

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta  
za gradbeništvo  
in geodezijo



Jamova cesta 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

**DRUGG** – Digitalni repozitorij UL FGG  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvorna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Hočevar, A., 2015. Uporaba virtualne resničnosti v gradbeništvu. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Dolenc, M.): 38 str.

Datum arhiviranja: 06-11-2015

University  
of Ljubljana

Faculty of  
Civil and Geodetic  
Engineering



Jamova cesta 2  
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

**DRUGG** – The Digital Repository  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Hočevar, A., 2015. Uporaba virtualne resničnosti v gradbeništvu. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Dolenc, M.): 38 pp.

Archiving Date: 06-11-2015

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



Jamova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si

**VISOKOŠOLSKI STROKOVNI  
ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE  
STOPNJE OPERATIVNO  
GRADBENIŠTVO**

Kandidat:

**ANTON HOČEVAR**

**UPORABA VIRTUALNE RESNIČNOSTI V  
GRADBENIŠTVU**

Diplomska naloga št.: 110/OG-MO

**USABILITY OF VIRTUAL REALITY IN  
CONSTRUCTION INDUSTRY**

Graduation thesis No.: 110/OG-MO

**Mentor:**

doc. dr. Matevž Dolenc

Ljubljana, 20. 10. 2015

## **ERRATA**

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

---

## **IZJAVA**

Podpisani **ANTON HOČEVAR** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:

**"UPORABA VIRTUALNE RESNIČNOSTI V GRADBENIŠTVU"**.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsam enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana 13.10.2015

Anton Hočevar

## **BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

<b>UDK:</b>	004.946:624(043.2)
<b>Avtor:</b>	Anton Hočevar
<b>Mentor:</b>	doc. dr. Matevž Dolenc
<b>Naslov:</b>	Uporaba virtualne resničnosti v gradbeništvu
<b>Tip dokumenta:</b>	Dipl. nal. - VSS
<b>Obseg in oprema:</b>	38 str., 12 sl.,
<b>Ključne besede:</b>	Virtualna resničnost, razširjena resničnost, continuum virtualnosti

### **Izvleček:**

Gradbeništvo pri nas ostaja sektor, kjer se nove tehnologije implementirajo počasi in so v zaostanku za zahodnimi državami. Želja za prehod na nove tehnologije je povezana s poslovnim uspehom podjetja, čeprav je s prihodom novih pristopov za klasično delo učinkovitost zaposlenih večja.

Diplomska naloga predstavi načine in tehnologije s področja virtualne resničnosti (VR), ki imajo potencial uporabe v gradbeništvu. Opisani so pojem virtualnosti in različne variacije, ki nastopajo pri prehodu iz realnosti v virtualnost. Predstavljena sta dva primarna produkta dela, in sicer SmartReality in Mikrosoftov HoloLens, ter v nadaljevanju njihova uporaba in delo na področju gradbeništva. Prikaže se pomen tehnologij za bodoč razvoj sektorja, njihove prednosti, slabosti in tehnične omejitve. Za vsak produkt se tudi opiše periferijo, ki sodeluje z njima, in poveča splošno uporabnost. To sta Moverio smart Glasses in Oculus Rift.

## **BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

**UDK:** 004.946:624(043.2)  
**Author:** Anton Hočevar  
**Supervisor:** Assist. Prof. Matevž Dolenc, Ph. D.  
**Title:** Usability of virtual reality in construction industry  
**Document type:** Graduation thesis – Higher professional studies  
**Notes:** 38 p., 12 fig.,  
**Key words:** Virtual reality, augmented reality, virtuality continuum

### **Abstract:**

Construction is a sector where new technologies are implemented slowly and are still behind western countries. The need for a transfer to newer technologies is connected to bussiness success of a company, even though new approaches increas productivity for the employees.

Thesis will present implementations and technologies from a field of virtual reality (VR) that could be used in the contruction industry. Virtuality is described along with its variations that link fields between reality and virtuality. Two products will be presented, SmartReality and Microsofts HoloLens, along with their usage in the field of construction. Strong incentive is also presented to show a future development of a given sector, its strenghts and weaknesses along with their technical limitations. Both products are shown in combination with other peripheries like Oculuts rift and Moverio Smart Glasses which increase products usability.

## **ZAHVALA**

*Doc. dr. Matevžu Dolencu za mentorstvo  
in nasvete.*

*Mateju Vidicu za pomoč pri reševanju  
dilem in kontroli besedila.*

*Klemnu Žlindri za nasvete in pomoč  
Pri popravi besedila.*

**KAZALO**

<b>1</b>	<b>UVOD</b> .....	1
<b>2</b>	<b>PREHOD IZ RESNIČNOSTI V VIRTUALNOST</b> .....	3
2.1	Načini uporabe virtualne resničnosti .....	4
2.2	SmartReality .....	7
2.2.1	SmartReality in Oculus Rift .....	9
2.2.2	SmartReality v povezavi z Epson Moverio Smart Glasses.....	10
2.3	Microsoft HoloLens.....	10
2.3.1	HoloLens izgled.....	11
2.4	HoloLens kot pripomoček učenja.....	11
<b>3</b>	<b>VIRTUALNA REALNOST V GRADBENIŠTVU</b> .....	13
3.1	Začetki modernega gradbeništva .....	13
3.2	Problem konvencionalnega gradbeništva .....	13
3.3	Oprijem tehnologij v gradbeništvu .....	15
3.1	Uporaba programa SmartReality .....	16
3.2	Uporaba mobilne aplikacije.....	16
3.2.1	4D BIM modeli z SmartReality .....	18
3.3	Alteracija projekta na gradbišču z HoloLens.....	19
3.4	Street view z HoloLens.....	19
3.5	Učinkovitost uporabe HoloLens .....	20
3.6	Neizkoriščen potencial virtualne realnosti v gradbeništvu .....	21
3.7	Pogled s strani podjetij na virtualno resničnost .....	22
<b>4</b>	<b>ZAKLJUČEK</b> .....	24
<b>VIRI</b>	.....	25



## KAZALO SLIK

Slika 1 - Kontinuum realnosti in virtualnosti (wikipedia, 2007).....	3
Slika 2 - Sutherlandov izum meč Damoklesa (Shore. 2012).....	5
Slika 3 - Treniranje ameriških pilotov s pomočjo VR se nadaljuje še danes (wikipedia. 2006).....	5
Slika 4 - Prva verzija Oculus Rifta (wikipedia. 2013) .....	7
Slika 5 - Projekt Kingstonove bolnice v aplikaciji SmartReality (SmartReality. 2014) .....	8
Slika 6 - Microsoft Hololens (Phillips. 2015) .....	10
Slika 7 - Način učenja se bo za različne stroke občutno spremenil (Mccracken. 2015) .....	12
Slika 8 - Izdelava maket projektov (Gay, D.).....	14
Slika 9 - Detajl fasade projekta Kingstonove bolnice (SmartReality. 2014).....	18
Slika 10 - Primer odpravljanja napak v trenutku - "on the fly" (Phillips. 2015).....	19
Slika 11 - Prikaz uporabe HoloLensa – kolaboracija Trimbla in Microsofta (Phillips; Trimble. 2015).....	20
Slika 12 - Dejanski vidni kot HoloLensa (Mccracken. 2015).....	21

**KRATICE IN OKRAJŠAVE**

<b>VDC</b>	Virtual Design and Construction	virtualni dizajn in gradnja
<b>IT</b>	Information technology	informacijska tehnologija
<b>AEC industry</b>	Architect, Engineer, Constr. ind.	industrija gradbeništv in arhitekture
<b>VC</b>	Virtuality Continuum	virtualni trak med virtualnostjo in realnostjo
<b>DBO</b>	Design-build-operate	proces dizajna, gradnje in upravljanja
<b>BIM</b>	Building Information Modeling	informacijsko modeliranje zgradb
<b>IPD</b>	Integrated Project Delivery	integrirana metoda doprinosa k projektu
<b>IDP</b>	Integrated Design Proces	metoda integriranega dizajna

## 1 UVOD

Gradbeništvu je panoga, ki temelji na projektiranju unikatnimi izdelkov. Vsak objekt je postavljen na edinstveno točko na zemlji, kjer je podvržen klimatskim, geološkim in kulturnim vplivom. Iz tega izvira potreba po projektiranju brez morebitnih napak in zadovoljevanju standardov. Napake lahko tekom projekta privedejo do ogrožene varnosti in stabilnosti objekta. V načrtih se jih težko opazi in še težje oz. dražje popravlja. Posledično iz tega izvira iskanje različnih načinov projektiranja z namenom zmanjševanja napak in njihovega lažjega odpravljanja. Načini, ki so pripeljali do napredka pri reševanju omenjenih problemov so se razvili iz analognih procesov projektiranja v digitalne.

Z vstopom CAD-programov na trg se je čas reševanja napak zmanjšal, saj se je namesto rezanja napačnih črt z britvico napake izbrisale z ukazom tipkovnice. Posledično je to pripeljalo do povečanja produktivnosti, učinkovitosti in kvalitete. Preskok pri iskanju rešitev je informacijsko modeliranje zgradb (BIM), ki omogoča projektiranje 3D objektov, kjer projektiranje vsebuje še časovni potek gradenj in denarni tok projekta. Polje tehnologije, ki trenutno prikazuje največji zagon pri razvoju iskanja rešitev je virtualna resničnost, saj ima največji potencial izmed razvijajočih rešitev.

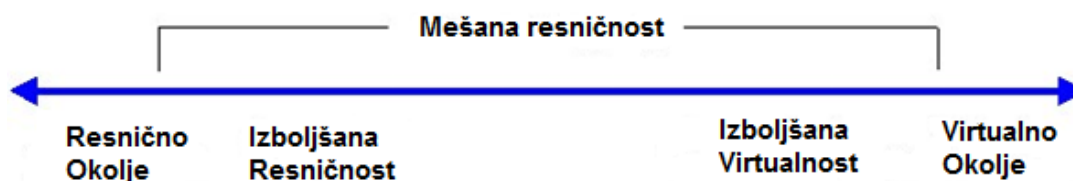
Virtualna resničnost je dolgo časa potrebovala za preboj v gradbeni sektor toda z razvojem računalniških tehnologij se je njena učinkovitost uporabe povečala. Virtualni realnosti je manjkala mobilnost uporabnika kjer bi se gibal le njegov računalniški model. Omogočanje premikanja je prinesel koncept izboljšane resničnosti (po angleško augmented). Idejo o njej lepo povzame razvijalec James Benham: "Bistvo izboljšane resničnosti je kontrola gledalca in kontrola kota (gledanja)." Tehnološko težje izvedljiva, a bolj napredna oblika virtualnosti, ki prikazuje tako digitalne modele, kot okolje v katerem uporabnik stoji. Tehnologija je dozorevala in v zadnjih treh letih na trg prinesla množico produktov, ki se trudijo ustvariti evolucijo gradbeništvu.

