNA OPREMA ZA VIRTUALNO RESNIČNOST NA GRADBIŠČU	44
3.5.1	<i>Raziskava programa ITI VR – virtualni trening za varnost na gradbišču</i>	44
3.5.2	<i>Raziskava programa Visuallive – augmentirana resničnost na gradbišču</i>	48
4	ZAKLJUČEK	52
5	VIRI IN LITERATURA	55

KAZALO SLIK

SLIKA 1: OCULUS QUEST 2.....	18
SLIKA 2: GOOGLE CARDBOARD	19
SLIKA 3: MICROSOFT HOLOLENS 2.....	20
SLIKA 4: TŁORIS OBJEKTA V PROGRAMU ARCHICAD	23
SLIKA 5: 3D MODEL OBJEKTA V PROGRAMU ARCHICAD.....	24
SLIKA 6: HITRA POVEZAVA MODELA ARCHICAD S PROGRAMOM TWINMOTION	24
SLIKA 7: MODEL OBJEKTA V PROGRAMU TWINMOTION	25
SLIKA 8: FUNKCIJA PREDVAJANJA MODELA OBJEKTA Z VR-OČALI	26
SLIKA 9: PRVI POGLED MODELA OBJEKTA V VR-JU.....	26
SLIKA 10: POGLED MODELA OBJEKTA V VR-JU OD BLIZU	27
SLIKA 11: SPREHOD PO MODELU OBJEKTA V VR-JU – DNEVNI PROSTOR	28
SLIKA 12: SPREHOD PO MODELU OBJEKTA V VR-JU – STOPNIŠČE.....	29
SLIKA 13: PRIMERJAVA MED POGLEDOMA V VR-JU IN BIM-U – HODNIK	30
SLIKA 14: SPREMINJANJE MATERIALA KOPALNIŠKE STENE V STEKLO	31
SLIKA 15: PREREZ MODELA OBJEKTA V PROGRAMU ARCHICAD	32
SLIKA 16: PREREZ MODELA OBJEKTA V VR-JU S PRIKAZANIM MENIJEM ZA IZBIRO MATERIALA	33
SLIKA 17: PREDSTAVITEV MENJAVE MATERIALOV V VR-PROGRAMU TWINMOTION – NOTRANJE STENE	34
SLIKA 18: PREDSTAVITEV MENJAVE MATERIALOV V VR-PROGRAMU TWINMOTION – POD	35
SLIKA 19: PREDSTAVITEV MENJAVE MATERIALOV V VR-PROGRAMU TWINMOTION – ZUNANJA FASADA	36
SLIKA 20: PREDSTAVITEV SPREMEMBE VREMENA V VR-PROGRAMU TWINMOTION (OSNOVA).....	36
SLIKA 21: PREDSTAVITEV SPREMEMBE VREMENA V VR-PROGRAMU TWINMOTION – DEŽ	37
SLIKA 22: PREDSTAVITEV SPREMEMBE VREMENA V VR-PROGRAMU TWINMOTION – SNEG.....	37
SLIKA 23: VIRTUALNI SESTANEK V VR-JU S PROGRAMOM IRISVR – PREGLED MODELA BIM.....	41
SLIKA 24: UDELEŽENEC SE PRIPRAVLJA NA VR-SESTANEK.....	41
SLIKA 25: UDELEŽENCI SKUPAJ ANALIZIRAJO PROJEKT V VR-OKOLJU PROGRAMA IRISVR	42
SLIKA 26: UDELEŽENCI SKUPAJ OZNAČUJEJO POTENCIALNE SPREMEMBE PROJEKTA V VR-OKOLJU PROGRAMA IRISVR	42
SLIKA 27: KONFIGURACIJA VR-POSTAJE Z UPORABO RAČUNALNIKA IN POSEBNIH KRMILNIKOV IT VR	45
SLIKA 28: PRIPRAVNIK V VR-SIMULACIJI ZA UČENJE UPRAVLJANJA ŽERJAVOV	46
SLIKA 29: VR-SIMULACIJA ZA UČENJE UPRAVLJANJA ŽERJAVOV – POGLED POLIGONA.....	46
SLIKA 30: VR-SIMULACIJA ZA UČENJE UPRAVLJANJA ŽERJAVOV – POGLED ZNOTRAJ KABINE	47
SLIKA 31: VR-SIMULACIJA ZA UČENJE UPRAVLJANJA ŽERJAVOV – POGLED ZNOTRAJ KABINE	47
SLIKA 32: PRIKAZ MODELA BIM Z UPORABO AR HOLOLENS.....	48
SLIKA 33: MODEL BIM, NALOŽEN V PROSTOR Z UPORABO AR HOLOLENS	49
SLIKA 34: ORODJE ZA KORIGIRANJE MODELA BIM Z AR HOLOLENS	49
SLIKA 35: ANALIZA KONFLIKTA MED GRADBIŠČEM IN MODELOM BIM Z UPORABO AR HOLOLENS	50

1 UVOD

1.1 Opis področja in opredelitev problema

V zadnjih dveh desetletjih so gradbeni projekti postali vse bolj zapleteni. (Luo, Februar 2017) Industrija je bila vedno znana kot tradicionalna in manj inovativna, s počasnejšo produktivnostjo v primerjavi z drugimi sektorji. Gradbena podjetja se še vedno soočajo z izzivi pri izvedbi svojih projektov v pravem času in s proračunom. Zagotavljanje zadostne ravni komunikacije in sodelovanja znotraj projektne ekipe je problematično. Projektne napake ter slabo sodelovanje in komunikacijska orodja veljajo za glavne razloge za zamude pri projektih in prekoračitve stroškov. Na podlagi dejstva, da so ekipe znotraj stroke, kot so projektanti in drugi deležniki investicijskega procesa, vključeni v gradbeni projekt zahtevajo ustrezno orodje za komunikacijo in sodelovanje za povečanje učinkovitosti in interaktivnost izmenjave podatkov v času projekta. (Lahdou & Zetterman, 2011)

Informacijsko modeliranje gradenj (BIM) je dramatično spremenilo gradbeno industrijo v zadnjem desetletju. Uporaba BIM-a dobro vpliva na projekte, kjer zagotavlja platformo za sodelovanje z vsemi udeleženci projekta, komunikacijo, moč vizualizacije, da sledi težavam, in povečanje kakovosti procesa načrtovanja z odkrivanjem nasprotij v zgodnji fazi načrtovanja in odpravljanjem prekomernih popravkov projekta. BIM velja za centralizirano skladišče podatkov in tudi za podatkovno podlago, ki jo je mogoče razširiti in povezati z drugimi nastajajočimi tehnologijami, kot je virtualna resničnost (VR). Vendar pa je sprejemanje nove tehnologije na gradbenem področju izziv. Razširitev BIM-VR ustvarja nove poslovne priložnosti za povečanje učinkovitosti z digitalizacijo in zagotavljanjem inovativnih rešitev za problematična vprašanja med udeleženci projekta glede časa, stroškov in kakovosti. (Sampaio, julij 2019)

VR je novejša tehnologija, ki uporablja umetno ustvarjeno okolje, ki je ustvarjeno s programsko in strojno opremo. Virtualna resničnost se doživlja skozi zvok in vid za doseganje višje ravni ogleda. VR je bil razvrščen kot eden izmed desetih najboljših Gartnerjevih strateških tehnoloških trendov za leto 2019. Študija Goldman Sachsa ocenjuje, da bo velikost trga VR do leta 2025 narasla na 80 milijard. (Bellini, 2016) VR uporabnikom pomaga, da se potopijo v popoln model, omogočijo hojo skozi projekt in preverijo podrobno zasnovo pred gradnjo. Pri projektiranju je VR dragoceno orodje za pregled dizajna, ki pomaga predstaviti in olajša predstavitev podrobnosti strankam, ki nimajo inženirskega znanja. Zgodnje sodelovanje strank

v procesu oblikovanja z inovativnim orodjem povečuje zadovoljstvo in pomaga pri izpolnjevanju projektnih zahtev. Nudi tudi komunikacijo in sodelovanje za udeležence projekta, ki jim omogoča, da preverijo projekt v polni obliki v fazi načrtovanja. Po drugi strani lahko VR optimizira proces gradnje gradbišču. Vodje projektov lahko uporabijo VR za simulacijo gradbenih dejavnosti, da optimizirajo čas, stroške in kakovost.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen diplomskega dela je raziskati potencialne izboljšave, ki jih nudi uporaba VR-ja v fazi načrtovanja in gradnje, ter predstaviti možne aplikacije VR-ja in njegovo uporabo v gradbeništvu.

Cilji diplomskega dela:

- omogočiti spretno uporaba VR-ja v gradbeništvu;
- dokazati potencialne izboljšave in novosti z VR-jem;
- prikazati vse možnosti uporabe VR-ja v fazi načrtovanja in gradnje.

Hipoteze oziroma trditve diplomskega dela:

- **H1:** VR izboljša proces arhitekturnega projektiranja BIM.
- **H2:** S pomočjo VR-vizualizacije se investitorju oziroma naročniku boljše in podrobneje prikaže projekt kot le z uporabo klasičnega projekta BIM.
- **H3:** VR omogoči učinkovitejše delo med sodelujočimi na projektu kot pri klasičnem projektu BIM.
- **H4:** Krovna tema: Apliciranje VR-ja na gradbišču vodi k učinkovitejši in varnejši gradnji kot samo uporaba PZI-ja v obliki BIM – krovna tema.

1.3 Predpostavke in omejitve

Za teoretični del diplomskega dela bodo uporabljene predvsem proučena strokovna literatura in obstoječe raziskave.

V raziskovalnem delu bom lastno preizkusil in proučil strojno opremo, ki bo predstavljena. Za programsko opremo, ki mi ne bo na voljo, pa bom proučil obstoječe podatke o teh programih na spletu in jih na osnovi teh podatkov predstavil in podal svoje mnenje.

Predvidevam, da ne bo na voljo veliko programske opreme za lastno izkušnjo.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

Za raziskavo teoretičnega dela diplomskega dela bom uporabil strokovno literaturo (primarne in sekundarne vire) in podatke obravnavanega področja, ki jih bom pridobil prek spleta.

Pri raziskovalnem delu bo potrebno pridobiti vsaj en primer strojne opreme oz. VR očala in številno programsko opremo, če bo le možno pridobiti šolsko različico ali preizkusno obdobje. Nato bom temeljito preizkusil funkcije strojne in programske opreme na pridobljenih BIM modelih. BIM model ne bo lastno izdelan, saj to ni predmet diplomskega dela. Predvidevam, da veliko strojne in programske opreme na trgu ne bo možno pridobiti, zato bom v teh primerih analiziral obstoječe podatke in literaturo o teh s spleta. Vse pridobljene podatke iz lastnega proučevanja ali iz analize podatkov s spleta bom v raziskovalnem delu opisal in grafično s primeri prikazal.

2 TEORETIČNI DEL

2.1 *Projektiranje s pomočjo virtualnega okolja*

VR omogoča interaktivno, vizualno in zvočno doživljanje. Oblikovalcem omogoča, da v VR-prostoru prepoznajo, dojemajo in premikajo tridimenzionalne gradbene elemente. Medtem pa uporabniki s senzorično potopitvijo v VR-prostor postanejo del okolja in si s pomočjo sledilnih očal, ki jih nosijo, ogledajo stereoskopske slike, poslušajo tridimenzionalne (3D) zvoke ter svobodno raziskujejo in interagirajo v 3D svetu. (Chan, April 1996)

Za VR-sistem je značilno, da zagotavlja 3D ogled, dinamični prikaz, uporabniki so aktivni navigatorji, slika v VR-ju je prikazana z vidika uporabnika in je multimedijska interakcija. (Chan, April 1996)

V gradbeni industriji je povezovanje BIM-a z VR-jem preoblikovalo proces načrtovanja in gradnje. Integracija BIM-a z VR-jem omogoča zbiranje in predstavitev informacij, povečuje kakovost informacij in reševanje problemov v interaktivnem projektu. Tehnologija VR nudi povezavo s 3D modeli BIM-a na dva načina, in sicer omogoča sprehod v virtualnem okolju v dejanskem času z več zornih kotov stavbe in pridobivanje podatkov, povezanih s parametri, ki sestavljajo parametrične objekte, uporabljene v procesu modeliranja. (Sampaio, julij 2019)

V zadnjih letih je tehnologija VR doživela velik napredek. Uporabljajo jo inženirji, gradbeni strokovnjaki in arhitekti ter s tem raziskujejo in omogočajo napredek VR-ja in BIM-a. Za sprehod skozi prostor v realnem času z interaktivnimi zmogljivostmi se uporabljajo različni programi s pomočjo naprav z zaslonom na glavi (Head-mounted display – HDM), kot na primer VR-očala Oculus Rift. Raba holografskih projekcij pa omogoča končnemu uporabniku, da izkusi različne teksture. Z uporabo vtičnika, kot je Enscape Revit, lahko raziščemo različne možnosti oblikovanja v projektih. (Sampaio, Julij 2019)

VR igra pomembno vlogo na vseh stopnjah procesa, od načrtovanja do gradnje, od ocenjevanja možnosti oblikovanja in predstavljanja predlogov do odpravljanja napak pri načrtovanju in odpravljanju težav z gradnjo in servisiranjem, še preden se začnejo dela na mestu. Tehnološke zmogljivosti v zvezi s pridobivanjem podatkov o modelu so potrebne pri prenosu podatkov BIM-a v VR-okolje. Da lahko do modela dostopajo različne projektne ekipe, je model centralno gostovan. To omogoča projektnim ekipam neposreden dostop kjerkoli in kadarkoli. Eden izmed takšnih programov je Autodesk A360. Z njim lahko podatke pregledamo, analiziramo in spremenimo ter s tem izboljšamo projekt. (Sampaio, Julij 2019)