Na trg so stopili novi način podpiranja zamisli in podjetji v obliki Kickstarterja, kjer se potrošniki lahko sami odločajo o denarni podpori izdelkov, ki bodo po njihovem mnenju najboljše ustrezali in prinašali napredek pri razvoju tehnologij. Tako z vsakim letom prihaja na trg vedno več privlačnejših rešitev, ki prepričujejo uporabnike, da je njihova storitev preboj in zmanjšuje težavnost dela, a se pogosto izkaže, da tehnologije niso vedno dozorele. Imajo svoje pomanjkljivosti in tehnične omejitve. Problemi omejitve tehnologije na inovativne produkte se najpogosteje pričnejo pri nezadostni računski moči produkta, slabega vidnega kota, nizke resolucije ter slabih tekstur ali izrisanih slik.. To ne pomeni, da so sedanje rešitve neuporabne. Imajo namreč ozko funkcionalno polje, vendar lahko bistveno pripomorejo k večji produktivnosti. Z razvojem izdelka se bo polje uporabnosti večalo, dokler se ne odpravi pomanjkljivosti, ter tako uporabniku neprivlačen produkt postane nepogrešljiv dodatek k delu.

Namen naloge je predstaviti nove tehnološke inovacije v gradbeništvu za povečanje produktivnosti pri projektiranju in gradnji. Izpostavljena je aplikacija za tablice imenovana SmartReality podjetja JBKnowledge, ki je inovativen produkt predstavila na platformi v osnovi namenjeni predvajanju medijskih vsebin v prostemu času. S tem širi uporabnost samih naprav in izkorišča njihovo mobilnost in prenosljivost, ne glede na teren. Velika pokritost trga z tabličnimi računalniki pa omogoča ne težaven prehod na aplikacijo s strani podjetja. HoloLens je naglavni prikazovalnik tridimenzijskih modelov skozi polprosojno steklo in združuje digitalno sliko z vidom uporabnika. To služi med drugim kontroliranju projektov na terenu in urejanje napak in nepravilnosti, ki se pojavljajo med gradnjo. Prednost je sinhronizacija ekip na terenu in v pisarni saj lahko obe ekipi sodelujeta pri spremembah in napredku projekta v istem trenutku brez nepotrebne pošiljanja informacij v pisarno in nazaj. Za namene projektiranja in prikaza investitorjem služi funkcija Street View z prikazom modela projekta v vseh treh dimenzijah razprostrtega na papirnatem načrtu, kjer lahko uporabnikom nemoteno izrisuje projekt okoli 360 stopinj, brez zamikov in popačenj. HoloLens služi tudi kot nov prijem za učenje. Za razliko od slikovnega gradiva v učbenikih prikaže na več slojev razrezan poljuben model, katerega lahko učenec premika, odstranjuje sloje in od blizu vidi jasen vpogled v delovanje, podkrepljeno z animacijami in ostalimi medijskimi vsebinami.

## 2 PREHOD IZ RESNIČNOSTI V VIRTUALNOST

Poznamo več stopenj resničnosti, ki vsebujejo vsa področja med čisto resničnostjo in čisto virtualnostjo, vendar jih zaradi poenostavitve umeščamo v štiri kategorije, ki označujejo preskoke med stopnjami. Umeščene so na trak resničnosti, ki se imenuje tudi kontinuum realnosti in pokriva vse stopnje.



Slika 1- Kontinuum realnosti in virtualnosti (wikipedia, 2007)

Realnost je prikaz stvari, kot naj bi bile v resnici. Predlog preverbe, če je stvar resnična, je v potrditvi stvari večih (ali vseh) ljudi. Halucinacije niso del resničnosti, saj čeprav niso digitalni proizvod, se ne razumejo kot resničnost širšemu krogu ljudi. Realnost je vse, kar se je zgodilo do sedaj, in je, ne glede na možnost dokumentiranja in predstave. (Milgram, Paul; H. Takemura; A. Utsumi; F. Kishino, 1994)

Virtualna resničnost je lahko predstavljena kot multimedija, v katero se lahko vživiš, ali pa simulirano računalniško življenje. Namen je nadomestiti resnično okolje z navideznim, ki simulira resničnost in svoj biti v njem. Taka resničnost izdelava novo okolje z uporabo ponazoritve resničnih občutkov vida, sluha, otipa, vonja, in okusa v neresničnem okolju, ki ji daje občutek dejanskosti. (Milgram, Paul; H. Takemura; A. Utsumi; F. Kishino, 1994)

Mixed Reality ali mešana resničnost pokriva vso območje, ki je med resničnostjo in virtualnostjo. Z drugimi besedami je namreč nešteto odtenkov sive med čisto belino in črno. Za gradbeništvo pa velja primerjava z neštetimi fazami med zasnovo objekta in izdelano zgradbo. Arhitekti in inženirji na eni strani izdelajo načrte, na drugi pa izvajalec z podjetjem dokonča objekt – ga spremeni iz navideznega v realnega. V mešano resničnost spada tudi Augmented Reality in Augmented Virtuality (Almagor, 2015).

Augumentirana (izboljšana) resničnost je direkten oz. neposreden prikaz fizičnega objekta v živo, sinhronizirano z realnostjo, kjer lahko uporabnik v gledanem trenutku spremlja računalniško izdelan objekt v prostoru, premika kamero in spremlja prikaz na zaslonu računalnika, tablice, mobitela, ali kake drugega produkta. Programi so zmožni vzeti informacije iz okolja, tako zvočne, vizualne, kot lokacijske, z GPS-sistemom, jih procesirati in prikazati realno časovno, skupaj z dejanskimi. (Milgram, Paul; H. Takemura; A. Utsumi; F. Kishino, 1994)

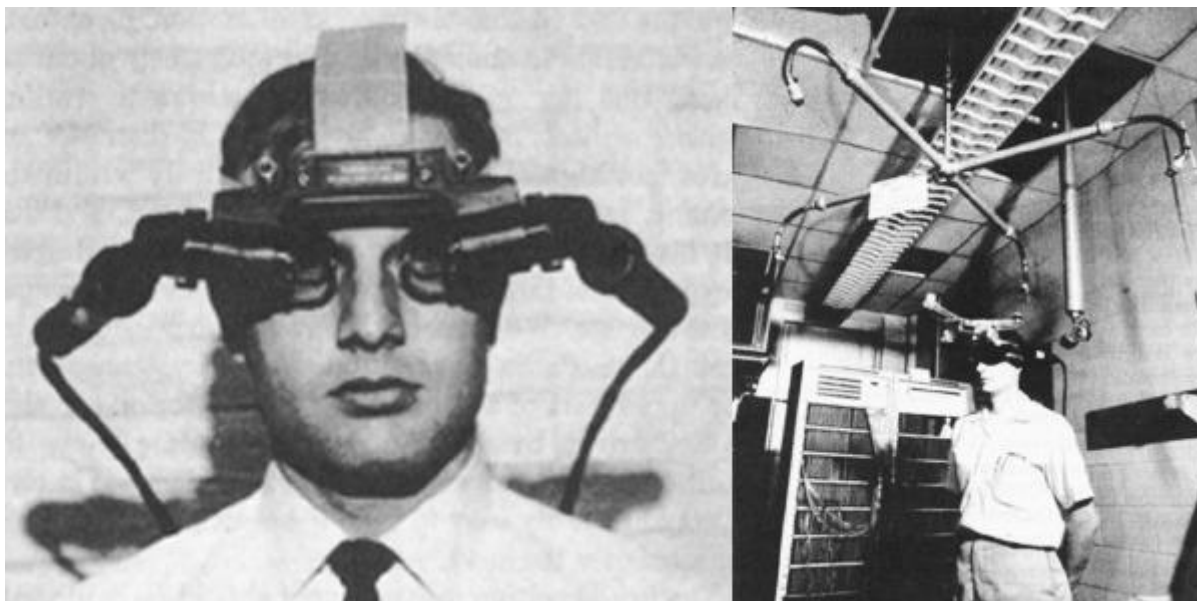
Augmented Virtuality ali izboljšana virtualnost je zelo podobna izboljšani resničnosti, z razliko v tem, da so realni objekti in ljudje dinamično vključeni v virtualni svet in lahko z njim interagirajo z direktnim odziv na gibe in kretnje realno časovno. Najpogosteje je s programom povezana kamera, ki sprejema vizualne signale in izriše digitalni reprezentativni model objekta. Na trgu je že dolgo časa prisotnih veliko izdelkov za množični trg in za domačo uporabo (primer Microsoftov Kinect in Sonyjev Eye). (Almagor, 2015)

## **2.1 Načini uporabe virtualne resničnosti**

Začetki spajanja človeka in stroja so bili nepoetski. Ideja o virtualni resničnosti je nastajala že stoletja, vendar je največji približek dejanski uporabi prišel v petdesetih letih prejšnjega stoletja, ko so maloštevilni vizionarji uvideli možnost za gledanje stvari na zaslonu, ki je brezkončno, vendar tehnologija takrat tega še ni dovoljevala, da se ideja uresniči. Nekaj let kasneje, v poznih 60. letih, je umetnik in programer Myron Krueger začel ustvarjati novo vrsto izkušenj, imenovano "umetna realnost," in poizkus, kako zanetiti revolucijo interakcije med ljudmi in stroji. (Schnipper, 2014)

Leta 1962, po letih dela, ki so obrodila bolj malo sadov, je Mort Heilig, filmski direktor patentiral, kaj bi lahko bil prvi pravi VR-sistem. Imenoval ga je Sensorama. To je bil kabinet s 3D-zaslonom, podobno kot moderni arkadni igralni sistemi; sedež je imel vibracijsko zmožnost in sistem za izpust primerne vonja za zelen učinek. Deloval je na vsa telesna čutila, kar naj bi še povečalo vživetost v navidezni svet kot pravega. Heilig si ga je zamislil kot linijo izdelkov za "kino prihodnosti". Čeprav je njegov izum obetal veliko, se njegova želja ni uresničila v času njegovega življenja. (Schnipper, 2014)

Leta 1965 je bil Ivan Sutherland v tistem času že znan kot ustvarjalec računalniškega vmesnika Sketchpad, ki je bil za 60. leta prelomen. Zasnoval je "The Ultimate Display". To je bil po njegovih besedah "prostor, v katerem lahko računalnik nadzoruje obstoj materije." Leta 1968 je izdelal še nedodelano iteracijo svoje naprave, naglavnega prikazovalnika, ki je bil podoben podmornškemu preriskopu, z imenom meč Damoklesa ali "Sword of Damocles". (Schnipper, 2014)



*Slika 2 - Sutherlandov izum meč Damoklesa (Shore. 2012)*

Obljuba ideje je skrita pod okorno vizualnost. Koncept pa je bilo vredno zasledovati, zato so to naredili predvsem v vojaški namen, kjer so uporabljali virtualno tehnologijo resničnosti vojne simulacije za učenje kadetov in pripravo na služenje vojaškega roka. Tako je v Wright-Patterson Air Force Base v Ohio vojaški inženir Thomas Furness izdeloval novo generacijo modelov pilotske simulacije letenja. Tajni projekt je bil v izdelavi dve desetletji in je po končanju in državni odobritvi postal imenovan kot Super Cockpit. (Schnipper, 2014)



*Slika 3 - Treniranje ameriških pilotov s pomočjo VR se nadaljuje še danes (wikipedia. 2006)*

Ideali, ki so se zdeli o svetu virtualne resničnosti v tistih časih utopija, so bili ponovno obiskani z majhnim številom nadarjenih izumiteljev v poznih 80. in zgodnjih 90. letih. To pa so bili ravno časi, ko je osebni računalnik postal neizmerno popularen, saj sta povečana računska moč in dovolj ugodna cena omogočala nakup računalnika povprečnemu človeku. Moto računalniških proizvajalcev je bil

"računalnik za vsak dom", in VR-razvijalci so našli radovedne prebivalce, ki so si želeli, da vidijo, kaj tehnologija lahko ponuditi. (Schnipper, 2014)

Izkazalo se je, da je to veliko premalo, kar trg zahteva, tehnologija, čeprav neprimerno bolj razvita kot še kakšno desetletje prej, ni omogočala majhnih in uporabniku prilagojenih naprav. Ljudje so bili na precepu želje digitalnih izkušenj, bujne domišljije in velikih okornih škatel, ki naj bi jih postavljali na glavo. Navdušencev to ni motilo in so se s pridom prepuščali in vživali v grobo orisano podobo digitalnega. V tem so videli nekaj kar povprečen uporabnik takratnih računalnikov nebi videl. Niso videli samo nekaj deset poligonov in razmazane teksture. Videli so gore, jezera, reke, gradove, ki so stali "pred njimi", in ne na ploskem zaslonu pol metra od obraza. Čar jim je bil neustavljiv. Sredi 90. let, se je VR-industrija zaprla sama vase, komercialnih izdelkov se praktično ni našlo, z izjemo manjših poizkusov prodora na trg, ki pa niso obrodili zelenih rezultatov, toda v znanosti se je tehnologijo še vedno uporabljalo. Komercialni razvoj se je ustavil tudi zaradi naraščajoče želje in priljubljenosti interneta. (Schnipper, 2014)

Palmer Luckey je ime osebe, ki se je pojavila pred dvema letoma. Rojen v obdobju konca 20. stoletja, tako imenovane zlate dobe VR je s pomočjo napredkov v tehnologiji je začel z vlaganjem v razvoj navidezne resničnosti. Iz njegovega prizadevanja se je razvil Oculus Rift. Začel je z malim in naredil svojo različico naglavnega seta. Uporabil je majhen zaslon iz mobilnega telefona in ga ovil v plastični okvir, podoben smučarskim očalom. Dodal je slušalke in imel je napravo, ki je omogočala vhod v navidezno resničnost. Grafični prikaz je bil še vedno posplošen približek realnosti in ni omogočal visoke ločljivosti prikazane slike, vendar je bila izkušnja tako življenjska, da je kmalu začel z resnim razvojem. Izdelal je repliko stanovanja humorista Seinfelda. Prvič v zgodovini se je lahko sprehajal skozi realistično okolico na tak način. Ni bilo pomembno, kaj je delal v svojem navideznem svetu, vzdušje je bilo neponovljivo. S velikim potencialom razvoja se je tako pred kratkim k ekipi razvijalcev pridružil še računalniški vizionar John Carmack, podjetje pa je prišlo v last Facebooka za neverjetni 2 milijardi dolarjev. Po nakupu podjetja se je bitka za VR razpihnila ter posledično vključila več podjetij, kjer si vsako želi na trg pripeljati ugodnejša in z več funkcijami opremljena 3D-očala. (Schnipper, 2014)

Predstava prihodnosti VR je podobna, kot če bi si pred 10 leti poskušali predstavljati, kako danes uporabljamo mobilne naprave, telefone in tablične računalnike. Takšna tehnologija ne sme zamenjati resničnosti, ampak samo izboljšati oz. dopolnjevati. To je medij za napredek, ne pa napredek sam, kajti za to je potrebna razvojna pot. VR je samo ideja, napredek v znanosti, računalništvu in projekciji pa se mora še uresničiti, hkrati pa narediti ergonomično in ekonomsko privlačen izdelek za priteg širše javnosti. Tehnologije ponuja še veliko odprtih poti in neodkritih možnosti, ki si je sedaj lahko le predstavljamo, a čez pet ali deset let bodo postale realnost in del vsakdanjega življenja, tako kot klasični namizni računalniki danes. Tehnologija še ne podpira sinhronizacije človeškega vida z digitalnimi



napravami, zato temu namenu služi posebej narejena periferija – prikazovalniki grafičnih vsebin, ki omogočajo sprejemanje več vrst video signalov in jih prikazujejo združene v enem prikazu. Največji zagon imajo mobilne tablične aplikacije zaradi zmogljivosti procesiranja kompleksnejših ukazov in vgrajene kamere za zajemanje videa. Temu sledijo naglavni prikazovalniki slik in hologramov.



*Slika 4 - Prva verzija Oculus Rifta (wikipedia. 2013)*

Z prihodom tabličnih računalnikov pa se je odprl trg novim oblikam prikaza virtualne realnosti, ki za svoje delovanje izkoriščajo napredne računske zmogljivosti mobilnih naprav, brez potrebe po nakupu specializiranih namenskih naprav. Primer predstavlja mobilna aplikacija SmartReality podjetja JBKnowledge, ki za svoje delovanje potrebuje le tablični računalnik z naloženim operacijskim sistemom Androin ali iOS.

## **2.2 SmartReality**

SmartReality je aplikacija, izdelana za uporabo z mobilnimi napravami. Izdelana je uporabniku čim bolj prijazno, z projiciranjem 3D modela na zaslon. Njen namen je poenostaviti prehod iz abstraktne simbolne predstavitve objekta skozi prereze in tlorise v ljudem bolj razumljiv 3D-prostor, kjer človek lažje razume in "otipa" objekt, namesto da si ga predstavlja. Izdelana je posebno za mobilne naprave, zlasti tablične računalnike, za delovanje pa potrebuje video kamero na zadnjem delu naprave. Povezana je z JBKnowledgevim strežnikom in uradno spletno stranjo, preko katere se projekte nalaga na mobilno aplikacijo. Preneseni projekti so že pripravljene za sinhronizacijo z papirnatimi načrti in vsebujejo vse oporne točke potrebne za pravilno delovanje. Podporo ima tudi za Oculus Rift, pri katerem uporabnik upravlja svojega avatarja v prvi osebi in se premika po zgradbi z konzolnim kontrolerjem, podobno kot pri videoigrah. Dodalo se mu je senzor nagiba saj se lahko pojavi vrtočlavica zaradi nezmožnosti nagiba avatarja on nagibanju naprave, trenutni model Oculusu namvrač nima senzorja za zaznavo rotacijskih in translatorskih pospeškov.



Slika 5 - Projekt Kingstonove bolnice v aplikaciji SmartReality (SmartReality. 2014)

Funkcije aplikacije so:

- Približanje pogleda za 2-, 3- in 4-krat, za namen bolj podrobnega preučevanja detajlov. Objekt se približa ločeno iz 2D načrta, a z enakimi opornimi točkami, tako da se z mesta ne premakne. Namen je seveda pregledu na terenu in predstavitev na velikih mizah, da so lahko vsi deležni ogleda. Načrt se lahko premika, dvigne z mize, rotira in približuje, objekt pa se realno časovno sinhronizira z njim.
- Ikona za slikanje prikazanega zaslona je namenjena hitremu in nezamudnemu shranjevanju dela objekta oz. celote za trenutke, ko je čas omejen in ni prostora za razprostrtje papirnatega načrta.
- Podobno služi ikona za snemanje, ki posname gledano zgradbo, za prezentacije in hitre 360-stopinjske posnetke objekta.
- Pritisk na ikono programa – krogec povzroči, da se levi meni skrije za kontrolni stolpec, kar povzroči manj moteče gledanje.
- Pritisk na zid v tlorisu skrije sloj, ki ga predstavlja in omogoča pogled tudi pri večnadstropnih stavbah. Vsak del stene je lahko v svojem sloju, tako da se jih lahko poljubno vklaplja in izklaplja.
- Povezava modela za 4D časovni potek grajenja.

### 2.2.1 SmartReality in Oculus Rift

Za namene in potrebe aplikacije se je verziji za Oculus Rift dodalo senzor Leap Motion. Ta verzija programa je za razliko od ostalih nastavljena, da uporabnika postavi virtualno v ta prostor digitalnega modela, kjer se sprehajaš okoli modela. Perspektiva ni ptičja, z vrha, ampak predstavlja pogled uporabnikovega avatarja v virtualnem svetu. Sistem je povezan z Xbox kontrolerjem, s katerim premikamo avatarja.