Čeprav tehnologija VR ponuja veliko prednosti, sama po sebi ne rešuje težav. Še vedno sta dobra zasnova in konstrukcija najpomembnejša elementa v gradbeništvu. Vendar pa lahko tehnologija VR pomaga predvideti in rešiti nekatere probleme. Sprehod v prostoru v realnem času stranki prikaže izgled končnega rezultata, s čimer lahko projektant utemelji izbiro dizajna svoji stranki in ob morebitnih težavah to takoj sporoči svoji ekipi. (Unity)

Dobra komunikacija je velikokrat ključni dejavnik, ki pripomore k uspehu projekta, medtem ko je slaba komunikacija pogosto razlog za neuspeh projekta. Pogosto se slabo komunikacijo poskuša rešiti z več sestanki, kar pa pomeni izgubo dragocenega časa. Uporaba tehnologije VR pomaga premostiti komunikacijsko vrzel med strankami. Težko je opisati, kako bo izgledal končni izdelek, saj si ljudje različno predstavljajo opise. Interakcija s prostorom v resničnem času omogoča stranki, da pridobi občutek obsega prostora in nato postavi vprašanja na podlagi tega, kar vidi. (Unity)

Že leta se za načrtovanje gradnje žičnih okvirjev 3D zgradb, ki jih gledamo skozi 2D-zaslon, uporablja Computer Assisted Design (CAD). Nova tehnologija VR pa arhitektom, izvajalcem, notranjim oblikovalcem in strankam omogoča ogled strukture v navidezni realnosti. Podjetje InsiteVR s svojimi programi omogoča ustvarjanje dizajna z orodji za skiciranje, ki vsakemu uporabniku skupine omogoča urejanje in sodelovanje pri ustvarjanju. Svoje zahtevne arhitekturne 3D modele lahko z integracijo programov, kot so Revit, Rhino, Sketchup, Navisworks in številni drugi programski paketi za urejanje 3D modelov, prenesejo v prostor navidezne resničnosti. (Fink, 2020)

Podjetja, univerze in vladni raziskovani laboratoriji že desetletja razlikujejo in razvijajo VR. Prva naprava z zaslonom na glavi (HMD) je bila razvita že leta 1968. V devetdesetih letih prejšnjega stoletja pa je izšla prva komercialno dostopna naprava z zaslonom na glavi. Največ prihodka in zanimanja za tehnologijo VR izhaja iz rekreativnih spletnih iger. Vendar vlada in industrija še naprej vlagata v doprinos VR-ja, saj je ta korenito spremenil način dela. (Urban Hub, 2019)

Razširitev BIM-a z VR-jem lahko pomaga vodji gradnje pri odkrivanju in nadzorovanju napak pri koordiniranju načrtovanja. Praktična aplikacija tehnologije VR je na voljo in mnoga gradbena podjetja so jo začela uporabljati, vendar če zanemarimo prekomerno navdušenje, vidimo, da je strokovnost na tem področju neenakomerna, standardov je malo in včasih ni povsem jasno, kdo vodi in ali bo naročnik plačal račun, tudi kadar je dobrobit očitna. V takšnih razmerah se lahko zdijo nove tehnologije tvegane. (Jacobson & Dray, 2018)

Ena izmed najbolj očitnih težav pri načrtovanju je, ko si dva dela načrta med seboj nasprotujeta, na primer, ko sta sistem HVAC in električni sistem napeljana skozi isti prostor. Prav tako je težko zaznati vrzel v dizajnu, ko naj bi nekaj obstajalo, vendar ni tam. Najpogostejša načina odkrivanja težav sta pogosto pregledovanje dizajna in pregled kakovosti s strani izkušene osebe. Uporablja se tudi Navisworks, program, ki avtomatsko zazna nepravilnosti, če je model BIM dobro izdelan in imajo elementi dovolj metapodatkov. Vendar je pomembno poudariti, da ta program nepravilnosti ne razreši, ampak jih samo zazna. Omeniti je treba program LIDAR, s katerim skeniramo gradbišče in nastale točke prenesemo v Revit (ali v podoben 3D program BIM-a) ter jih uskladimo z zasnovo. Ta pristop zahteva veliko časa, vendar je uporaben predvsem pri naknadnih popravilih ali kompleksnih gradbenih delih. (Jacobson & Dray, 2018)

Ena izmed rešitev je ogled modela v navidezni realnosti. S tem lahko opazimo pomanjkljivosti in vsi, ki si bodo ogledali model v VR-ju, si bodo prostor razlagali na približno enak način. Priljubljeni programi za 3D modeliranje so Revit, 3DS Max, SketchUp in Rhino. Ti večinoma uporabljajo privezane zaslone za glavo (HMD) in uporabnikom nudijo navigiranje po modelu. Primer vključujejo Revit Live, Enscape, InsiteVR, IrisVR in Revizto. (Jacobson & Dray, 2018)

2.2 Virtualna resničnost na gradbišču

Več informacij kot je dostopnih delavcem, bolj so ti pripravljeni na izzive, ki jih čakajo na delovišču, in s tem se zmanjšajo možnosti poškodb na prizorišču dela, število napak, ki temeljijo na napačni razlagi ali razumevanju, in čas, ki ga oseba potrebuje za učenje. VR omogoča delavcem, da se brez pritiskov v nadzorovanem okolju vnaprej pripravijo na delo. (Unity)

Uporaba tehnologije VR pri usposabljanju delavcev gradbenim podjetjem omogoča, da lahko delavca postavijo v zelo realistične, virtualne scenarije in mu na ta način omogočijo, da spozna nevarnosti pri delu in vadi sprejemanje odločitev v tveganih situacijah. (Unity)

Zagotovitev izobraževanja v gradbeništvu zahteva pristop k učenju, ki je inovativen in vznemirljiv. Poglobljeno učenje omogoča doseganje splošnega in specialističnega usposabljanja. Uporaba VR-ja ima pri izobraževanju mnoge pomembne koristi. (Hay, in drugi, September 2017)

Ker je gradnja objektov velikokrat nevarna, s tem postavlja operaterje opreme, gradbene delavce, strojne inštalaterje in druge obrtnike v nenehno nevarnost. Vadbeno okolje v VR-ju je 100-odstotno varno in omogoča poustvarjanje simuliranih gradbišč, nevarnih območij,

nevarnosti poškodb in celo smrti. Duševne in čustvene nevarnosti, ki lahko nastanejo zaradi stresa in raztresenosti, so običajno spregledane, vendar pa jih lahko v VR-ju varno poustvarimo. Najnaprednejša tehnologija VR pa prinaša randomizacijo oziroma naključno izbiro, ki učencem ne pusti, da si začasno zapomnijo »težke dele« določenih lekcij in jih kasneje hitro pozabijo. (Rice, 2018)

Uporaba tehnologije VR dovoli učencem, da odkrito razpravljajo in govorijo o tem, kaj so se učili, in da s ponavljanjem vaj izboljšajo svoje kompetence. Vadenje veščin poteka v časovno neomejenem okvirju brez zapravljenega materiala ali stroškov, povezanih s potovanjem v okolje za usposabljanje. Z repliko orodij lahko učenci osvojijo njihovo uporabo, še preden stopijo na pravo gradbišče. (Hay, in drugi, September 2017)

Upoštevati pa je treba tudi nekatere negativne vidike uporabe tehnologije VR (Hay, in drugi, September 2017)

- ne obstaja sistem akreditacije ali standardov za uporabo tehnologije VR v izobraževanju in zunaj njega;
- ponudniki usposabljanja se morajo zavedati, da je ustvarjanje vsebin še vedno v povojih, z različnimi stopnjami kakovosti in zmožnosti;
- tehnologija se hitro razvija, kar pomeni, da postane zastarela oziroma potrebuje nadgradnjo. To pa seveda pomeni nove stroške;
- cena se razlikuje med posameznimi orodji in tehnologijami, zato morajo ponudniki skrbno premisliti, v katero tehnologijo bodo vlagali denar;
- trenutno skoraj ni dokazov o škodljivih fizičnih učinkih uporabe VR-ja, čeprav je manjše število uporabnikov poročalo o dezorientaciji in slabostih pri daljši uporabi VR-ja, zlasti kadar so »delali« na višini.

2.3 Etika v gradbeništvu – krovna tema

Gradbeništvo je zahteven in izziven poslovni sektor. Vendar je etična praksa v gradbeni industriji ključnega pomena, podobno kot v drugih poslovnih sektorjih. Je tema o kateri se veliko razpravlja in se razume, da je neetična praksa na prvem mestu med najresnejšimi težavami, ki vplivajo na gradbeno industrijo. Gradbeništvo se sooča z nekaterimi etičnimi vprašanji, ki vključujejo vendar niso omejena na: navzkrižje interesov, inflacijo računov, strokovno nesposobnost, slabo opravljeno delo, goljufije, podkupovanje, napačno poklicno

ravnanje, ustrahovanje in malomarnost med številnimi drugimi težavami. Posledice teh neetičnih ravnanj v gradbeništvu lahko privedejo do zmanjšanja zaupanja v poklic, nenehnih negotovih praks zaposlenih, ki tvegajo življenja in lastnine, izguba dohodka s strani naročnikov in financerjev, nepotrebni in neutemeljeni izdatki, ki med drugim povečujejo raven revščine in zmanjšujejo kakovost življenja.

V preteklosti je bilo izvedenih več študij o etiki in neetičnih praksah. Na primer Alsweity (Alsweity & Yousef, 2013), Hamzah (Hamzah, Wang, & Yap, 2010) in Hassim (Hassim, Kajewski, & Trigunarsyah, 2010) poudarjajo, da gradbena industrija ustvarja pomemben prispevek h gospodarskem razvoju in napredku vsakega naroda in to omogoča velik vložek ne glede na stopnjo razvitosti omenjenega naroda. Avtorji še navajajo da ta industrija, poleg tako velikega prispevka h gospodarskemu razvoju in napredku tudi ponuja zaposlitev do deset odstotkov celotne delovne sile, vključno s specializiranimi strokovnjaki, kvalificiranimi in polkvalificirani gradbenimi delavci. Gradbeništvo je ključni gospodarski motor, ki spodbuja gospodarstva katere koli države.

Kljub temu se gradbeništvo sooča s številnimi moralnimi izzivi povezanimi z vedenjem, ki vključuje podkupovanja za pridobivanje projektov, nezanesljive izvajalce, laganje, igre zahtevkov, navzkrižja interesov, plačilne igre, grožnje, goljufije, tajno dogovarjanje in poklicna malomarnost (Ho, 2011). Vprašanja etike v sektorjih gradbene industrije je treba obravnavati kot pomemben interes in bo posledično pomagalo ovreči vtis, da so takšna vprašanja manj pomembna ali nepovezana gradbeništvom (Sinha, Thomas, & Kulka, 2004). Zato je v zgodnji fazi načrtovanja, gradnje in fazi izvajanja projekta treba upoštevati številne dejavnike, ki se opirajo na ravni vrednot in morale. Upoštevati je treba izraze, kot so timska etika, osebna etika in globalna odgovornost. To je zato, ker so vsa ustrezna načela, ki jih projekt in njegovo ozadje posredno in neposredno spreminja, vplivna za pridobivanje prednosti v izvajanju celotnega projekta in njegove vrednosti.

Dosežek gradbenega projekta je v veliki meri odvisen od ravnanja ljudi, ki pri njem sodelujejo že od zgodnjega začetka do zaključnih faz. Kljub temu je na tisoče različnih vrst pritožb in stopenj, ki se skoraj dnevno pojavljajo v zvezi z delovanjem v gradbeništvu. Etične prakse v gradbeništvu je treba deležnikom projekta vcepiti in vsiliti. Vendar pa mora to uveljavljanje temeljiti na resničnem in dragocenem razumevanju narave, navdiha in prikaza etičnih praks, da bo lahko zagotoviti potrebne rezultate. Obstaja navzkrižje interesov med ključnimi stranmi, kot so projektant, investitor, izvajalec in nadzornik. Vsi znaki kažejo, da se od gradbene industrije zahteva več etične prakse kot od katere koli druge, vendar se je napačno ravnanje strokovnjakov

povečalo in obstaja veliko neskladje med dejanskim ravnanjem strokovnjakov in njihove moralne odgovornosti. (Mason, 2009)

3 RAZISKOVALNI DEL – pregled in predstavitev strojne in programske opreme

V diplomskem delu bom proučil strojno in programsko opremo ter njune funkcije v vseh fazah investicijskega procesa, predvsem s področja projektiranja in gradnje.

3.1 Zmožljivosti VR-ja v gradbeništvu

VR se vse pogostejše uporablja v gradbeništvu. Z uporabo tehnologije VR se uporabniki lahko popolnoma potopijo v model, kar jim daje realističen občutek prisotnosti v prostoru. Arhitekturne in inženirske organizacije trdijo, da aplikacije navidezne resničnosti znižujejo stroške materiala in dela, hkrati olajšajo oblikovanje vizualizacije za investitorje. Za preverjanje modela lahko na primer uporabimo sprehod preko 3D modela BIM v VR. Kar zadeva vodenje projekta, pregledi izvedljivosti in ocena stroškov izboljšajo postopke odločanja oziroma oddaje naročil projektov.

Obstajata dva glavna načina, kako lahko tehnologija VR izboljša BIM in to je virtualni sprehod ter preverjanje podatkov.

3.1.1 Sprehod

S pomočjo tehnologije virtualne resničnosti je mogoče projekt učinkovitejše izboljšati, razviti in analizirati v večih stopnjah načrtovanja. Uporaba VR pri zgodnjem odločanju za projekt olajša pripravo alternativnih možnosti ali odpravljanje težav. Ker se člani ekipe lahko sprehodijo skozi in vidijo model kot resnično okolje, tehnologija VR omogoča ovrednotenje modela v celotnem digitalnem merilu, kar omogoča bolj natančno analizo projekta.