Premik roke pred obraz na zaslon prikaže simbol dlani, ki odpre funkcijo upravljanja modelov z kretnjami rok. Poleg tega senzorji zaznavajo premikanje glave kot spreminjanje smeri pogleda. To pa ustvari vživetost v virtualni svet, vsaka funkcija posebej pomaga k doseganju tega. Tako lahko s kontrolerjem vstopiš iz zelenice okoli objekt v objekt sam, z glavo pogledaš po prostoru, stopiš do vrat, kjer jih lahko s kretnjo roke z dvema prstoma potegneš proti robu vrat, odpreš in se sprehodiš v drug prostor. Nato stopiš do stene in spet se ti prikaže meni, ki pove sestavo stene. Prav tako deluje za vse ostale elemente v virtualnem objektu. Vse teksture so izrisane pravilno glede na karakteristike materiala; okna so na primer izrisana pravilno transparentno. Dodatno lahko objekte v zgradbi zgrabiš z kretnjo zaprte pesti in jih premakneš kjerkoli po prostoru, ali pa jih preneseš v drug prostor, lahko s kontrolerjem ali pa samo premakneš roko levo oz. desno. Z odprtjem dlani se objekt položi na tla, kjer tudi ostane po koncu dela. Senzor prepozna tako eno roko ali obe istočasno, kar se ponazori na zaslonu s simbolom ene ali obeh rok. (Benham, SmartReality November 2014 Update - Construction App for Oculus Rift with Leap Motion, 2014)

Med prenosom je model transparenten, saj mora uporabnik videti, kam bo objekt premaknil. Dodatna periferija je tudi majhna kamera, ki se jo usmeri proti uporabniku. Snema namreč njega in njegove poteze prenaša v virtualni svet. Omogoča sledenju glave in zlasti zanimivo, lahko se pogleda čez objekt, ter nagiba naprej in nazaj. Ko se uporabnik sede premika po objektu, je na standardno določeni višini. Lahko pa vstane s stola in se nagle naprej, kar njegov avatar povzdigne za ogled višje perspektive, primer za ogled vrha visoke omare in z nagibom na drugo stran nje. Poklek pa zniža perspektivo za gledanje pod modeli. Tako se lahko vidi nad in pod robovi objektov, kar daje občutek naravnosti, saj so možgani navajeni na signale take vrste, kjer bi statična perspektiva izgledala veliko bolj umetno in togo. To vključno z dovolj gladkim prikazom digitalnega sveta občutno zmanjšuje slabost in vrtenje zaradi občutkov, ko možgani vidijo svet, ko se premika, ostali čuti pa zaznavajo sedeč položaj. Končna želja je omogočiti lastniku objekta na lastno pest urejati vse elemente v objektu in jih prilagajati lastnim željam ter tako uvideti, če se pri premikih pojavijo kakšna odstopanja. (Benham, Youtube, 2014)

### 2.2.2 SmartReality v povezavi z Epson Moverio Smart Glasses

Moverio Smart Glasses so AR-očala podjetja Epson. Naprava je vse v enem sistem, z vgrajenim računalnikom, senzori in polprosojnim zaslonom, na katerem se izrisuje digitalna slika. Vgrajeno ima litij-ionsko baterijo. V nadaljevanju se bo govorilo o njihovem novejšem modelu BT-200, ki je za razliko od starejšega veliko manjši in bolj priročen za uporabnike na terenu. Ima naprej usmerjeno kamero z zelo dobrim sistemom prepoznavanja objektov. Pri trenutnih modelih se je, če je potreba po zaščitnih očalih, še ne sme uporabljati samo njih, vendar pa bodo novejši modeli podpirali standarde za nošenje varnostnih očal. Prav tako bo prišla podpora za fotogrametrijo – to je slikanje terena z namenom kasnejšega vnosa v digitalne modele za potrebe projekta. Zelo dobro sodelujejo z aplikacijo zaradi svojega zelo širokega vidnega kota, veliko širšega od Google Glassa. Enostavno ju je povezati, razvoj zanj je tudi preprostejši od primerljivih izdelkov. Pri razvoju je pomembno vlogo imelo dejstvo, da se na očalih ne gleda slike od slike, ki jo kamera v njem snema, ampak kot pri HoloLensu prosojno steklo, skozi katerega se vidi načrt, na katerega se nato projicira 3D-model. (Benham., 2014)

### 2.3 Microsoft HoloLens

Microsoft je podjetje, ki je na trgu znano kot zelo predvidljivo s stališča razvoja. Imajo svoj operacijski sistem, ki je vodilni na trgu, ter veliko oddelkov, ki podjetju prinašajo bolj malo popularnosti in so vedno v senci njihovega osnovnega poslovanja (core business). Poizkušali so že na trgih mobilnih naprav in njihovih operacijskih sistemih, predvajalnikih glasbe in brskalnik interneta, ki je popularen le zaradi "vsiljenosti" programa v sam operacijski sistem. Eden izmed bolj uspešnih je X-Box oddelek za dnevno sobne konzole. V vseh 40 letih obstoja pa najbolj fascinantno razkritje predstavlja HoloLens.

Je njihov najnovejši prikazovalnik 3D-slik v vsakdanjem svetu, izdelan posebno za uporabo v kombinaciji z njihovim bodočim operacijskim sistemom Windows 10.



Slika 6 - Microsoft HoloLens (Phillips. 2015)

HoloLens je Microsoftov izdelek, ki naj bi konkuriral Oculus Riftu. Od njega pa je drugačen v tem, da je po navedbah avtorjev Mixed Reality ali mešana resničnost, ki vsebuje tudi Augmented Reality in je vmesna stopnja med resničnostjo in digitalno virtualnostjo. Inženirski tim pri Microsoftu je imel nalogo združiti resnične objekte in predmete z digitalnim virom. Vse je bilo že na začetku projekta zastavljeno z namenom interaktivnosti in v realnem času. To seveda omogoča olajšano interpretacijo in ogled obeh vrst informacij, njihovo povezanost in prikaz globine in oddaljenosti predmeta – resničnostne s prosojnim steklom in digitalne s prikazovalnikom slike, vdelanim v ohišje.

### 2.3.1 HoloLens izgled

Na pogled deluje zelo podobno kot Oculus, je namreč na glavi nošen – vse v enem holografski prikazovalnik. Vdelan senzor zaznava resnične objekte, računalnik v njem jih obdela in na prosojen holografski ekran prikaže sliko. Tako uporabnik lahko vzajemno deluje s 3D-hologramom, izrisanim pred njegovimi očmi. Posebnost pri tem izdelku pa je, da lahko "pripneš" hologram na fizične objekte in ga usmerjaš z ukazi GGv (gesture, gaze, voice) ali s kretnjami rok, pogledom in glasom. Senzor zaznava globino in pozicijo roke ter jo primerja z izrisanim modelom. Nato interpelira ukaze in določi, katerega objekta holograma naj bi se uporabnik dotikal. Ukazi, ki so do sedaj spadali v znanstveno fantastiko, so z oznanitvijo HoloLensa postali bližnja prihodnost in v zelo kratkem tudi sedanjost. Predstava, da lahko s palcem in kazalcem primeš del objekta in z njem delaš, kar želiš, si je težko predstavljati, dokler tega ne poizkusiš sam. Model objekta je razdeljen na poljubno število ločenih kosov, ki jih lahko premikaš svobodno po prostoru ali pa zakleneš ravnine in ga premikaš samo po eni – gor, dol ali pa levo, desno. Vpogled v zgradbo postane s tem mogoč, pregled nad detajli pa prav tako. Ukazi pa so lahko sprejeti tudi s kombinacijo klasičnega načina z miško in prikaza miškinega smernika na hologramu. Brezžična miška se enostavno poveže z računalnikom in vklopi v projekcijo kot uporabniški vmesnik, podobno kot imajo operacijski sistemi na 2D-ravnini pred očmi, omogoča klikanje po trirazsežnem prostoru in ne rabi znanja in premikanja po globini. Ukazi so enaki kot GGv in prav tako omogočajo toliko načinov razpolaganja z modelom, kolikor se jih projektanti lahko zamislijo. (Microsoft, Microsoft HoloLens: Partner Spotlight with Trimble, 2015)

### 2.4 HoloLens kot pripomoček učenja

Že znan pregovor pravi, da slika pove več kot tisoč besed. Potem bi trirazsežna slika z omogočenim približevanjem in rotiranjem ter podporo animacijam povedala več kot 1000 slik. Dosedanji sistem učenja na fakultetah se je zanašal v veliki večini na tekstovno gradivo z občasnimi skicami in redko slikami. Gimnazijcem so velike preglavice delali koncepti gradbeništva in detajlov. To pomeni, da bi vključitev 3D-objektov in detajlov v učni potek na enostaven način prikazala, kako gradbeništvo sploh izgleda. Detajle oken in vrat, vijakov in členkov bi se tako projiciralo v 3D-realni svet, kjer bi učenec izvajal ukaze nad hologramom, ga vrtel in razčlenil na njen komponente ter uvidel, kako so sploh

povezani med sabo. Izdelala bi s aplikacija, ki bi v členu izrisala vsak element kot samostojen del celote. Vsak vijak, matica, nosilni element bi imel lastno geometrijo, ki bi bila nepovezana z ostalimi. Učenec bi nato lahko elemente postavljaj skupaj, jih privijačil in odvijal. Dejanski pogled stanja, kot je, je veliko lažji za učenje kot 2D-črtne sheme na belem papirju. Dostikrat se pojavijo anomalije med predavanjem in naučeno snovjo, ki se običajno razrešijo veliko prepozno. (Craig, 2015)



Slika 7 - Način učenja se bo za različne stroke občutno spremenil (McCracken, 2015)

Naslednji korak pa bi bil integracija HoloLens z programi statike. Resnično revolucionarna ideja, ki sedaj sloni še na veliko domišljije. Primer je kreiranje nosilca ali pa členkastega sistema, kjer bi s kretnjami povezali skupino členkov v element. Vsak prikazan členek bi lahko izbrali iz skupine vnaprej narejenih členkov s pred nastavljenimi lastnostmi, ki bi jih lahko določili sami, ali pa celoten model naredili v drugem programu in ga izvozili. Izdelali bi konstrukcijo in jo obtežili. Simulacija bi se nato zagnala in prikazala, kaj bi se z elementom zgodilo v primeru porušitve, ali pa če bi preneslo prikaz deformacij. Izris bi lahko bil tako barven za prikaz deformacij, kot tudi samo graf premika točk na elementu glede na prejšnjo pozicijo. Enako bi lahko naredili za preverjanje statike detajlov. Imeli bi detajli, ki ponavadi sestoji iz dveh nosilnih elementov, povezanih na razne načine z velikim številom potrditev. Na simulaciji v živo, bi se prikazalo, kateri element najprej popusti in kako, ter kako bi deformacije potovale naprej po elementu. Namen tega bi bil dejanski – v živo vpogled v naravo in delovanje elementov, ki so v uporabi v gradbeništvu. Sedanji sistem je narejen na predoločeni dimenzijah za izračune oz. streli v temo pri študentovi lastni izbiri. Ker je občutek (gut feeling) pomemben pri začetni izbiri elementa, bi tako lahko učencem na najhitrejši način prikazali kakšnim dimenzijam, naj zaupajo za določeno uporabo, ki bi repetitijo že izdelanih izračunov zmanjšali. (Craig, 2015)

### **3 VIRTUALNA REALNOST V GRADBENIŠTVU**

#### **3.1 Začetki modernega gradbeništva**

Razvoj modernega gradbeništva se je začel v obdobju industrijske revolucije. Bil je povezano z razvojem masovno proizvedenega portlandskega betona. S povečano uporabo železa so inženirski objekti začeli postajati lažji, sestavljeni iz več tankih elementov. Tako so potrebe po preučevanju materialov rasle. Od preučevanja lokacije jekla v betonu do preračunov, se je razvijalo z naglico. Papirnati načrti so postajali vsakdanji pojav. Tako so se v začetku 20. stoletja razvile splošne metode za računanje in izris načrtov. To so bile metode, ki so narekovale uporabo papirnatih listov za prikaz tlorisov in prerezov objektov, na katere se je pisalo s svinčniki in s tušem. Oprema je vsebovala ravnila in šestila, kar je pokrivalo večino potreb pri risanju načrtov. Z razvojem fizike po drugi svetovni vojni se je pomen raziskav še stopnjeval. Iskali so se vedno novejši in boljši materiali za gradnjo in raziskave na področju nosilnih elementov in veznih sredstev. Tak način dela v stroki je ostal več ali manj nespremenjen. Še vedno se dela na načine, ki smo jih vajeni vsaj 50 let. Simboli so postali standardizirani, z namenom razumevanja vsebine tujim strokovnjakom. Sami načini gradnje so se posplošili na uniformno raven z eurokodi, ki prikazujejo nekatere že znane in ustaljene prakse, ki so se izkazale kot varne in nepotrebne popravkov.

Računalniški preboj je sicer nakazal novo smer gradbeništva, a se končni izkazi načrtov niso spreminjali vse do zadnjih deset let z razvojem 3D-modeliranja v programih in popularnosti BIM-a. Prikazi niso vsebovali le tehničnih načrtov, ampak tudi izrisane 3D-prikaze projekta z njegovim končnim izgledom ter vključevanje ostalih strok v gradbeništvo, od računovodstva do psihologije in marketinga v enem samem projektu.

#### **3.2 Problem konvencionalnega gradbeništva**

Do sedaj obstoječi programi za delo v gradbeništvu so ponujali vse funkcije, ki bi jih nadobudni inženir ali pa arhitekt potreboval za preliv svojih idej in znanj na papir. 3D-programi omogočajo izdelavo celotnih v prostor postavljenih objektov, 4D- in 5D-BIM programi celo omogočajo trajni vpogled v časovni razvoj celotnega projekta od začetka do konca. Virtualnost in virtualnost v resničnem svetu (AR) nima v tem pogledu resnično pomembnih funkcij in je tako imenovano "gimmick", kar pomeni neko noviteto, ki je ustvarjena le za nek vsiljen napredek v razvoju, dokler tehnologija ne dozori za naslednji korak v evoluciji. S časom seveda pridobiva na funkcijah in začenja postajati pomemben del poteka gradnje pri zahtevnejših objektih ali pa za enostavnejši pregled izvedenih del in njihovo točno pozicijo v zgradbi, a to ni bil njen začetni pomen.



Mentalna pretvorba digitalnega ali pa 2D-papirnatega načrta v predstavo, kako naj bi ta objekt izgledal, ko bo dokončan, je izključno pogojena z uporabnikovim razumevanjem globine in predstavo abstraktnega okolja kot kombinacija dveh. Strokovnjaki na tem področju (arhitekti in inženirji) imajo po raziskavah zelo razvit čut za prepoznavo globine in leta navajanja možganov na abstraktne črte na papirju in njihov pomen kot dela zgradbe.

Kdo pa tega nima oz. ne v dovolj velikem odstotku? Investitorji in finančni vodje podjetij. To so ljudje, ki dajejo zeleno luč projektom, prinašajo denar v podjetja in so edini način, da podjetje lahko posluje. Zato se veliko časa posveča njihovim potrebam in izpolnjevanju njih. Če investitor ne ve, kaj naj bi list papirja predstavljal, tudi težko opredeli, če se mu bo vložek povrnil z vlaganjem v "nekaj, kar mu vodja projekta pripoveduje in maha z rokami ter skače po mizi".



*Slika 8 - Izdelava maket projektov (Gay, D.)*

Začetni koraki reševanja problemov investitorske predstave so se zgodili že dolgo časa nazaj. Dolgoletna tradicija je bila izdelava maket, saj so vsem predstavljiv približek končnega izgleda v zmanjšanem merilu. Makete so imele število problemov. Izdelati si jih moral ročno in eksplicitno samo za ta namen, vzele so veliko časa, še posebej, če je podjetje hotelo navdušiti investitorja z detajli in kvalitetno izdelavo. Zadnji problem pa je bil prenos same makete na lokacijo ogleda, npr. pisarno z investitorjem, če je bila narejena recimo v istem objektu in je bil prenos stvar dveh zaposlenih, ki sta jo prenesla le po stopnicah. Če pa je bila izdelana doma in pripeljana na zeleno lokacijo, so ji grozile številne prepreke in nevarnosti porušitve – otroci, psi, mačke, spotik, slaba postavitve v avtu in transport, politje z tekočino in še bi lahko našteval. Ta nepraktičnost je prinesla željo po tem, da bi imel preprost digitalni model, shranjen na neštetihih lokacijah za stodontno varnosti pred izbrisom, ki bi omogočal le enostaven prižig izbrane tehnološke naprave in že bi se na najpreprostejši način dalo gledati in ocenjevati narejeno delo.



### 3.3 Oprijem tehnologij v gradbeništvu

Splošna gradbena industrija (po angleško AEC) se je zadnja leta skoraj povsem preselila v 3D-svet. Ročno izdelani načrti, narisani na papir, so stvar preteklosti. (Alex Gerrard, Jian Zuo, George Zillante and Martin Skitmore, 2010) S prehodom se je poleg očitne produktivnosti povečala tudi komunikacija znotraj skupine in koordiniranost s pomočjo storitev kot je shranjevanje v oblaku. Ker pa je še vedno dokaj omejeno, saj se podatki berejo na ploskem zaslonu, so se pojavile napredne rešitve zaobiti to okornost. Holografi in mešana resničnost prikažejo volumen modelu, da ima uporabnik interakcijo s 3D-modelom na veliko bolj razumljiv način, kot sta sedaj najbolj uporabljana vmesnika, miška in tipkovnica. Je namreč približek naravnega načina delovanja ljudi. Lep dokaz tega je, da se moramo dosedanjih vmesnikov naučiti, nove pa lahko predstavimo vsakemu človeku, ne glede na starost in izobrazbo ter tehnično podlago in jih začnejo uporabljati brez kakršnih koli problemov. Enako je za vizualizacijo, za katero so potrebna leta dela in naravno danost. Investitorju preprosto omogoča prosto sprehajanje po projektu in ogled zelenega detajla, brez potrebe učenja, ali pa razlaganja in prikazovanja strokovnjakov.

Sama svoboda premikanja kjerkoli po prostoru, kot po virtualnem traku, je še ena prednost, ki jo ima pred starejšimi metodami mešana resničnost. Tok dela in povezava od izgradnje do uporabe je tako veliko bolj prijazna do človeških virov in s tem prihrani čas in posledično denar. Obstajajo tudi zahteve po obstoječem stanju, prikazanem v povezavi z novim projektom, ali pa realnost, prikazano na delovnem mestu kot del raziskav in preučevanja možnosti znotraj projekta. Uporabniki spreminjajo stopnjo virtualnosti v trenutku, glede na zahtevano nalogo, ki je pred njimi.

Sodelovanje oddelkov je prav tako veliko hitrejše in učinkovito. Pošiljanje kratkih sporočil elektronske pošte in oblčnih storitev podatke seveda pošlje instantno, pri branju in odgovarjanju pa se porablja dragocen čas, saj je treba storitve osveževati in gledati za novimi objavami, ki v času napornih del lahko pomeni veliko izgubljenih živcev. Mešana resničnost lahko hkrati pošilja holograme več prejemnikom na različnih koncih sveta. Predstavniki podjetja lahko delničarjem sinhronizirano prikazuje dele projekta. V to je ujet celo njihov pogled, da druga oseba vidi, kam je prva usmerjena in kaj želi pokazati. Lokacija ni pomembna: lahko je to pisarna ali pa kar gradbišče. Oba ali več udeležencev lahko manipulirata za digitalnimi objekti pred očmi, lahko pa se določi "vodjo", ki ima prednostni dostop do holograma, druga pa je samo opazovalec.