3.1.2 Preverjanje podatkov

Po vključitvi modela v virtualni svet so elementi, kot so materialne sestave, pohištvo in drugi predmeti dali sprehajalnemu okolju VR realističen občutek. VR je lahko ključna komponenta vsake projektne stopnje od načrtovanja do izvedbe, od izbire alternativ zasnove in predstavitve predloga do zgodnjega odkrivanja sporov in težav še pred izvedbo. Ko postavljamo 3D modele BIM v okolje VR, ta ponuja zelo učinkovito in interaktivno delovanje skozi celotno

predstavitev, vendar so potrebne tehnološke zmogljivosti za pridobivanje podatkov. Z omogočanjem dostopa do realističnih predstavitev modelov BIM lahko orodja BIM omogočajo sodelovanje med projektno skupino pri reševanju izzivov in ovir.

3.2 Strojna oprema

Trenutno so na trgu na voljo tri vrste naprav z zaslonom na glavi (HMD). To so samostojna VR-očala, ki so sposobna sama upravljati VR-programe ali pa jih lahko priključimo na namizni računalnik, pametni telefoni z VR-ohišjem, kjer je VR-okolje omejeno na zmogljivost telefona, in AR-očala, ki projicirajo 3D modele v realni prostor. Vse navedene vrste so v nadaljevanju podrobneje predstavljene.

3.2.1 Oculus Quest 2

Oculus Rift je bilo prvo veliko ime v trenutnem valu VR-naprav, Oculus pa je še vedno pomemben igralec v VR-industriji. Podjetje se odpoveduje namenskim, žičnim VR-napravam in ukinja Rift S ter se v celoti osredotoča na samostojni Quest 2. To pomeni, da nismo vezani na priključitev računalnikov in s tem na povezavo prek kablov, saj Quest 2 samostojno nudi popolno VR-funkcionalnost.



Slika 1: Oculus Quest 2

Vir: (<https://www.oculus.com/quest-2/>)

Cena za Oculus Quest 2 je od 450 EUR naprej. V ceno je vključen DDV.

V tej nalogi je bil pri praktičnih primerih uporabljen Oculus Quest 2. Oculus Quest 2 sicer obljublja brezžično uporabo, a v trenutnem stanju trga VR-programov za gradbeništvo takšni

programi niso na voljo za brezžično uporabo. Za dejansko uporabo VR-programov za gradbeništvo je potreben nakup dodatnega kabla za priključitev na računalnik Quest 2 Link, kar onemogoči mobilnost naprave. Cena za Quest 2 Link je od 70 EUR naprej. V ceno je vključen DDV.

3.2.2 VR in AR na pametnem telefonu

VR za pametne telefone vključuje več odmevnih blagovnih znamk v prostoru VR, kot so Samsung Gear, Google Daydream in Pansonite HMD. Poleg tega obstaja na stotine drugih, manj znanih VR-naprav, očal za navidezno resničnost in ročnih gledalcev VR-ja, od katerih večina temelji na platformi Google Cardboard.



Slika 2: Google Cardboard

Vir: (https://www.researchgate.net/figure/Two-examples-of-Google-Cardboard-viewer_fig2_324669270/)

Pametni telefon VR ponuja razmeroma enostaven uvod v virtualno resničnost, in to z minimalnim tveganjem. Naprave so večinoma združljive z večino pametnih telefonov, kot sta Android in iPhone, če se prilegajo v VR-napravo. Povprečni razpon velikosti zaslona, ki ga navajajo proizvajalci, je od 10 do 15 cm.

Uporabniki se morajo tudi zavedati, da ta vrsta navidezne resničnosti velja za nizkotehnološko in omejeno. Dejansko so mobilne naprave VR v bistvu plastično ohišje s parom leč in oblazinjenjem za udobje uporabnika, ki se večinoma zanaša na tehnologijo vstavljenega pametnega telefona za uporabo aplikacij za navidezno resničnost.

Cena za mobilno VR-ohišje je od 30 EUR naprej. V ceno je vključen DDV.

3.2.3 Microsoft Hololens 2 (AR – augmentirana realnost)

Microsoft Hololens je bila prva prava naprava za AR, ki se je pojavila, zdaj pa je v svoji drugi generaciji ta popolnoma brezžična naprava še vedno najboljša, ki jo lahko kupimo. Hololens 2 ni omejen le na prikazovanje besedila pred vašimi očmi ali na prenos zvoka v ušesa, temveč lahko brezhibno integrira 3D grafiko v polnem gibanju v svet okoli nas. Ima senzorje za ročno sledenje, ki nam omogočajo interakcijo s predmeti v realnem času. Obstajajo tudi sledilniki oči, ki lahko povedo, kje iščemo, in pomagajo narediti interakcijo z določenimi predmeti natančnejšo.



Slika 3: Microsoft Hololens 2

Vir: (<https://visuallive.com/hololens-2-orders/>)

Cena za Hololens 2 je od 3.580 EUR naprej. V ceno ni vključen DDV.

3.3 Programska oprema za virtualno resničnost v projektiranju

Programska oprema VR omogoči uvoz obstoječih 3D modelov BIM-a v virtualno okolje. VR-programi se razlikujejo predvsem po ceni in ponujenih funkcijah, kot so merjenje, spreminjanje, analiziranje in notiranje 3D modelov BIM-a.

V nadaljevanju tega poglavja se bom osredotočil na preiskavo enega izmed teh programov, to je na Twinmotion, in na preverjanja prve in druge hipoteze, ki sem si ju zastavil.

3.3.1 Unity Reflect

Unity je podjetje, ki se ukvarja z ustvarjanjem inteligentne, visokokakovostne programske opreme za prihodnost digitalnega napredka. Je ena izmed najbolj priljubljenih platform in eno izmed najbolj priljubljenih naborov orodij za oblikovanje virtualne in augmentirane resničnosti.

Unity Reflect je zbirka izdelkov za ustvarjanje impresivnih 3D okolij v resničnem svetu. Ekosistem Reflect zajema tako AR kot VR, in to s tehnologijo za celoten življenjski cikel projekta.

Dve osrednji komponenti Unity Reflecta sta Reflect Review in Reflect Develop. Unity Reflect Review pomaga pri komunikaciji med razvojnim procesom. Ustvarite lahko 3D modele v realnem času in omogočite investitorjem, da izkusijo model, preden je izdelan, z 1 : 1 AR v merilu.

Unity Reflect Develop in Unity Reflect Review sta zasnovana za pospešitev razvojnega in proizvodnega procesa v podjetjih po vsem svetu. Svoje modele lahko preprosto prenesete v okolja AR in VR, da omogočite bolj interaktivne preglede oblikovanja in predstavitve za investitorje.

Cena za letno licenco Unity Reflect znaša od 660 evrov naprej. V ceno ni vključen DDV.

3.3.2 Twinmotion

Twinmotion je programska oprema za imerzijo v 3D v realnem času, ki v nekaj sekundah ustvari visokokakovostne slike, panorame in standardne ali 360° VR-videoposnetke. Twinmotion, razvit za arhitekturo, gradbeništvo in urbanistično načrtovanje, združuje intuitiven vmesnik z močjo Unreal Engine podjetja Epic Games. Twinmotion je izjemno enostaven za

učenje in uporabo, ne glede na velikost in kompleksnost projekta, materiale, informacijsko znanje uporabnika ali želenega modela BIM. Neposredna sinhronizacija z Archicadom uporabnikom omogoča prehod z modela BIM na VR s samo nekaj kliki.

Enkratna cena za komercialno licenco Twinmotion je od 520 evrov dalje. V ceno je vključen DDV. Prav tako nudi Twinmotion brezplačno šolsko različico, ki je na voljo brezplačno.

3.3.3 Raziskava programa Twinmotion – preveritev prve in druge hipoteze

Hipoteza 1: VR izboljša proces arhitekturnega projektiranja BIM.

Hipoteza 2: S pomočjo VR-vizualizacije se investitorju oziroma naročniku boljše in podrobneje prikaže projekt kot le z uporabo klasičnega projekta BIM.

Twinmotion je eden izmed redkih VR-programov, ki je trenutno na voljo brezplačno v obliki šolske različice, ki pa kljub temu obdrži vse funkcije komercialne verzije. Z uporabo Twinotiona želim preveriti prvo in drugo hipotezo. Pregledal bom vse funkcije, ki mi jih program Twinmotion da na razpolago, in preveril, ali z njimi lahko potrdim ali ovržem hipotezi. Funkcije bom predstavil s pomočjo slik in opisa. Ob programu Twinmotion bom še uporabil program Archicad z vtičnikom za Twinmotion. Uporabil bom VR-očala Oculus Quest 2.

Raziskava je bila opravljena na namiznem računalniku s specifikacijo:

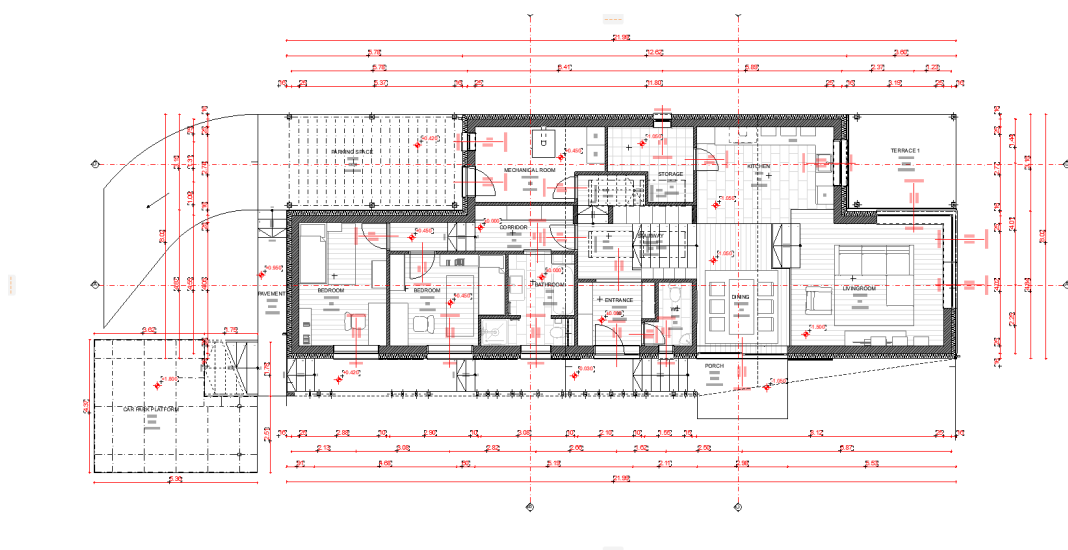
- operacijski sistem: Windows 10 64-bit;
- procesor: Intel Core i7 8600k;
- grafični procesor: NVIDIA Geforce GTX 1070TI;
- pomnilnik: 16 GB.

Priporočene specifikacije za uporabo programa Archicad:

- operacijski sistem: Windows 10 64-bit ali macOS 11.3;
- procesor: Intel Core i7/ AMD Ryzen 7 ali boljše;
- grafični procesor: grafične kartice z najmanj 4+ GB VRAM-a in kompatibilne s 4,5 Open GL;
- pomnilnik: 16 GB+.

- Priporočene specifikacije za uporabo virtualne resničnosti z Oculus Quest 2:
- operacijski sistem: Windows 10 64-bit;
- procesor: Intel Core i5/AMD Ryzen 5 ali zmogljivejši;
- grafični procesor: grafične kartice z najmanj 4 GB+ VRAM-a;
- pomnilnik: 16 GB+.

Za raziskavo in predstavitev funkcij programa Twinmotion se je uporabil vzorčni primer »Hillside House« ki je vsem na voljo na Graphisoftovi spletni strani. Projekt najprej odpremo v programu Archicad.



Slika 4: Tloris objekta v programu Archicad

Vir: Lasten

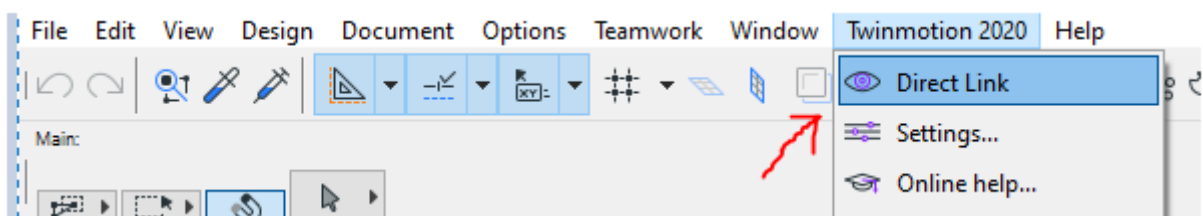
BIM-ov program Archicad nudi pogled projekta v klasičnem tlorisu in 3D-ju. Gre za enega najbolj razširjenih in uporabljenih programov za projektiranje BIM.



Slika 5: 3D model objekta v programu Archicad

Vir: Lasten

Twinmotion nudi programu Archicad vtičnik, kjer lahko z enim klikom prenesemo 3D model projekta v program Twinmotion. Za to funkcionalnost potrebujemo programa Archicad in Twinmotion ter moramo dodatno namestiti vtičnik Twinmotion za Archicad. Funkcija prenosa 3D modela v je nato enostavno dostopna s klikom na »Direct Link« pod kategorijo »Twinmotion«.



Slika 6: Hitra povezava modela Archicad s programom Twinmotion

Vir: Lasten

Tako je naš projekt prenesen v okolje Twinmotion. Twinmotion prav tako nudi spreminjanje in dodajanje okolice ter izboljšave 3D predstavitve za več različnih namenov in ne samo za VR-predstavitve.



Slika 7: Model objekta v programu Twinmotion

Vir: Lasten

Pri prvem poskusu naš projekt prenesti iz navadnega 3D-ja na VR-očala Oculus Quest 2 sem naletel na težavo. Očala Oculus Quest 2 s strani računalnika niso avtomatsko prepoznana in je treba dodatno namestiti še program Steam, ustvariti uporabniški račun in znotraj programa Steam namestiti program Steam VR.

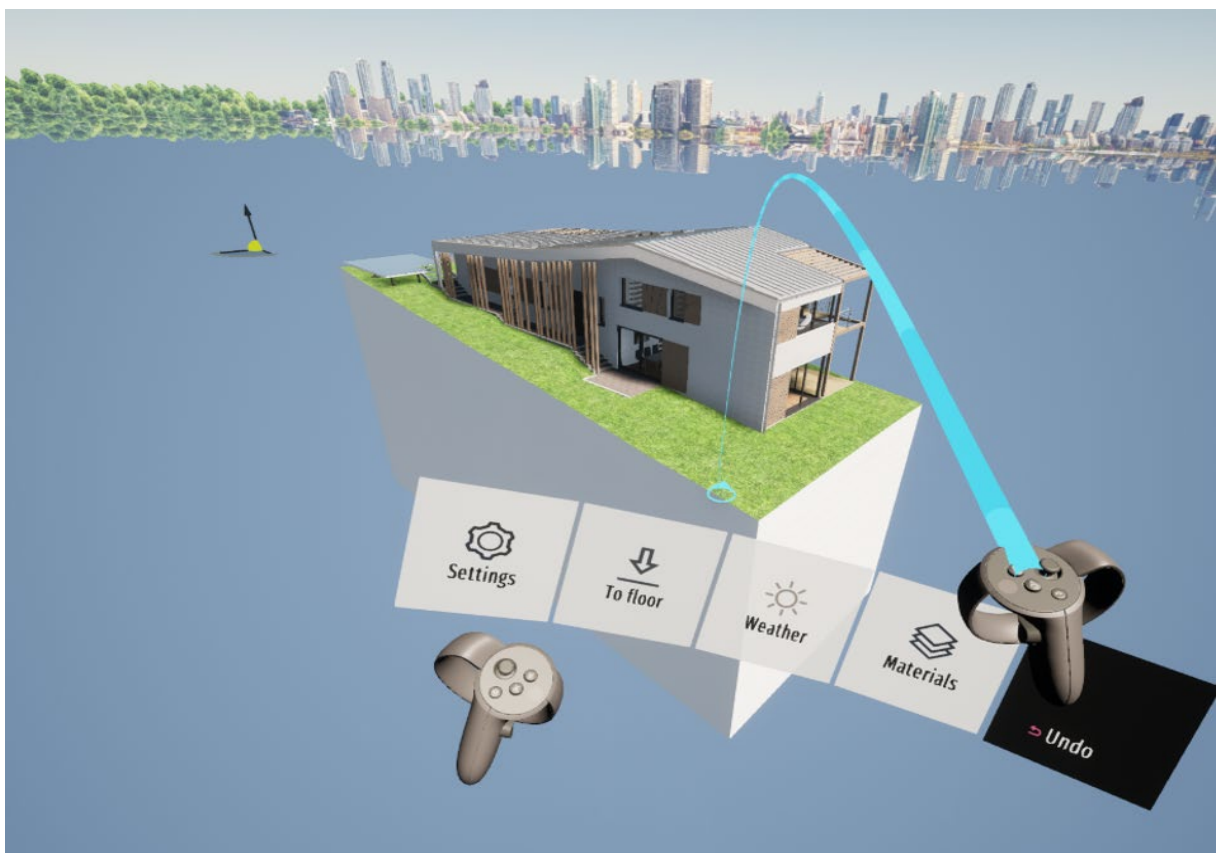
Potem ko so VR-očala Oculus Quest pravilno nameščena in prepoznana, lahko prenesemo naš 3D projekt iz računalnika na VR-očala z enim klikom na gumb »VR«.



Slika 8: Funkcija predvajanja modela objekta z VR-očali

Vir: Lasten

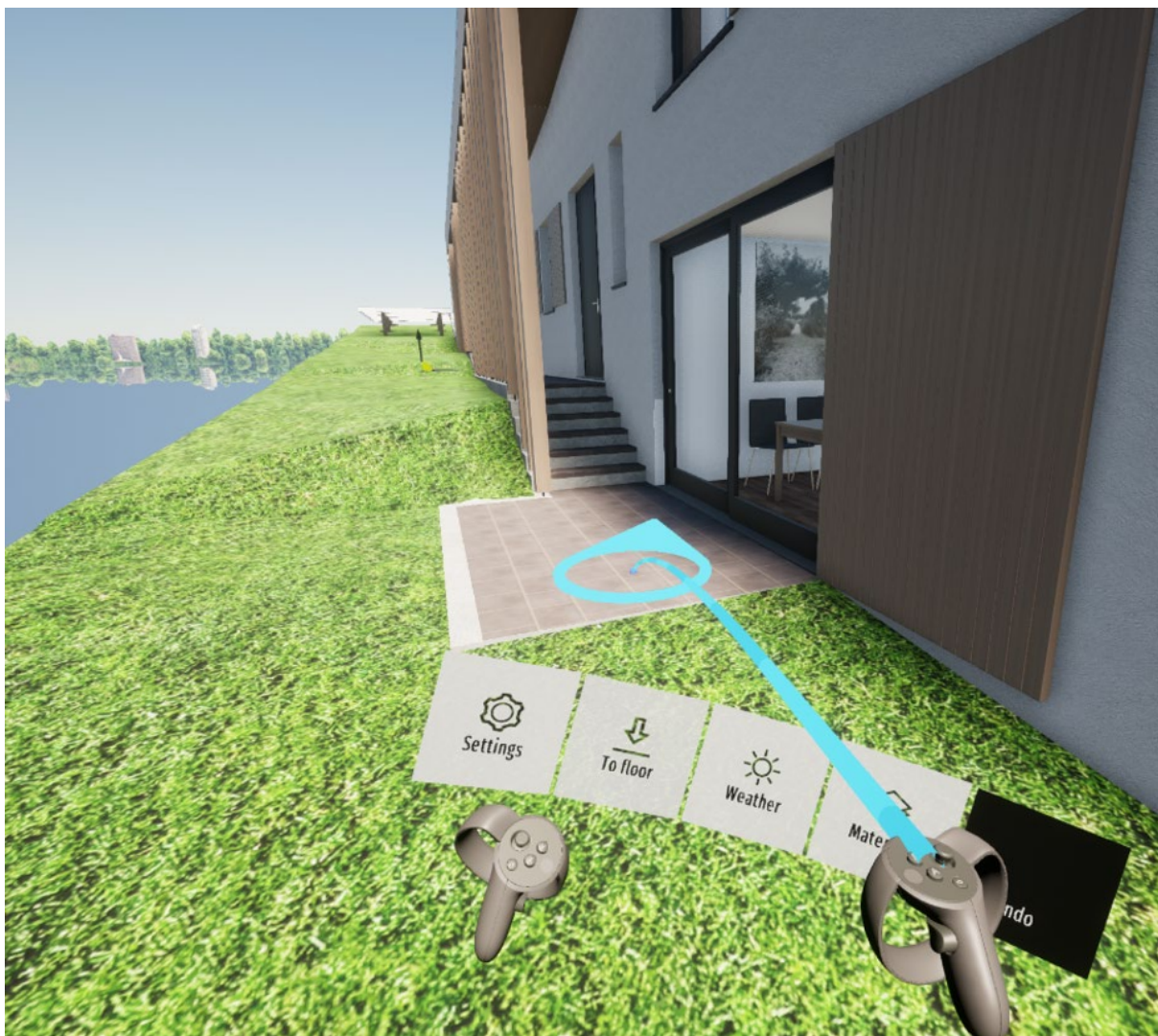
Prvi pogled projekta v VR z očali Oculus Quest 2. Twinmotion nas postavi pred naš model, kjer imamo vsa orodja prikazana na levem krmilniku in upravljanje na desnem krmilniku.



Slika 9: Prvi pogled modela objekta v VR-ju

Vir: Lasten

S klikom desnega krmilnika se prenesemo na mesto, označeno s svetlo modro puščico, s pogledom, obrnjenim v smer puščice. Tehnologija VR nam omogoči omejeno gibanje po prostoru z gibanjem v realnosti. Prosto lahko premikamo glavo in temu primerno se slika na lečah VR-očal prilagodi naši poziciji, kar nam da občutek, da smo v prostoru projekta. Prav tako lahko premikamo obe roki in se s tem v VR-okolju premikajo krmilniki, kar nam da občutek realnega obračanja v prostoru. Gibanje je omejeno na uporabo desnega krmilnika z uporabo svetlo modre puščice, ki jo lahko prosto premikamo po prostoru.



Slika 10: Pogled modela objekta v VR-ju od blizu

Vir: Lasten

Težko je prikazati neposredno primerjavo med VR-jem in BIM-om samo s slikami, saj je glavna funkcionalnost VR-ja ta, da si lahko osebno v 3D prostoru, kjer se lahko giblješ in obračaš po prostoru, ter je ta težko predstavljen samo s slikami. Tako sem se odločil proti neposredni primerjavi dveh prostorov v VR-ju in BIM-u s slikami razen v izjemnih primerih, kjer sem ocenil da je prikaz primerjave smiseln.

Na spodnji sliki je prikazan sprehod po modelu z omenjeno uporabo desnega krmilnika. Viden je ogled dnevnega prostora. VR-sprehod nam omogoči zelo realistični predogled prihodnjega objekta. Investitor se na ta način lahko postavi v objekt in oceni trenutno stanje objekta ter določi morebitne spremembe. Prav tako lahko projektant lažje prepozna morebitne težave in konflikte v projektu, kot na primer, da je stopnica za jedilno mizo prekratka, kar ne bi bilo tako očitno s klasičnega pogleda, ki ga nudi model BIM. Ena izmed omejitev programa Twinmotion je, da ni možna neposredna interakcija z elementi, kot na primer odpiranja vrat ali oken.



Slika 11: Sprehod po modelu objekta v VR-ju – dnevni prostor

Vir: Lasten

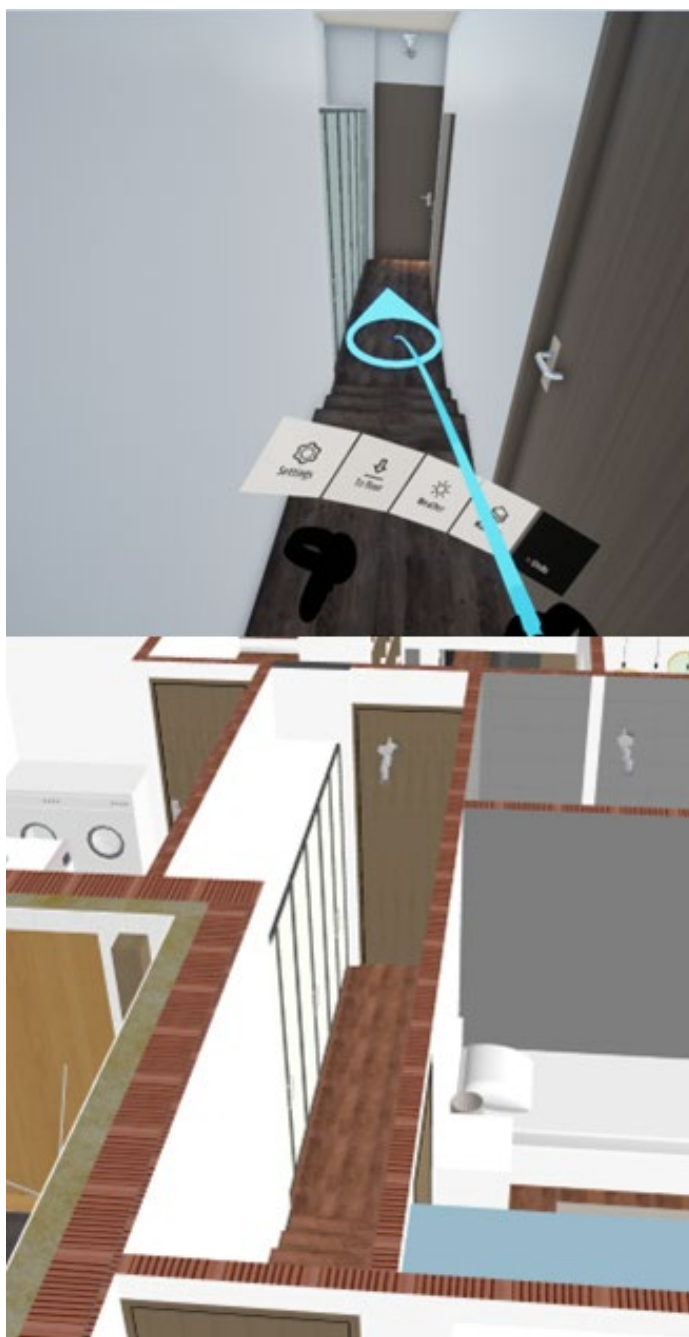
Pomaknemo se na stopnišče. Omejitev tega načina premikanja po objektu je, da lahko dosežemo samo lokacije, ki so nam prosto vidne, in jih označimo z desnim krmilnikom oziroma modro puščico. S tega pogleda lahko investitor na primer oceni, ali je steklena ograja zgornjega nadstropja vizualno sprejemljiva in ali je smiselno tako visok strop, saj bodo stene nedosegljive.



Slika 12: Sprehod po modelu objekta v VR-ju – stopnišče

Vir: Lasten

Na spodnji sliki je prikazan prehod skozi hodnik. Pri klasičnem tlorisu ali pa 3D modelu BIM-a bi bil mnenja, da je hodnik popolnoma sprejemljiv. Po VR-pogledu hodnika pa sem mnenja, da je preozek, stopnice so nesmiselne in lahko predstavljajo nevarnost, kot je padec v temi. Programu Twinmotion v tej situaciji primanjkuje orodje za merjenje dimenzij, ki bi tudi drugod prišlo prav. Na spodnji sliki je prikazana primerjava med pogledom hodnika v VR-ju, kjer stojimo v prostoru, in pogledom hodnika v BIM-ov programu Archicad.