Prednosti te tehnologije so pri zahtevnih projektih neprecenljive. Gradbeništvu ni panoga, v kateri se izdelke dela serijsko, ampak je vsak izdelek unikatni in mora za vsak projekt začeti od začetka, vsaka lokacija je drugačna, z drugo sestavo tal in okolice. Poleg tega je še vedno veliko ročnega dela. Zato je še toliko bolj pomembna brezšivna tranzicija dizajna direktno na gradbišče. 3D-prikaz še nezgrajenih sten in delov zgradbe je tehnologija, ki je bila še pred nekaj leti znanstvena fantastika. Takoj je videna

pozicija elementov glede na višino in točno lokacijo. Največja prednost glede na papirnati dizajn pa je, da imaš ta dostop vedno pred očmi. To je neverjetna izkušnja, ki abstrakcijo prikaže na razumljiv način in interpretacijo ter razjasni namen, ki ga je projektant imel pri izdelavi projekta. Subjektivno razlaganje se nadomesti z bolj objektivnim pogledom načrta, kot je v resnici. Še vedno pa se lahko vidi meja med do sedaj narejenim in še nedokončanim. Tako se najhitreje in nezahtevno vidijo napake v projektu in razna odstopanja, ki bi lahko nastala med gradnjo. Probleme se tako lažje razrešuje na osnovi povratnih informacij, dobljenih direktno na mestu, kjer se pojavijo.

### **3.1 Uporaba programa SmartReality**

Aplikacija je povezana z uradno spletno stranjo. Funkcija ločene spletne strani je napredno upravljanje uporabniškega profila in projektov, medtem ko je mobilna aplikacije namenjena prikazovanju končnega projekta, že pretvorjenega v ustrezen format s strani ponudnika.

Registracija poteka s spletne strani, kjer je naložena preizkusna verzija že narejenih projektov. Ti projekti omogočajo predstavitev programa in prikaz njegovega delovanja na dejanskem primeru. Demo projekti so zelo enostavno izrisani tlorisi oziroma prerezi, ki služijo samo predstavitvi programa.

Izdelava lastnih projektov poteka na ponudnikovih strežnikih, kjer uporabnik naloži potrebne datoteke projekta. Izdelava je končana v roku 14 dni. Vsak projekt se plača za izdelavo, dodatni stroški pa so spreminjanje, obdelava podatkov ter mesečno vzdrževanje serverjev. Končanemu projektu se vpiše ostale še neizpolnjene podatke projekta, od osebnih podatkov lastnika, lokacije in občine, ter državo, kjer bo projekt zgrajen. Vpiše se tudi trenutno stanje izdelave projekta za lažje sledenje več projektov hkrati. Izvoz datoteke je prilagojen za Android in iOS, za katera je format identičen, verzijo, ki podpira Moverio Smart Glasses in kot zadnje Oculus Rift, zagnan v sistemu Windows.

### **3.2 Uporaba mobilne aplikacije**

Mobilna aplikacija ima kratek povzetek navodil za uporabo grafičnega vmesnika, da uporabniku, ki prvič dostopa do aplikacije prikaže njene funkcije. Prikazane uporabnosti zajemajo premikanje, tj. s palcem in kazalcem se razpre po zaslonu za približanje slike oz. povečanje modela. Za uporabnimi navodili se odpre okno za izbiro projekta, ki si ga uporabnik želi pogledati. Ko je projekt izbran, pa se kot podmožnost prikaže izbira dela projekta, na primer del fasade ali pa prerez parapeta ter cela zgradba.

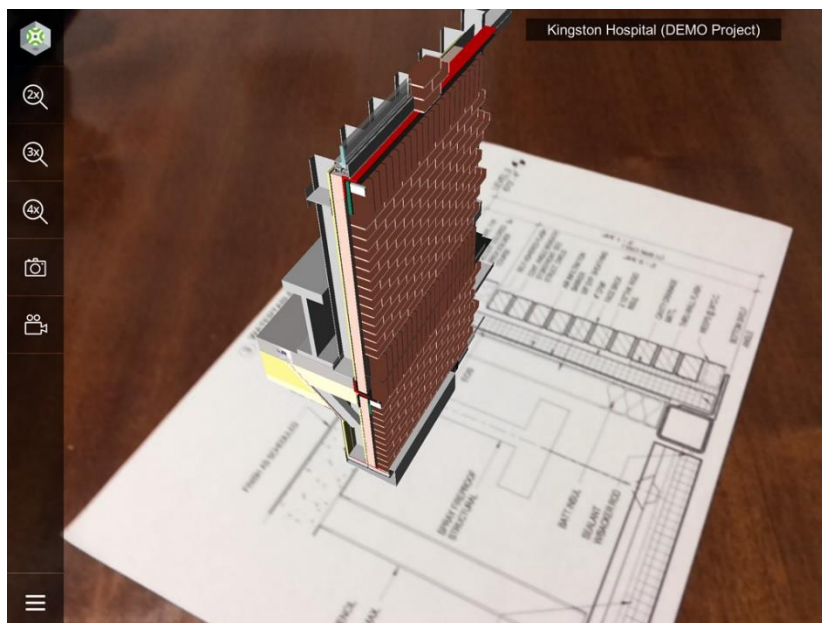
Po odprtju projekta se 3D BIM-model avtomatično naloži na 2D-tloris, v katerega se usmeri kamera mobilne naprave. Aplikacija sama prepozna zgradbo, saj ima vdelane oporne točke na načrtu. Na osnovi teh izriše objekt, ki je bil izdelan v tretjem programu, npr. Autodesk Revit. Prednost take aplikacije pred drugimi programi je seveda naravna povezava z uporabnikom. Model se približa ali zmanjša s premikom

kamere proti načrtu ali pa stran do njega. Program deluje v povezavi z uporabnikovimi gibi in prikaz prilagaja. Prednik take tehnologije je bila projekcija na statični lokaciji in nepovezana s svetom in načrtom, za katerega je bila narejena (sprememba kateregakoli elementa projekcije pokvari prikaz modela navidezne realnosti). (Benham, Youtube, 2013)

Uporabnik lahko kamero približa neposredno do izrisanega modela, lahko vidi skozi okna v notranje prostore, pogleda zgradbo z različnih strani. Dvojni dotik s prstom kjerkoli po zgradbi odstrani sloj fasade in omogoči vpogled v notranjost zgradbe oz konstrukcijski sistem. Tudi v tem pogledu se lahko poljubno premika okoli zgradbe, ko pa se želi vrniti v normalen pogled, spet s prstom klikne na zgradbo in prikaz se vrne na začetni model z fasado. (Benham, Youtube, 2013)

Prerezi so izrisani na enak način, z usmeritvijo kamere v 2D-prerez. Dodatna funkcija je dvojni dotik prereza in aplikacija bo ločila nosilni del od nenosilnega, tako da lahko konstrukcijski sistem opazujemo ločeno. Detajl razdeli na več slojev, odvisno od tehnologije gradnje in zahtev naročnika. Primer je lahko na glavni konstrukcijski sistem v svoji ravnini sekundarnega v drugi in fasado prav tako v svoji. Pri tem se dejansko vidi, kako so elementi povezani in kako se pritrjujejo en na drugega. Prav tako se v obeh pogledih vidita napeljana inštalacija ter odvodnjavanje z objekta. (Benham, Youtube, 2013)

Lastnost aplikacije je, da lahko isto zgradbo gleda več ljudi. Vsak, ki ima aplikacijo, lahko hkrati gleda zgradbo z vseh strani, saj se vsakemu izriše slika interno, ki ni povezana z drugimi. Vsak si lahko ogleduje detajl, ki ga zanima z lastne perspektive. Namen programa ni bil, da bi s tabličnim računalnikom iskal za koordinatami 2D-načrta, ampak da aplikacija razume, kam usmerjaš kamero. S pomočjo prepoznavanja slik kamera sama določi vse oporne točke, na katere izriše objekt. Če imamo v objektivu dve zgradbi, lahko aplikacija izriše obe hkrati na pravilnem mestu v 3D-prostoru, tako da lahko opazujemo obe hkrati, brez zakasnitev in zastajanja slike. Merilo v izrisu ni pomembno in program ne glede nanj izrisuje objekt, prilagojen danemu merilu. (Benham, Youtube, 2014)



Slika 9 - Detajl fasade projekta Kingstonove bolnice (SmartReality. 2014)

Aplikacija poleg realnočasovnega prostorskega izrisovanja ponuja tudi nepovezan (offline) način, kjer ni potrebe video zajemanja tlorisa objekta s kamero. Namen je prikaz projekta samega, brez dodeljene lokacije. Prikazan je v brezkrainem območju. Deluje z enakimi ukazi kot normalen način.

### 3.2.1 4D BIM modeli z SmartReality

Aplikacija omogoča zasnovano in vizualni vpogled v projekt tudi kot potek gradnje po fazah in vnese četrto dimenzijo v prikaz (čas). Začne se s prvo fazo. Najprej se naloži poseben sinhroniziran model objekta, ki je zastavljen v več fazah. S časom objekt "raste" in z vsako fazo pridobiva na obliki. Na zaslonu se prikaže nov časovni trak s točko na začetku projekta. Ostale funkcije ima podobne, saj podpira tako približevanje kot smerno premikanje in rotacijo papirja. V prvi fazi prikaže prvotno stanje – travnik ob cesti. Vsaka naslednja faza pa območju grajenja nekaj doda. Druga faza sestoji iz zemeljskih del in prikazuje območje izkopa, tretja pa temeljenje in začetke kleti. Vsaka faza je poljubna in je odvisna od želja naročnikov. Skozi čas s premikanjem drsnika na zaslonu se faze nadaljujejo do končne faze in zgrajenega objekta. Projektu se lahko doda pozicije žerjavov in ureditev okoli gradbišča. Prav tako pa tudi končno ureditev okolice s cesto, parkirišči in osvetljava. Ima vse funkcije kot navaden 3D-projekt, nobena funkcionalnost programa ni pozabljena. (Benham, 2014)

### 3.3 Alteracija projekta na gradbišču z HoloLens

Aktivno popravljanje napak je funkcija, ki bo najverjetneje postala standard v zelo kratkem času. V sedanjem gradbeništvu se napake popravlja zelo zamudno.