Slika 13: Primerjava med pogledoma v VR-ju in BIM-u – hodnik

Vir: Lasten

Twinmotion ima znotraj VR-predstavitve orodja za spreminjanje materialov površin. Z desnim krmilnikom izberemo možnosti na levem krmilniku in jih potegnemo na poljubno površino. Meni nam ponuja osnovno izbiro materialov, porazdeljenih v podskupine, kot so steklo, kovina, betoni, les, kamen, fasade in tako naprej. Za najbolj drastično spremembo materiala sem se odločil, da se postavim v kopalnico, kjer sem spremenil material stene v steklo. Takoj je bilo opazno, da se ni spremenila samo stena, ampak so se tudi vrata. To zna biti pomanjkljivost programa Twinmotion, lahko pa je model površno ustvarjen v programu Archicad in je potreben korekcije.



Slika 14: Spreminjanje materiala kopalniške stene v steklo

Vir: Lasten

Vtičnik Twinmotion za Archicad nam omogoči spreminjanje projekta v programu Archicad s takojšnjo posodobitvijo VR-modela v realnem času. Tako se lahko na primer projektantska ekipa loti projekta na način, da se en projektant sprehaja v VR-ju po projektu ter analizira spremembe in pomanjkljivosti, drugi projektant pa sproti korigira in dodaja k projektu v programu BIM še Archicad in posodablja model za VR. V spodnjem primeru smo objekt prerezali in ponovno kliknili na vtičnik Twinmotion, ne da bi prekinili VR-predstavitvev na Oculus Quest 2. To, kar je razvidno v VR-pogledu, je popolnoma odvisno od kakovosti in natančnosti modela v programu Archicad.



Slika 15: Prerez modela objekta v programu Archicad

Vir: Lasten

V VR-okolju takoj vidimo spremembe, narejene v programu Archicad. V spodnjem primeru je za predstavitev prikazan prečni prerez stavbe. Prerez sicer ne nudi nobene praktične spremembe, saj je namenjen samo predstavitvi funkcije posodabljanja 3D modela.



Slika 16: Prerez modela objekta v VR-ju s prikazanim menijem za izbiro materiala

Vir: Lasten

S pomočjo projektiranja sočasno v programu Archicad in VR-okolju Twinmotiona lahko tako naredimo boljše spremembe v fazi projektiranja ali pa pri demonstraciji investitorju prikažemo možnosti za izvedbo takoj, na primer izberemo material in zamenjamo izgled notranjih sten, poda ali zunanjih površin objekta. Twinmotion je žal omejen samo na spreminjanje površin in materialov, ni možnosti za obdelovanja konstrukcij ali detajlov znotraj VR-okolja. Izberemo podkategorijo materialov za stenske površine in za demonstracijo spremenimo barvo sten. Takoj opazimo, da so v tem projektu vse stene in nekatero pohištvo povezani v isti objekt, saj so se namesto tega, da bi spremenili barvo le ene stene, spremenile barve vseh sten in katerega pohištva v celotnem objektu. To je površnost pri izdelavi projekta v programu Archicad, na katero morajo biti projektanti pozorni in zahteva takojšnjo korekcijo.



Slika 17: Predstavitev menjave materialov v VR-programu Twinmotion – notranje stene

Vir: Lasten

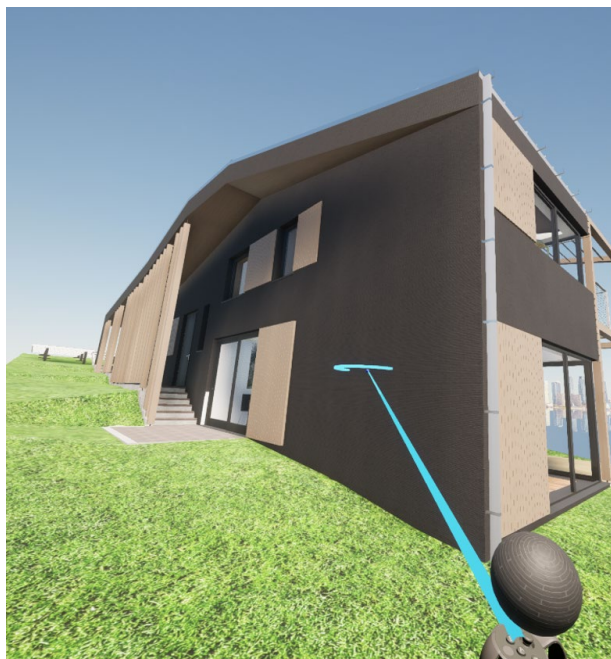
Izberemo podkategorijo materialov za les in spremenimo material parketa, kjer je prav tako razvidno, da se celoten leseni pod v projektu obnaša kot en objekt in se material spremeni v celotnem projektu. Korektno ustvarjen projekt v programu Archicad je izredno pomemben, saj si lahko z orodjem za spreminjanja materialov v VR-ju investitor poljubno in takoj spremeni videz prihodnjega objekta ter s tem poda boljše mnenje in potencialne zaželenne spremembe.



Slika 18: Predstavitev menjave materialov v VR-programu Twinmotion – pod

Vir: Lasten

Prav tako lahko spreminjamo material in videz zunanje fasade objekta.



Slika 19: Predstavitev menjave materialov v VR-programu Twinmotion – zunanja fasada

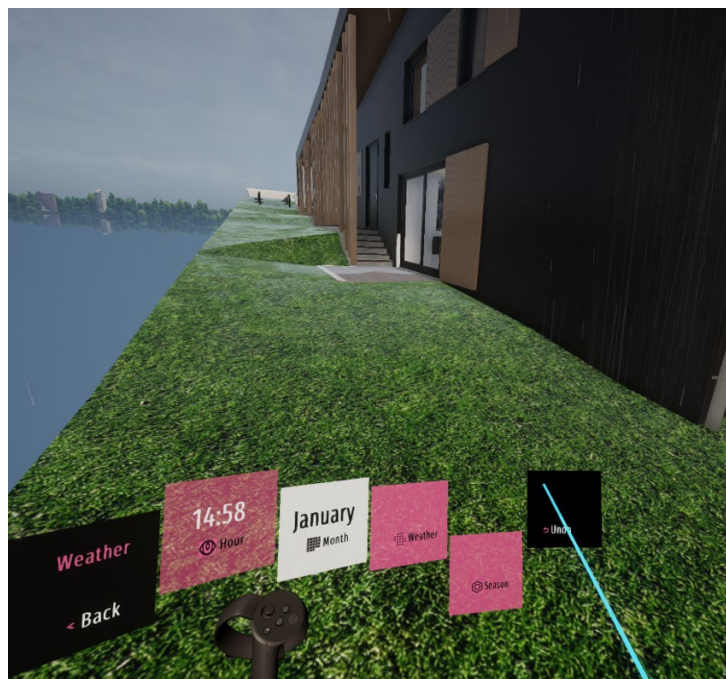
Vir: Lasten

Twinmotion nudi spreminjanje letnega časa, kjer si lahko objekt ogledamo v različnih vremenskih okoliščinah. Enako kot za spremembo materiala z desnim krmilnikom izberemo orodje, ki je prikazano na levem krmilniku.



Slika 20: Predstavitev spremembe vremena v VR-programu Twinmotion (osnova)

Vir: Lasten



Slika 21: Predstavitev spremembe vremena v VR-programu Twinmotion – dež

Vir: Lasten

Funkcija za spreminjanje vremena sicer pomaga pri raznolikosti in polepšanju scenarija, ampak ne nudi nič praktičnega v fazi projektiranja in nudi minimalno boljšo predstavo investitorjem.



Slika 22: Predstavitev spremembe vremena v VR-programu Twinmotion – sneg

Vir: Lasten

Raziskavo prve in druge hipoteze sem izvedel s pomočjo kavzalne neeksperimentalne metode. Za vzorčno raziskovanje hipoteze je bilo najprej potrebno pridobiti strojno opremo v tem primeru Oculus Quest 2, katerega je bilo enostavno kupiti preko spletne trgovine <https://balix.si/> ter dodaten kabel Oculus Link oboje za zgoraj navedeno ceno. Pri pridobivanju programske opreme sem najprej imel veliko izbiro med programi kot so Twinmotion, Unity, Enscape, IrisVR in drugimi. Takoj sem naletel na prvo oviro, saj niso vsi programi razen Twinmotion nudili brezplačnega poskusnega obdobja ali pa je bila potrebna prijava na poskusno obdobje, pri katerih žal nisem prejel odgovora na moj poziv. Tako sem se odločil za program Twinmotion, kateri je edini nudil brezplačno šolsko različico programske opreme. Twinmotion potrebuje za delovanje ustvarjen 3D model v drugih programih in sem za to uporabil program Archicad katerega sem že imel v lasti ter nameščen vtičnik Twinmotion za Archicad. Za prihrambo časa sem se odločil za vzorčni primer hiše »Hillside House« katero si lahko vsak ogleda oziroma pridobi na spletni strani podjetja Graphisoft.

Za uporabo VR očal Oculus Quest 2 je prav tako bilo potrebno namestiti brezplačen program Steam in tam ustvariti uporabniški račun ter v okolju programa Steam namestiti še Steam VR, da je lahko namizni računalnik prepoznal VR očala. Program Twinmotion pa je za pridobitev potreboval brezplačen program Epic Games Launcher in uporabniški račun Epic, saj je podjetje Epic Games izdelovalec programa Twinmotion.

Najprej je bilo potrebno odpreti naš vzorčni 3D model v Archicadu in s uporabo vtičnika se nato 3D model odpre v programu Twinmotion, kjer s enostavnim klikom omogočimo interakcijo 3D modela s VR očali.

Cilj raziskave je bil preveriti ali lahko VR izboljša proces arhitekturnega projektiranja in kako ter ugotoviti možne aplikacije VR-ja pri predstavitvi projekta investitorjem. Z uporabo desnega krmilnika je enostavno premikanje po 3D modelu, kjer označimo mesto v VR okolju s modro puščico in se nato na to mesto prestavimo. VR okolje daje zelo dober prostorski občutek, kot da osebno stojim v danem prostoru. Kvaliteta 3D modela v VR-ju in tako boljši občutek resničnosti je v tem primeru odvisen od kvaliteta izdelanega 3D modela v drugih programih kot so Archicad ali obdelava teh v programih kot so Twinmotion, Blender in drugih. Pri uporabi funkcij znotraj okolja VR sem bil omejen samo na spreminjanje materialov in tekstur 3D modela, vremena in sprehoda po 3D modelu. Po raziskavi sem nato lahko prišel do odgovorov na zastavljeno prvo in drugo hipotezo.

Prvo hipotezo lahko potrdimo, saj že samo z osnovnimi funkcijami, ki nam jih nudi program Twinmotion, lahko kot projektanti analiziramo projekt z realnega vidika. S sprehodom po projektu prej ugotovimo potencialne težave z zasnovo objekta, kot na primer zgoraj prikazan hodnik in stopnico v jedilnici. Program Twinmotion ni nudil veliko več za fazo projektiranja. Zelo uporabne in zaželeni bi bile funkcije, kot so dimenzioniranje, interakcija z okoljem, spreminjanje in dodajanje sten, a te naprednejše funkcije so na voljo v meni nedostopnih programih, kot sta Unity in Enscape, kjer lahko projektant podrobneje pregleda detajle, inštalacije in ostale konstrukcijske elemente.

Kljub omejitvam nudi Twinmotion dovolj funkcionalnosti, da izboljša proces projektiranja BIM, drugi programi pa še veliko več.

Tudi drugo hipotezo lahko potrdimo. Kljub omejitvam programa Twinmotion za projektiranje ta nudi izvrsten pogled investitorjem v prihodnji objekt. Investitor se lahko prosto sprehodi po objektu in se tako seznani s končnim rezultatom projekta. Lahko oceni, ali je na primer počutje v prostorih takšno, kot si ga je predstavljal, in glede na ugotovitve zahteva spremembe. Klasičen projekt BIM je za predstavitev projekta omejen na prikaz zgolj 3D-ja na zaslonu ali fotografij modela, ki pa niso tako imerzijske in se investitor ne more poglobiti v prostore.

Investitorju lahko ponudimo virtualni ogled projekta v pisarni projektanta z uporabo strojne opreme, ki jo na voljo ponudi projektant, ali pa lahko projekt za virtualno okolje izvozimo in pošljemo investitorju, da si samostojno ogleda projekt v VR-okolju, če ima ta potrebno strojno in programsko opremo.

3.4 Programska oprema za sodelovanje deležnikov projekta z virtualno resničnostjo

V danem gradbenem projektu sodeluje veliko deležnikov projekta, kot so projektant, strojnik, električar, izvajalec in investitor. Pomembno je, da so vsi na tekočem s potekom projekta in da imajo možnosti nemotenega, učinkovitega komuniciranja. V tem poglavju bom raziskal program za takšno sodelovanje – IrisVR, s katerim bom potrdil ali zavrgel tretjo hipotezo. Program ni na voljo brezplačno in nisem imel možnosti lastnoročnega preiskovanja, zato sem se osredotočil na raziskavo podatkov, ki jih nudi IrisVR na spletu, in predstavil svoje mnenje.

3.4.1 InsiteVR

InsiteVR je večplatformska programska oprema za srečanja v VR za arhitekturo in gradnjo. Po nalaganju modela CAD v VR okolje lahko uporabniki začnejo virtualne revizijske sestanke s kolegi z vsega sveta. InsiteVR podpira 3D modele Revit in Sketchup ter 360-stopinjske slike, ki si jih lahko ogledamo v napravah Oculus Go, Oculus Quest 2, Oculus Rift in VR na drugih platformah.

Gostitelji sestankov lahko zberejo vse deležnike projekta, da razpravljajo o določeni težavi, usmerjajo pozornost z uporabo virtualnega laserskega kazalca in pustijo besedilne opombe v realnem času. Uporabniki se lahko pridružijo na daljavo in si ogledajo avatarje svojih sodelavcev, se pogovarjajo z njimi prek aplikacije in skupaj pregledajo njihove modele Revit, Sketchup, FBX in OBJ ali 360-stopinjske slike. InsiteVR ponuja vtičnik za Revit, katerega si lahko prenesmo s njihove spletne strani.

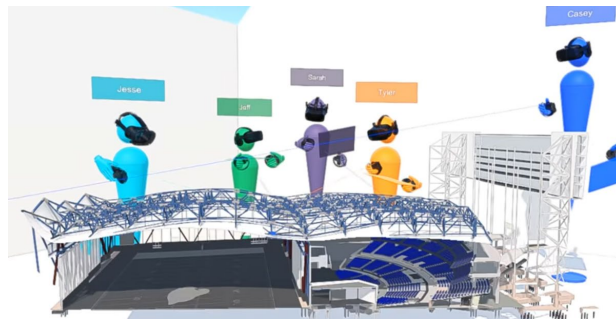
3.4.2 Raziskava programa IrisVR – preveritev tretje hipoteze

Hipoteza 3: VR omogoči učinkovitejše delo med sodelujočimi na projektu kot pri klasičnem projektu BIM.

IrisVR je program, ki nam omogoča odpiranje in urejanje 3D datotek priljubljenih formatov, kot so Navisworks, Revit, Rhino itd. Je namensko izdelan za sestanke z več udeleženci za pregledovanje datotek BIM. Lahko ga uporabimo za različne namene, kot so predstavitev novega projekta stranki, revizija prejšnjih projektov itd. Uporabniki so upodobljeni v stiliziranih avatarjih z imensko oznako za identifikacijo in se lahko prosto teleportirajo skozi

delovni prostor VR-ja. Lahko celo dodajo prostorsko ozaveščene opombe, elemente oblikovanja zastave ali preklopijo geometrijske plasti za popolnoma interaktivno izkušnjo.

Ima funkcijo, ki gostitelju sestanka omogoča, da vodi udeležence sestanka po predstavitvi njihovih datotek 3D modela. Gostitelj teleportira udeležence v projekt, vendar ti uporabniki potrebujejo lokalni dostop do datotek za sodelovanje.



Slika 23: Virtualni sestanek v VR-ju s programom IrisVR – pregled modela BIM

Vir: (<https://irisvr.com/>)

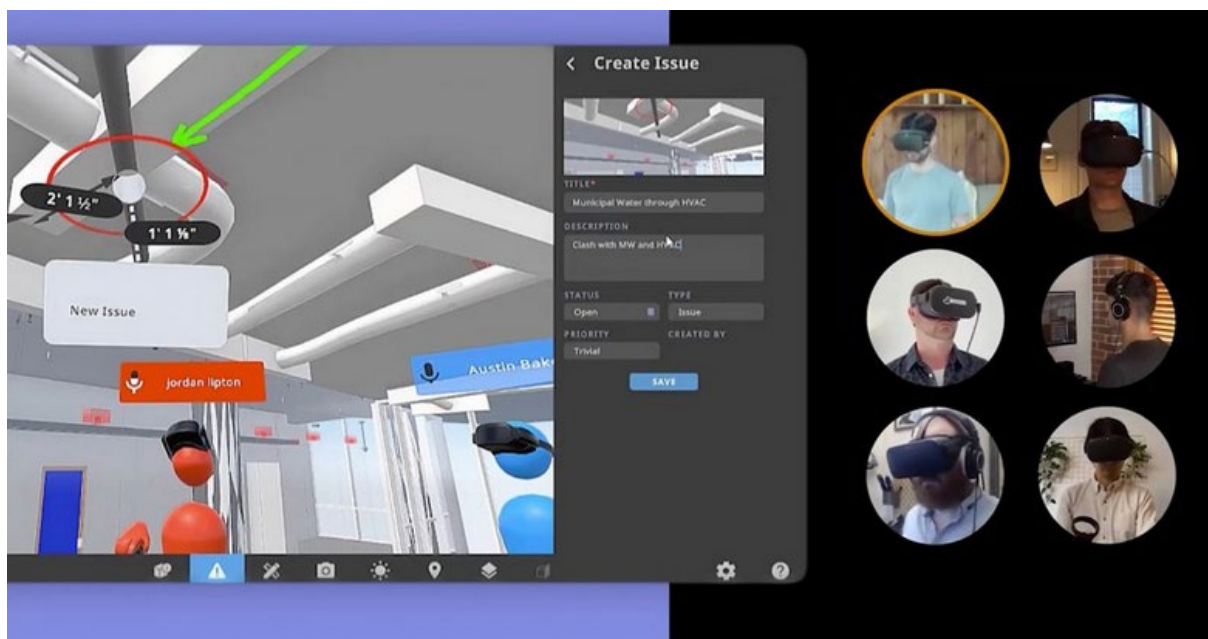
Udeleženci VR-sestankov s programom IrisVR se lahko pridružijo sestanku kjerkoli, na primer iz sosednje pisarne, domače pisarne, druge strani sveta in tako naprej. Potrebujejo VR-očala, programsko opremo IrisVR, datoteko BIM, uporabljeno na sestanku, in internetno povezavo.



Slika 24: Udeleženec se pripravlja na VR-sestank

Vir: (<https://irisvr.com/>)

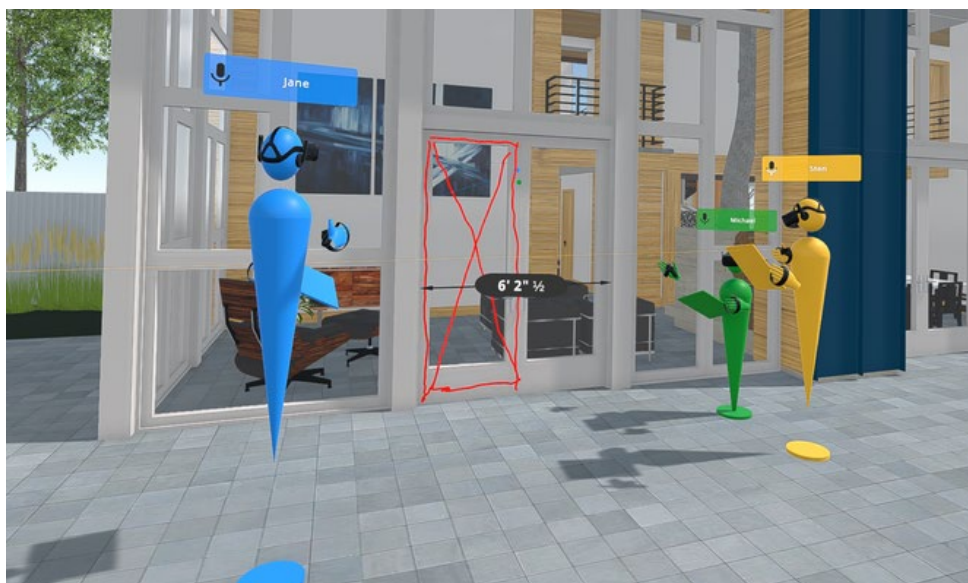
S pomočjo programa IrisVR lahko sodelujoči na projektu skupaj analizirajo in predebatirajo možne rešitve in korekcije projekta, ko je ta še v fazi projektiranja. Program spominja na priljubljen program za sestanke Zoom.



Slika 25: Udeleženci skupaj analizirajo projekt v VR-okolju programa IrisVR

Vir: (<https://irisvr.com/>)

IrisVR nudi vsem udeležencem sestanka različna orodja za analizo in notiranje projekta. Lahko merijo objekt, označujejo spremembe in zapisujejo konflikte ter na ta način olajšajo projektantom delo pri korekciji projekta.



Slika 26: Udeleženci skupaj označujejo potencialne spremembe projekta v VR-okolju programa IrisVR

Vir: (<https://irisvr.com/>)

Za raziskavo programske oprema za sodelovanje deležnikov projekta z virtualno resničnostjo sta bila na voljo programa InsiteVR in IrisVR. InsiteVR ni nudil poskusnega obdobja ali brezplačne različice. IrisVR je sicer imel na voljo poskusno obdobje, a kot že omenjeno pri prvi in drugi hipotezi je bila potrebna prijava na katero nisem dobil odgovora. Zato sem se odločil za raziskavo s uporabo deskriptivne metode programa IrisVR. Preučeval sem dejstva in članke pridobljene na strani <https://irisvr.com/> in na podlagi teh prišel do svojim lastnim ugotovitvam.

IrisVR nas na prvi pogled spominja na predhodno proučeni program Twinmotion, kjer si lahko ogledamo naš projekt BIM v VR-okolju, a nudi veliko več za analizo teh projektov. S tem bi se strinjal, vendar je prednost programa IrisVR sodelovanje z udeleženci in investitorji v istem času in v istem VR-okolju, ne glede na njihovo lokacijo. IrisVR sicer nudi brezplačno poskusno dobo dveh tednov, vendar pod specifičnimi pogoji, ki sem jih izpolnil, a mi žal niso odobrili poskusnega obdobja, da bi lahko proučil program na lastne roke.

Tretjo hipotezo lahko potrdimo. Pri prvi in drugi hipotezi smo potrdilo aplikacijo VR-ja za izboljšanje faze projektiranja, vendar se je tam VR omejil na lastno, enoosebno interakcijo s projektom. Programi, kot so IrisVR, pa dodatno nudijo možnost skupne analize ali predstavitve projektov v VR-ju, kjer je lahko istočasno več udeležencev v VR-okolju, ne glede na njihovo fizično lokacijo. Tako se lahko vsi udeleženci sestanejo na projektu, ko je ta še v fazi projektiranja, in skupaj analizirajo in korigirajo možne konflikte in potencialne spremembe.

3.5 Programska in strojna oprema za virtualno resničnost na gradbišču

Na splošno je gradbeništvo na gradbišču manj digitalno napredeno kot v drugih industrijskih panogah. Pomanjkanje tehnološke prilagoditve je glavni dejavnik, da je faza gradnje še vedno konvencionalna in manj produktivna. Nasprotno pa je faza gradnje v zadnjih 20 letih ob sprejemu BIM-a pridobila na povečanju učinkovitosti in interaktivnosti, izboljšanjem sodelovanja in komunikacije ter povečanjem proizvodnje. Podatkovno vodene aplikacije BIM podpirajo razvoj inovativnih tehnologij v gradbeništvu. Dostopnost, manipulacijo in ustvarjanje projektnih podatkov iz BIM-a lahko združimo z interaktivnostjo in vizualizacijo z VR. Zaradi tega si programska podjetja prizadevajo ponuditi vrhunska orodja, ki bodo izboljšala povezavo med BIM, VR in gradbiščem. V smislu časa, stroškov in kakovosti nudi VR na gradbišču dodatne inovacije in aplikacije.

Tehnologija VR lahko nudi velik napredek v fazi gradnje z uporabo VR- in AR-očal. Z VR-jem lahko urimo delavce na varen in ugodnejši način kar iz računalniških prostorov namesto na nevarnih gradbiščih. S tehnologijo AR pa lahko hitreje in natančneje razberemo načrte s pomočjo postavljanja 3D modelov stavb na samo gradbišče kot pa z branjem velikega števila PZI-načrtov. V naslednjih dveh poglavjih bom raziskal dva programa za VR in AR na gradbišču, enega za urjenje kadra in drugega za samo gradnjo. Enako kot pri podpoglavju 3.3 bom raziskal podatke, ki so na voljo na spletni strani za program ITI VR in Visuallive.

Hipoteza 4 – krovna tema: Apliciranje VR-ja na gradbišču vodi k učinkovitejši in varnejši gradnji kot samo uporaba PZI-ja v obliki BIM.

3.5.1 Raziskava programa ITI VR – virtualni trening za varnost na gradbišču

Trening virtualne resničnosti je digitalna simulacija realističnih scenarijev za namene usposabljanja kadra, ki izvajajo dela na gradbišču/terenu. Udeleženci vstopijo v 360° aktivno poučno okolje, kjer doživijo prizore, ki odpravijo oviro med virtualno in dejansko resničnostjo. Udeleženci z uporabo slušalk in krmilnikov gledajo, govorijo in se prosto gibljejo v 3D virtualnem okolju, v interakciji s simuliranimi orodji, stroji in drugimi pripravniki in inštruktorji iz resničnega sveta.

Bistveno je, da z navidezno resničnostjo scenariji na delovnem mestu, ki so bili nekoč pretežki, dragi ali nevarni za usposabljanje (kot so protokoli v sili in pripravljenost na nesreče, razlitje

nevarnega materiala, usposabljanje za realistične višine itd.), postanejo veliko bolj praktični, stroškovno učinkovito in varni v virtualni simulaciji.

V kombinaciji z učnim načrtom, ki so ga razvili strokovnjaki s področja predmetov, je rezultat, da se pripravniki učijo na najboljši možni način, prek lastnih izkušenj, kar bistveno izboljša učenje, delovno uspešnost, sodelovanje v skupini, varnost na delovnem mestu in stroške.

ITI VR nudi veliko izbiro učnih načrtov in simulacij za usposabljanje raznih gradbenih strojev in vozil ter žerjavov. Za uporabo programske opreme so potrebni zmogljiv VR-računalnik, VR-očala Oculus in s strani ITI VR izdelani krmilniki, ki oponašajo krmilnike gradbenih strojev.