Slika 10 - Primer odpravljanja napak v trenutku - "on the fly" (Phillips, 2015)

Narobe premaknjena vrata so v časih klasičnih programov zahtevala brisanje in krajšanje črt, risanje nove osnove vrat ter vleko novih črt ali pa raztezanje obstoječih. Seveda je bilo treba morebitno kotiranje ponoviti, in vsi podatki, ki so se navezovali na ta vrata, so bili potrebni pogleda in morebitnega popravka. Z modernimi programi je lažje saj se lastnosti sten in delov objekta prilagajajo same glede na uporabniške popravke. Novost pa je stopiti v objekt z HoloLensom na glavi ter začeti pregledovati ustreznost projektne dokumentacije. Ko se pojavi napaka, na primer napačno postavljena vrata, se samo s prstom dotakne na njihovo ikono za premik in jih premakne, ostalo naredi programska oprema sama. Če pa je zahteva pri delu opomnik, obstaja funkcija, ki lahko izvozi urnik, tako da ga uporabnik izbere v meniju in izvleče v 3D-prostor, kjer lahko s kretnjami rok premakne urnik ali pa kak del projekta, ki ga rabi pred očmi, in ga navidezno prilepi na steno, tako da kadarkoli zažene napravo, kot je prikazano. Lahko se doda vremensko napoved, ki pokaže, kdaj je primeren čas za gradnjo in delanje določene faze. Celo kontakte drugih zaposlenih in vodilnih se lahko doda. Namen tega je enostaven klic odgovorne osebe s klikom na njegov profil obesjen na steni s pomočjo storitev, kot je Skype, katerega HoloLens v povezavi z Windows 10 podpira. (Almagor, 2015)

### 3.4 Street view z HoloLens

Noviteta v funkcijah programov, ki so povezani z HoloLensom, je tudi tako imenovani Street View (pogled z ulice), ki uporabniku omogoča sprehod po ulicah okoli projekta in predstavi pogled z žabje perspektive, oz. takega, kot ga bodo gledali mimoidoči, ko bo projekt zgrajen. Med projektantskim gledanjem projekta je namreč velika razlika, ki je ponavadi z vrha navzdol, saj omogoča pregled in nadzor celotnega modela naenkrat in najlažje premikanje in rotacijo ter realni vpogled na zgradbo.

Objekti so namreč veliko višji od nas in jih vedno gledamo navzgor, kar pomeni, da zgradba lahko vzbudi drugačne občutke in mnenja glede na pozicijo gledanja. (Almagor, 2015)



*Slika 11 - Prikaz uporabe HoloLens – kolaboracija Trimbla in Microsofta (Phillips; Trimble. 2015)*

### **3.5 Učinkovitost uporabe HoloLens**

Microsoft HoloLens pa ni zadnji korak v razvoju AR. Tehnologija je v zadnjem letu resda naredila preskok, vendar pa so omejitve, ki še vedno omejujejo drugače revolucionaren koncept upravljanja s projekti. Harry Mccracken s fastcompany.com je izdelek osebno izkusil in ugotovitve zapisal v svojem članku. Demo predstavitev je bila prikazana na njihovi razstavi, ki je potekala v aprilu 2015, kjer je bil izdelek predstavljen kot Windows Holographic. Predstavitev je potekala 90 minut in je prikazovala načine uporabe in začetniški vodič za uporabo aplikacij znotraj sistema HoloLens, izrisano v grafičnem pogonu imenovanem Unity, ki je eden izmed bolj priljubljenih za izdelavo grafičnih aplikacij in iger. (Mccracken, 2015)

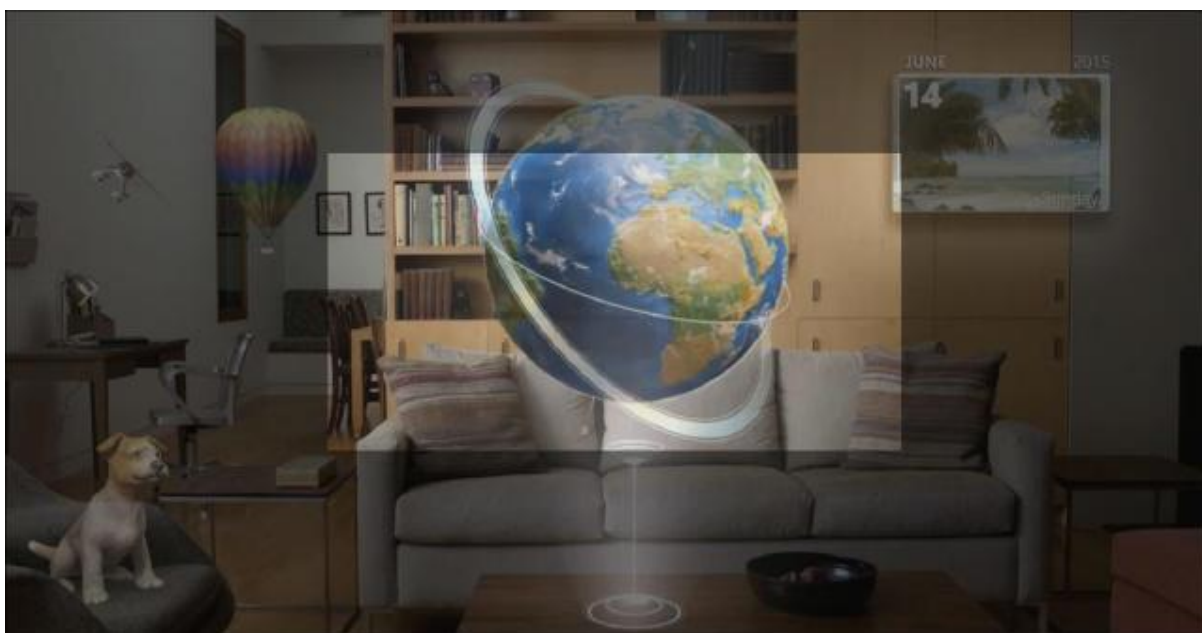
Vendar pa ko ga je postavil na glavo, je imel mešane občutke – ne ravno razočaranost, ampak izdelek naj bi ponujal veliko več, kot v resnici ponuja. Prikaz aplikacije ga je pustil zmedenega.

Kaj pa bi bilo lahko narobe z izdelkom, ki naj bi na papirju predstavljal zen trenutnega razvoja tehnologije in domala uporabo vseh funkcij, ki si jih um lahko izmisli?

V pravi situaciji je resda, kot oglaševano. Za primer so dali holografski prikaz dveh kroglic, ki ju s prstom porineš po rampi in se odkotalita ter realistično odzivata na okolje. Kroglica se z rampe skotali z mize in pade na tla, se naprej kotali in odbije od sosednje mize.



Za ta čudovit prikaz interakcije z okoljem pa so potrebni predpogoji oz. omejitve naprave. Prvič, stati mora dovolj daleč stran, da senzorji lahko razpoznajo pravilno globino. Pozicija glave mora biti točno usmerjena in v pravi ravnini, tako višinsko, kot pravi, kot glede naklona glave. Senzorji so najbolje delali pri nižjih ljudeh oz. če je višji malce počepnil. Kakršni koli pogled v drugo smer je hologram odrezan del, ki je izpadel ven. S tem se je pokazal prvi problem naprave: kot gledanja in izrisa holograma nista enaka. Medtem ko je vid človeka okoli 180 stopinj, se hologram izrisuje le zelo ozkemu osrednjemu delu vida. Procesor še vedno obdeluje podatke za hologram, a se izrišejo šele, ko senzor zazna oporne točke, na katere je bil nastavljen, in začne izrisovati 3D-sliko. (Mccracken, 2015)



*Slika 12 - Dejanski vidni kot HoloLens (Mccracken, 2015)*

Res je, da je produkt delo strasti in še ni primerno za masovno proizvodnjo, zato se lahko njegove pomanjkljivosti s časom izboljšajo. Zaenkrat se še ne ve, kako in če sploh bo ta različica HoloLens videla luč kot uporabni izdelek, ali pa Microsoft čaka na odzive in bodo za trg pripravili izdelek, ki bo vsem vzel sapo, to pomeni, da bo majhen in lahek, imel bo naprednejše senzorje in večji kot izrisa.

### **3.6 Neizkoriščen potencial virtualne realnosti v gradbeništvu**

Preden se posveča čas koliko bi podjetja izboljšala svoje delovanje z uporabo novejših izdelkov in prijemov, se je treba najprej vprašati, koliko so podjetja do sedaj vložila v to področje. Pogostokrat se zgodi, da je zastarela oprema standard, ki slovensko gradbeništvo drži nazaj za konkurenco, ki prihaja znotraj evro območja, in celo tisto zunaj njega. V časih gospodarske krize, ko so bila sredstva zelo omejena, se je na razvoj vlagalo najmanj pozornosti. Razvoj je namreč področje, ki potrebuje ogromna vlaganje za potencialno malo ali pa nič profita. Šele po dolgih letih vlaganja se lahko žanje sadove v obliki preskoka glede na konkurenco in s tem nadzorom nad trgom. Stroški razvoja lahko vključujejo

vlaganje v novejšo strojno in programsko opremo za hitrejšo izpolnjevanje ukazov projektantov, izboljšanje delovnega okolja s prenovo pisarn, prezračevalnih naprav, območji za počitek in malico. S temi se iz zaposlenega naredi bolj lojalnega in posredno bolj produktivnega in kreativnega. Naslednja je preizkušanje novih izdelkov, kot sta SmartReality in HoloLens, ki optimizirata povezavo med birojem in gradbiščem in birojem in investitorjem. Zadnja pa je varovanje teh podatkov in zaščita pred konkurenco ter splošna optimizacija vseh procesov v podjetju, od računovodstva, do izvajanja in upravljanja.

### **3.7 Pogled s strani podjetij na virtualno resničnost**

Opravljen je bil intervju z Aaronom Wrightom iz Hoar Construction podjetja, ki je predstavil njegov pogled na prihodnost z uporabo novih tehnologij, še posebej s tehnologijo Smartreality.

Dejal je, da je njegovo mesto v podjetju, kot direktor VDC/BIM oddelka, sodelovanje z ostalimi podjetji, ki razvijajo nove tehnologije. Ocenjuje možnost njihove uporabe v gradbeništvu. Hoar Company je nastanjeno v Birminghamu, Alabami z podružnicami po vsej Ameriki. Glavne naloge podjetja so kot izvajalca del, in v manjšem delu projektni menedžment. Želja podjetja je "graditi bolje s tehnologijo". Osredotočajo se tako na zdravstvene, komercialne kot industrijske projekte po Ameriki. Misija podjetja je postopno graditi vse bolje in s tem spremeniti industrijo.