Slika 27: Konfiguracija VR-postaje z uporabo računalnika in posebnih krmilnikov IT VR

Vir: (<https://www.iti.com/vr-crane-simulations>)

Pripravnikom je prav tako na voljo poseben stol z vgrajenimi krmilniki, ki simulirajo upravljanje in sedenje v žerjavih. Tako se lahko tudi popolno neizkušeni pripravniki začnejo učiti in nabirati izkušnje opravljanja težkih gradbenih strojev in žerjavov.



Slika 28: Pripravnik v VR-simulaciji za učenje upravljanja žerjavov

Vir: (<https://www.iti.com/vr-crane-simulations>)

VR-simulacije in trening programi pripravljajo kandidate na natančno premikanje materialov po gradbišču. Simulacije zajemajo vse od začetnega premikanja objektov od začetne do zahtevane točke in premikanja materiala po gradbišču.



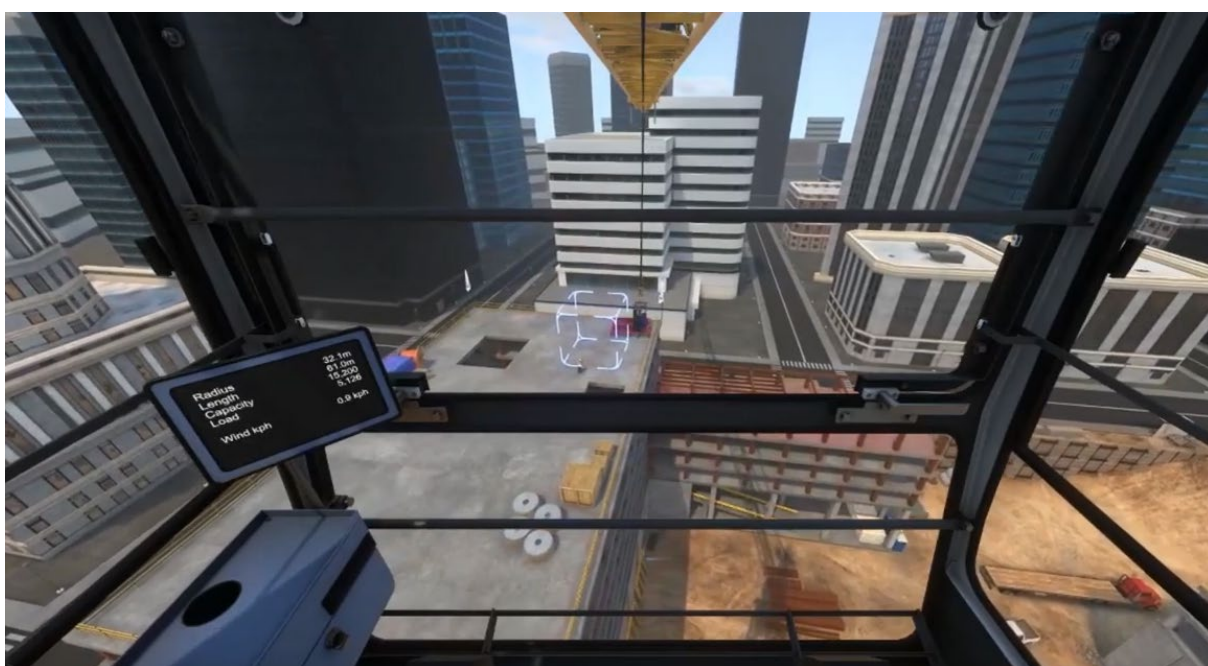
Slika 29: VR-simulacija za učenje upravljanja žerjavov – pogled poligona

Vir: (<https://www.iti.com/vr-crane-simulations>)



Slika 30: VR-simulacija za učenje upravljanja žerjavov – pogled znotraj kabine

Vir: (<https://www.iti.com/vr-crane-simulations>)



Slika 31: VR-simulacija za učenje upravljanja žerjavov – pogled znotraj kabine

Vir: (<https://www.iti.com/vr-crane-simulations>)

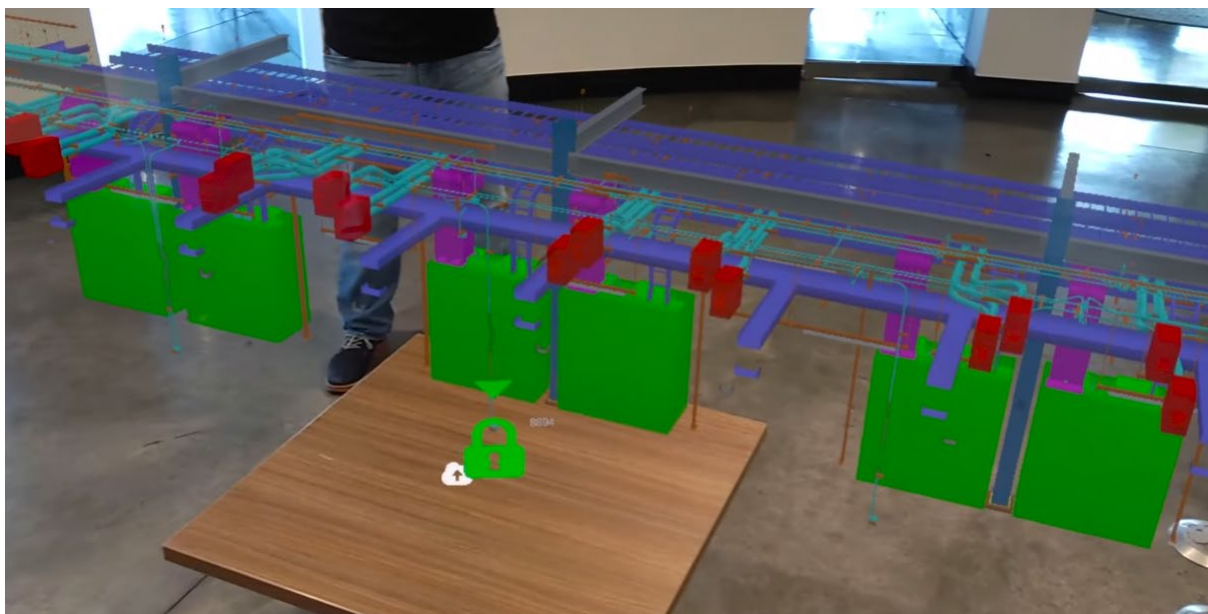
VR-učni načrti in simulacije so cenejša in varnejša alternativa za usposabljanje delavskega kadra kot uporaba in najem ali nakup pravih gradbenih strojev. Učni paketi ITI VR z opremo stanejo od 12.000 dolarjev za en tip žerjava do 24.000 za neomejeno letno rabo v primerjavi s pravimi žerjavi, ki stanejo od 1.000 dolarjev do 15.000 dolarjev dnevno. Prav tako je za uporabo VR-simulacije potreben le prostor v stavbi kot pa na primer zadostno velika parcela s poligonom za pravi žerjav, kar drastično zniža strošek.

Učenje upravljanja gradbenih strojev v VR-okolju je prav tako popolnoma varna, saj se učni načrt v celoti odvija v virtualnem svetu, kjer napake pripravnikov ne povzročajo škode ali povzročijo nesreče na gradbišču. Pripravniki se tako lahko popolnoma pripravijo na uporabo pravih strojev, ne da ogrožajo sebe in okolico v učnem procesu.

3.5.2 Raziskava programa Visuallive – augmentirana resničnost na gradbišču

Z uporabo tehnologije Visuallive lahko strojni izvajalci virtualno preverijo svoje načrte na terenu. Ko je model hitro in natančno naložen, se lahko uporabniki prosto sprehajajo po zasnovi, preverjajo odprtine in tolerance znotraj resničnega prostora, ki ga bodo ti sistemi zasedli. Težave pri projektiranju je mogoče hitro prepoznati in odpraviti, preden lahko v času izvajanja del postanejo draga težava.

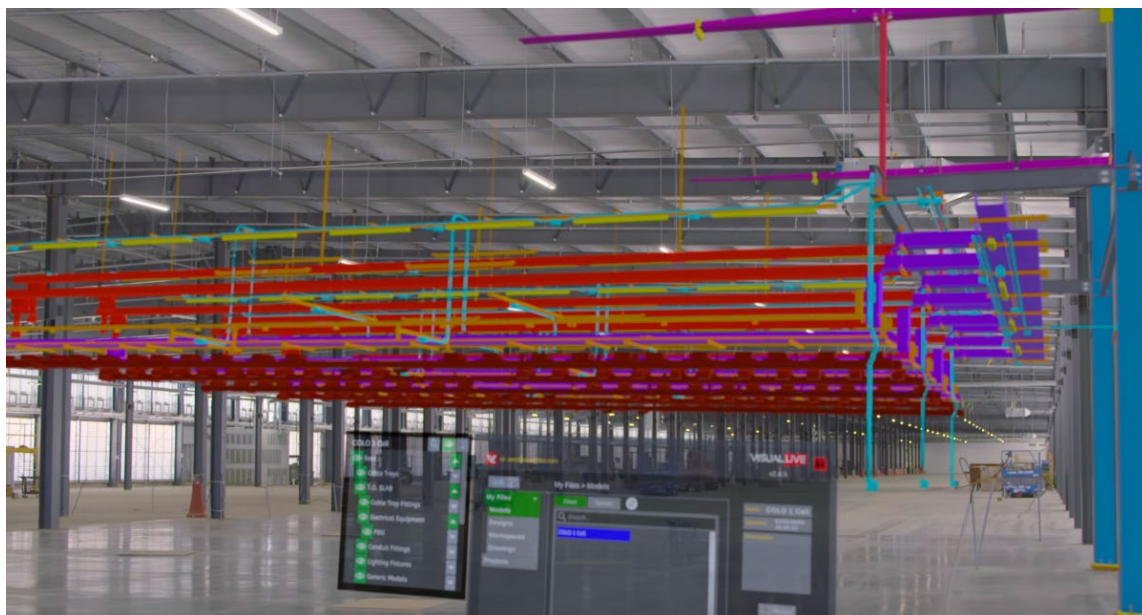
Z AR Hololens si lahko strojni izvajalci ogledajo predvideno inštalacijo, še preden ga naložijo v prostor.



Slika 32: Prikaz modela BIM z uporabo AR Hololens

Vir: <https://visuallive.com/hololive-ar-for-construction/>

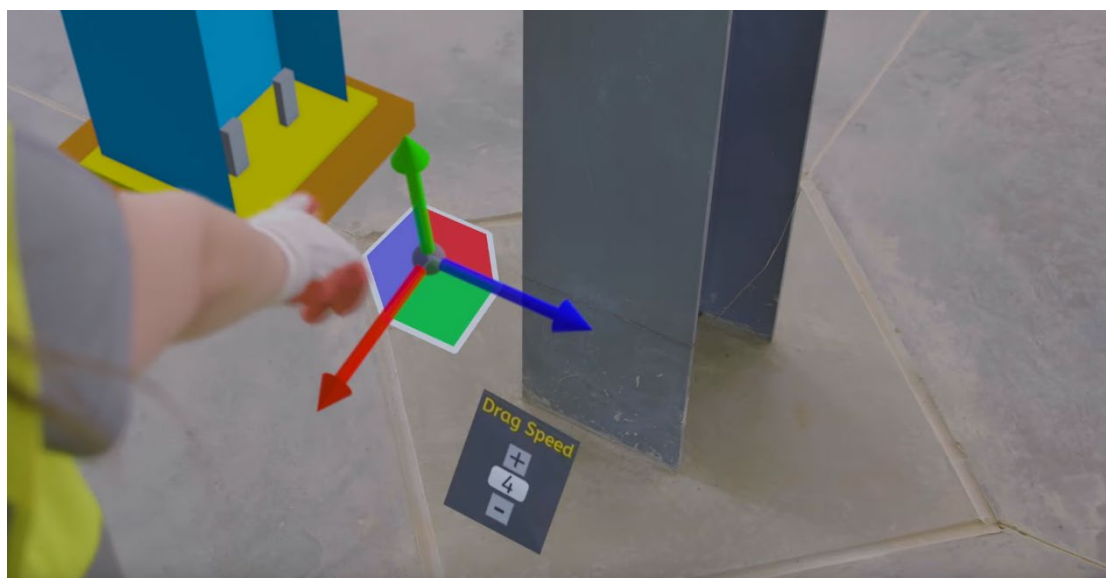
Model strojnih inštalacij se nato naloži v predviden prostor, kjer si lahko izvajalci in projektanti z uporabo očal Hololens ogledajo namestitve, ki jim da možnost analizirati in prepoznati nepredvidene konflikte.



Slika 33: Model BIM, naložen v prostor z uporabo AR Hololens

Vir: <https://visuallive.com/hololive-ar-for-construction/>

Visuallive omogoči projektantom orodje za korekcijo projekta BIM na gradbišču. Tako lahko spremenijo parametre, da se pravilno prilagajajo dani situaciji gradbišča, na primer prestavijo steber.



Slika 34: Orodje za korigiranje modela BIM z AR Hololens

Vir: <https://visuallive.com/hololive-ar-for-construction/>

Za situacije, kjer ni možno na gradbišču izvesti korekcije modela BIM z uporabo Hololens, pa imamo prav tako orodje za opis problema, ki se na mestu opiše in naloži v okolje BIM ter bo kasneje veliko preglednejši pri korekciji modela BIM z računalniki.



Slika 35: Analiza konflikta med gradbiščem in modelom BIM z uporabo AR Hololens

Vir: <https://visuallive.com/hololive-ar-for-construction/>

Program Visuallive z uporabo AR-očal Hololens razširi možnosti pri izvajanju projektov, analizi nameščanja ter prepoznavanju konfliktov med projektom BIM in gradbiščem. Trenutno se uporablja predvsem pri vgradnji strojnih inštalacij, kjer omogoči natančnejšo izvedbo projektov, kjer s pomočjo AR-očal Hololens projicira model BIM na samo gradbišče, tam pa ga lahko projektanti prilagajajo pogojem gradbišča.

V prihodnosti sklepam, da bo uporaba razširjena na samo gradnjo objektov, predvsem kompleksnejših gradenj, in bo omogočila preglednejši načrt kot na primer gradnja samo s pomočjo PZI-načrtov.

Tehnologija AR v gradbeništvu je še nerazširjena niša. Investicija v tehnologijo AR znaša 3.580 evrov brez DDV-ja za samo ena očala Hololens, licenca za programsko opremo Visuallive pa 400 evrov na mesec in nudi samo učinkovitejše izvajanje projektov na gradbišču. Predvidevam, da bo v prihodnosti tehnologija razširjena in cenejša.

Enako kot pri tretji hipotezi ni bila programska oprema možna za pridobitev. V primeru ITI VR gre za precej veliko investicijo za samo eno osebo, Visuallive pa potrebuje že na prvem mestu strojno opremo Hololens katera cena znaša 3.580 EUR brez DDV. Zato sem se prav tako odločil za deskriptivno metodo. Za raziskavo sem uporabil podatke pridobljene na spletnih straneh <https://www.iti.com>, ki nudi široko izbiro člankov in opisov njihove strojne opreme in ponudb učnih načrtov. Prav tako za raziskavo programa Visuallive sem pridobil podatke na njihovi spletni strani <https://visuallive.com/>. S preučevanjem teh podatkov sem nato prišel k končnim ugotovitvam.

Četrto hipotezo lahko potrdimo. Sicer tehnologiji AR in VR v trenutnem stanju ne nudita veliko procesu gradnje, kot sem predvideval, vendar imata kljub temu svojo uporabo in nišo. Uporaba AR-očal in AR-programov vodi k učinkovitejši gradnji, kjer se predvsem prihrani na času s hitrejšim in natančnejšim prepoznavanjem konfliktov ter korigiranjem projektov že na samem gradbišču, kot pa da morajo izvajalci brati veliko število PZI-načrtov, prepoznati napake na gradbišču in v PZI-načrtu ter te v pisarnah korigirati in jih ponovno izdelati.

VR je predvsem napredek v izobraževanju in treningu prihodnjih in trenutnih delavcev gradbišč. Z različnimi VR-simulacijami in učnimi načrti lahko ti pridobijo izkušnje in vrline za upravljanje veliko gradbenih strojev, žerjavov in del na gradbišču, ne da bi stopili na samo gradbišče ter z neznanjem ogrožali sebe in okolico. ITI VR nudi kakovostno strojno opremo, ki imitira sedenje in upravljanje različnih žerjavov, ki dajo skupaj z VR-očali in virtualnim učnim načrtom pripravnikom dobre izkušnje za pravo delo na gradbišču. Prav tako je izobraževanje pripravnikov z VR veliko ugodnejše v primerjavi z uporabo pravih gradbenih strojev in žerjavov, ki so namenjeni zgolj za izobrazbo.

To zmanjšanje stroškov z uporabo digitalnega usposabljanja kadra ima potencial pri spodbujanju gradbenih podjetij, ki bi se pogosto krat odločili za ugodnejše in nemoralne ter nevarne alternative, k izbiri zanesljivega in ugodnejšega urjenja kadra zaposlenega na gradbišču.

4 ZAKLJUČEK

Glavni cilj diplomskega dela je bil s pomočjo proučevanja obstoječe primarne in sekundarne literature, programske opreme ter lastne predstavitve določenih VR-programov in vtičnikov preveriti zastavljene hipoteze. Pri raziskovanju sem zelo zgodaj naletel na dejstvo, da je VR v gradbeništvu še zelo nerazširjeno orodje in posledično ni bilo možno pridobiti dostopa do večine programske opreme brez velike finančne investicije. Posledično je v diplomskem delu v večini prisotno proučevanje obstoječih raziskav in podatkov o programski opremi s spleta ter predstavitve edinega VR-programa, to je Twinmotiona, ki je bil brezplačen za uporabo.

Cilji diplomskega dela so bili naslednji: Spretna uporaba VR-ja v gradbeništvu, dokazati potencialne izboljšave in novosti z VR-jem ter prikazati vse možnosti uporabe VR-ja v fazi načrtovanja in gradnje.

V zvezi s temi cilji so bile postavljene naslednje hipoteze, ki jih je proučevanje obstoječih raziskav in lastnega preizkušanja programske opreme v prejšnjih poglavjih tudi potrdilo. Za te hipoteze sem se odločil v začetku diplomske naloge zaradi svojega lastnega interesa do tehnologije VR in dela v procesu arhitekturnega projektiranja s BIM programi in sem želel preučiti povezavo med VR in BIM.

H1: VR izboljša proces arhitekturnega projektiranja BIM: Tehnologija VR je primarno orodje za vizualizacijo končnega 3D modela z velikim potencialom za izboljševanje procesa oblikovanja projektne zasnove. VR se lahko uporablja za preverjanje postopkov načrtovanja, vizualizacijo gradnje, krepitev komunikacije in sodelovanja z različnimi udeleženci ter pregledovanja postopka oblikovanja projektne zasnove. Prednosti VR so pogosto kategorizirane kot zmanjšanje stroškov, zmanjšanje tveganja in učinkovitosti komunikacije med deležniki. Na prvi pogled izgleda, da pravilna uporaba VR v različnih fazah gradnje ni očitna. To ima lahko logičen razlog, če upoštevamo prednosti uporabe 3D modela BIM za razvojni proces VR v strojni industriji ter navdih za obsežno uporabo 3D modela v VR v gradbeništvu. Uporaba 3D modela v VR nam omogoča vizualizacijo kompleksnega cevovodnega sistema s podrobnimi geometrijami in to lahko prenesmo v vizualizacijo objekta.

H2: VR omogoči učinkovitejše delo med sodelujočimi na projektu kot pri klasičnem projektu BIM: Izboljšanje izvajanja gradbenih projektov je glavni motivator za uvedbo tehnologij VR. Deležniki projekta potrebujejo prilagodljivo in natančno komunikacijsko orodje. Uporaba virtualnih modelov v celotnem procesu načrtovanja izboljša in ohrani koordinacijo projektnih skupin. V gradbeništvu je gradbeno podjetje zadolženo, da se projekti,

ki so jih ustvarili arhitekti, gradbeniki, elektro in strojni inženirji ujemajo in pravilno delujejo med celotnim procesom gradnje. Lahko pa projektna skupina identificira konflikte z orodji BIM, kot sta Revit in Navisworks. Sprehod po virtualnem modelu izboljša optimalno odkrivanje konfliktov. Poleg tega ponuja komunikacijo za reševanje sporov med različnimi člani projekta.

H3: S pomočjo VR-vizualizacije se investitorju oziroma naročniku boljše in podrobneje prikaže projekt kot le z uporabo klasičnega projekta BIM.: Številna podjetja nudjo presojo zasnove in 3D BIM modela zato, da lahko investitor spozna, ovrednoti in odpravi morebitne napake še preden je bil projekt izveden. Pregled zasnove in 3D BIM modela pomaga stranki, da ostane del procesa razvoja dizajna. Investitor tako lahko predlaga arhitekturne prilagoditve stavbe in razume celoten koncept projekta zahvaljujoč tehnologiji VR. Zbiranje povratnih informacij investitorjev s strani projektantov in izvajalcev pospeši proces prilagajanja projekta. Preden investitor sprejme končne odločitve si lahko ogleda zasnovo v okolju VR in tako posreduje podatke udeležencem projekta in ti učinkovitejše in natančnejše izpolnijo želje stranke.

H4 – Krovna tema: Apliciranje VR na gradbišču vodi k učinkovitejši in varnejši gradnji kot samo uporaba PZI-ja v obliki BIM: Ker je v gradbenem sektorju precej nesreč in poškodb, je varnost ključnega pomena. VR lahko izboljša pripravljenost delavcev in pomaga zmanjšati število nesreč na gradbiščih. Zaradi poučevanja in varnosti imajo modeli VR velik potencial v gradbeništvu. Varnostni program usposabljanja, ki temelji na VR, ponuja poglobljeno učno izkušnjo, ki uporabnikom omogoča interakcijo z virtualnim 3D okoljem. VR lahko predstavi grožnje na gradbišču, brez ogrožanja sodelujočih. To virtualno usposabljanje olajša razvoj kognitivnih sposobnosti in razumevanja, ki pogosto izboljša sposobnost tolmačenja učnega gradiva. Rezultat je ustvarjanje varnostne kulture, ki spodbuja praktičen urnik za dobro počutje zaposlenih v gradbeništvu.

V diplomskem delu so bile potrjene vse zastavljene hipoteze. Programska oprema VR omogoči dodatno funkcionalnost pri fazi projektiranja, kjer si lahko projektanti in drugi deležniki projekta ogledajo projekt z natančnejšega, poglobljenega vidika, kot ga nudi klasičen model BIM, kjer si ogledajo 3D model prek statičnih zornih kotov in zaslonov ter na ta način analizirajo in predvidijo korekcije projekta, še preden ti postanejo realnost na gradbišču.

Investitorjem nudi tehnologija VR-sprehode po prihodnjem objektu, kjer se lahko postavijo v vanj, ocenijo počutje in uporabnost prostorov ter v sodelovanju s projektanti hitreje in natančneje ugotavljajo dejansko stanje ter lahko pravočasno izvedejo spremembe.

Prav tako ima VR velik potencial v fazi gradnje, kjer lahko izvajalci gradnje s pomočjo tehnologije in strojne opreme AR naložijo model BIM na gradbišče, kar naredi gradnjo natančnejšo in učinkovitejšo kot gradnja na podlagi PZI-načrtov. Za urjenje delavskega kadra pa VR omogoči virtualne učne programe in poligone, kjer se lahko skupaj s specializirano strojno opremo pripravniki učijo in nabirajo izkušnje na virtualnih gradbenih strojih, ne da bi s tem ogrožali sebe ali druge. VR prav tako zniža stroške urjenje kadra, saj je programska oprema izrazito cenejša, kot na primer najem ali nakup vseh gradbenih strojev in primernege terena.

VR je še zelo mlada in neizpopolnjena tehnologija z veliko potenciala ne samo v gradbeništvu, ampak v celotnem tehnološkem svetu. Predvidevam, da bo v naslednjih desetih letih VR naredil velik skok v priljubljenosti med uporabniki, tako osebnimi kot strokovnimi, ko bo na trgu večja izbira VR-očal in programske opreme. Sam sem lastnik VR-očal Oculus Quest 2 in jih vedno bolj uporabljam v fazi projektiranja, predvsem so se izkazale kot priljubljen način predstavitve projektov našim investitorjem.

5 VIRI IN LITERATURA

- Al-sweity, & Yousef, A. (2013). Unethical conduct among professionals in construction industry.
- Bellini, H. (1. Februar 2016). *The Real Deal with Virtual and Augmented Reality*. Pridobljeno iz Goldman Sachs: <https://www.goldmansachs.com/insights/pages/virtual-and-augmented-reality.html>
- Chan, C.-S. (April 1996). Virtual Reality in Architectural Design. *Computer Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA 97)*. HsinChu, Taiwan: Department of Architecture, Iowa State University.
- Fink, C. (1. July 2020). *Walk Through Buildings Before They Are Built*. Pridobljeno iz Forbes: <https://www.forbes.com/sites/charliefink/2020/07/01/walk-through-buildings-before-they-are-built/>
- Hamzah, A.-R., Wang, C., & Yap, X. W. (2010). How professional ethics impact construction quality: Perception and evidence in a fast developing economy. *Scientific Research and Essays Vol. 5(23)*, 3742-3749.
- Hassim, A. A., Kajewski, S. L., & Trigunarsyah, B. (2010). Factors contributing to ethical issues in project procurement planning : a case study in Malaysia. *Conference: 2010 International Conference on Construction & Real Estate Management*, (str. 1-3). Brisbane, Australija.
- Hay, C., Ionno, D. D., Rewko, M., Tanner, A., Williams, G. J., & Lever, B. (September 2017). *A NEW REALITY: Immersive Learning in Construction*. CITB RESEARCH.
- Ho, C. M.-F. (2011). Ethics management for the construction industry: A review of ethical decision-making literature. *Engineering, Construction and Architectural Management*.
- Jacobson, J., & Dray, J. (13. Junij 2018). *Reducing design coordination errors with VR, AR*. Pridobljeno iz Construction Dive: <https://www.constructiondive.com/news/reducing-design-coordination-errors-with-vr-ar/525645/>
- Lahdou, R., & Zetterman, R. (2011). *BIM for Project Managers: How project managers can utilize BIM in construction projects*. Göteborg, Sweden: CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY.

- Luo, L. (Februar 2017). Construction Project Complexity: Research Trends and Implications. *Journal of Construction Engineering and Management*.
- Mason, J. (2009). Ethics in the construction industry: The prospects for a single professional code . *International Journal of Law in the Built Environment*, 194-204.
- Rice, B. (29. Oktober 2018). *10 Benefits to Virtual Reality Construction Safety Training*. Pridobljeno iz Pixo VR: <https://pixovr.com/virtual-reality-construction-safety-training/>
- Sampaio, Z. (Julij 2019). BIM CAPACITIES IMPROVED WITH VR TECHNOLOGY IN THE BUILDING. *International Conference Theory and Practice in Modern Computing 2019*. Lisbon, Portugal: University of Lisbon, IST, Dep. Civil Engineering.
- Sinha, S. K., Thomas, R. H., & Kulka, J. R. (2004). INTEGRATING ETHICS INTO ENGINEERING DESIGN OF CONSTRUCTION PROCESS. *American society for engineering education annual conference & exposition*.
- Urban Hub. (20. November 2019). *Virtual reality (VR) and the future of immersive architectural design*. Pridobljeno iz Urban Hub: <https://www.urban-hub.com/technology/vr-the-future-of-immersive-architectural-design/>