Osebnostno se je s tehnologijo izboljšane resničnosti seznanil leta 2008 na strani Ecomagination po predlogu prijatelja. Z leti si je krepil izkušnje, dokler in pred letom dobil povabilo na preizkus beta verzije aplikacije. Z vizijo prihodnosti takega načina uporabe AR v gradbeništvu je sodeloval z vodjo JBKnowledge, podjetja zaslužnega za Smartreality. Delal je na modelu bolnice, ki so ravno dokončali. Razlog, da je sploh delal, je bila želja biti prvi pred konkurenco v uporabi novih tehnologij. Sprva ni uvidel, kako bi lahko idejo virtualnega 3D-parapeta predstavil sodelavcem in drugim strokovnjakom. Ideja sama je bila dovolj preprosta, saj je bil preprosto narejen z minimalističnim vmesnikom. 3D-kopija parapeta naj bi bila uporabljena za prvi test kvalitete in zaporedju tega detajla. Ko je pokazal prototip zaposlenim, zlasti nadzornikom na terenu in oddelku za kakovost, so takoj zgrabili idejo. Mislili so, da aplikacija samostojno izriše model z načrta, saj je zgledalo kot živa povezava obeh.

Uporaba aplikacije se nadaljuje tudi z novimi projekti in z nadaljnjo uporabo in sodelovanjem obeh podjetij tudi v prihodnosti. Ni pa tudi edina, kateri se posvečajo. Ker se trudijo biti med prvimi pri uporabi inovacij virtualne resničnosti za potrebe podjetja, se išče potencialne preboje v tehnologijo tudi pri ponudnikih. Uporabljajo tako digitalne kot mobilne tehnologije za nadzor nad dokumenti. Primer sta PlanGrid in Smart Use. Bolj klasični programi v uporabi so 5D-ocenjevanje modelov in predpriprav za gradnjo, kot sta Autodeskov BIM 360 Glue in Trimbllov Vico, ter 4D-aplikacije Lean Scheduling Methods in Flowline z že omenjenim Vicom. Prizna pa, da zaenkrat še največji problem predstavlja



povezava med posameznimi aplikacijami, ker se razvijajo z tako hitrostjo, da je sledenje novih funkcij vse prej kot lahko. Težko je ohranjati stare programe, na katere so ljudje navajeni in jih hkrati implementirati z novimi, saj se prehitro spreminjajo in razvijajo. Delo se bo še nekaj časa spreminjalo in prilagajalo, dokler se sčasoma ne bodo pojavile rešitve, ki bodo funkcije bolj povezale med sabo v bolj funkcionalno rešitev. Na koncu dneva pa ostane dejstvo, da so orodja samo pripomoček k delu in ne obratno. Povedal je še o potencialnem naslednjem koraku razvoja tehnologije v obliki nošenih naglavnih tehnologij podobnih, Google Glassu. (Benham, User Case Study - Featuring Aaron Wright of Hoar Construction, 2014)

#### 4 ZAKLJUČEK

Virtualna resničnost bo v prihodnje postala ena izmed ključnih komponent gradbeništva in še posebej AEC- industrije ter povezavo znotraj nje. Tehnologija odgovarja na večino do sedaj neodgovorjenih vprašanj glede neučinkovitosti v fazah projektiranja, izgradnje in uporabe ter seveda glede okorne kolaboracije med njimi. 3D-projektiranje je v osnovi težavno delo. Potek projektiranja je časovno zahteven, z ogromno možnostmi pojave napak med procesi. Pogosti pojavi so, ko pride do napačne interpretacije simbolov in črt med sodelavci. Večina se jih razreši dovolj zgodaj, da projekti ne pustijo trajnih posledic, Napake v projektu tako privedejo do slabše kvalitete. Projekt je lahko napačno projektiran ali pa potrebuje drage in zamudne popravke, celo podaljšanje roka. Enostavni digitalni vpogled v zgradbo zviša nivo odkrivanja napak v trenutku "on the fly" in v splošnem pospeši delo v projektu. To naredi tako, da se digitalni projekt projektantu približa in zbriše ostre meje med domišljijo in realnostjo predstave. Še boljšo povezavo naredi mešana resničnost, ki končnim mejam sveta in stvari v njem doda neskončen svet in ga "položi" na resničnega s prikazi urnikov, specifikacij in celo simulacij, izdelanih natanko po želji gledajočega. Okolica je izboljšana ali pa zamenjana z grafičnim prikazom, ki svet zaznava z senzorji. Tehnologija deluje kot izboljšava resničnosti. Svet okoli uporabnika je prikazan realno, dodatki in grafični vmesnik in elementi pa postanejo interaktivni, omogočeni upravljati digitalno z napravo. (Almagor, 2015). Skoval se je nov termin, ki se imenuje hiper-resničnost (Hyper-Reality), ki bo v naslednjih letih postal stalnica na številnih področjih, med katere spada tudi gradbeništvo. (Mccracken, 2015)

Z možnostjo prikazovanja prostorskih modelov projeciranih na resničnem okolju ima izboljšana resničnost velik potencial razvoja in veliko prednost pred sedanji načini dela. Dodajanje informacij pogledu projektanta veča produktivnost, medtem ko investitorjem prikaže dejanski pogled na še ne zgrajen objekt. Natančni prikazi gradbenih elementov in detajlov v povezavi z animacijami in izseki izboljšajo potek učenja. Tako izboljšajo kvaliteto naučene snovi in razumevanje snovi.

Začetek uporabe virtualne resničnosti v gradbeništvu je še v povojih, vendar bodo tehnološke potrebe po rešitvah gradbenih problemov počasi postale stalnica in na dolgi rok zamenjale klasične metode projektiranja. Podjetja, ki času ne bodo sledila, pa se bodo znašla v težki situaciji in zaostanku, ki se bo težko nadoknadilo v primerjavi z bolj progresivnimi podjetji. Prihodnje generacije gradbenikov so seznanjene z novejšimi tehnologijami, tako v socialnih kot strokovnih aplikacijah. Za njih pretekli sistemi načina dela niso primerni, saj so programe navajeni uporabljati veliko bolj optimalno. Funkcije, ki bi jih uporabljali, namreč niso prisotne v starejših revizijah, kar odvrača mlajše uporabnike. Opremljeni so z znanjem, da popeljejo gradbena podjetja v moderno fazo tehnologije. Zato razvijalci stremijo k vedno novim orodjem, naprednejšim tehnikam in optimizaciji obstoječih.

## VIRI

P. Milgram and A. F. Kishino. 1994. IEICE Transactions on Information and Systems, E77-D(12), pp. 1321-1329, 1994. Retrieved from Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays:

[http://etclab.mie.utoronto.ca/people/paul\\_dir/IEICE94/ieice.html](http://etclab.mie.utoronto.ca/people/paul_dir/IEICE94/ieice.html) (Pridobljeno 10. 6. 2015.)

Building information modeling. Retrieved from Wikipedia: The Free Encyclopedia. Wikimedia Foundation: [https://en.wikipedia.org/wiki/Building\\_information\\_modeling#cite\\_note-1](https://en.wikipedia.org/wiki/Building_information_modeling#cite_note-1) (Pridobljeno 20. 8. 2015.)

Integrated design. Retrieved from Wikipedia: The Free Encyclopedia. Wikimedia Foundation: [https://en.wikipedia.org/wiki/Integrated\\_design](https://en.wikipedia.org/wiki/Integrated_design) (Pridobljeno 27. 5. 2015.)

IT. 2015. Retrieved from Tech Term: <http://techterms.com/definition/it> (Pridobljeno 9. 7. 2015.)

Virtual design and construction. Retrieved from Wikipedia: The Free Encyclopedia. Wikimedia Foundation: [https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual\\_design\\_and\\_construction#cite\\_note-1](https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_design_and_construction#cite_note-1) (Pridobljeno 24. 7. 2015.)

Virtual reality. Retrieved from Wikipedia: The Free Encyclopedia. Wikimedia Foundation: [https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual\\_reality](https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_reality) (Pridobljeno 2. 9. 2015.)

Alex Gerrard, Jian Zuo, George Zillante and Martin Skitmore. 2010. What is Architecture, Engineering and Construction (AEC) Industry. University of South Australia, Queensland University of Technology, Australia. (Pridobljeno 24. 7. 2015.)

Almagor, A. 2015. Trimble. Retrieved from Mixed Reality for the AEC Industry Extending Trimble's Product Capabilities with Microsoft HoloLens:

[http://buildings.trimble.com/sites/buildings.trimble.com/files/white\\_papers/Trimble\\_White\\_Paper\\_Mixed\\_Reality\\_for\\_The\\_AEC\\_Industry.pdf](http://buildings.trimble.com/sites/buildings.trimble.com/files/white_papers/Trimble_White_Paper_Mixed_Reality_for_The_AEC_Industry.pdf) (Pridobljeno 10. 6. 2015.)

Bank, W. 2012. Concessions, Build-Operate-Transfer (BOT) and Design-Build-Operate (DBO) Projects. Retrieved from <http://pppirc.worldbank.org/public-private-partnership/agreements/concessions-bots-dbos> (Pridobljeno 20. 7. 2015.)

Benham, J. M. 2013. Youtube. Retrieved from SmartReality - Augmented Reality for Construction Mobile App: <https://www.youtube.com/watch?v=Ha7WpBdJSbo> (Pridobljeno 22. 5. 2015.)

Benham, J. M. 2014. SmartReality for Epson Moverio Smart Glasses - Construction Mobile App for Wearable Devices. Retrieved from Youtube: [https://www.youtube.com/watch?v=c\\_cCsFU6pak](https://www.youtube.com/watch?v=c_cCsFU6pak) (Pridobljeno 8. 6. 2015.)

Benham, J. M. 2014. SmartReality November 2014 Update - Construction App for Oculus Rift with Leap Motion. Retrieved from Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=TSOm5rBnAq0> (Pridobljeno 20. 6. 2015.)

Benham, J. M. 2014. User Case Study - Featuring Aaron Wright of Hoar Construction. Retrieved from SmartReality: <http://smartreality.co/case-study-augmented-reality-in-construction-hoar-construction/> (Pridobljeno 16. 5. 2015.)

Benham, J. M. 2014. Youtube. Retrieved from SmartReality January 2014 Update - More Models, More Features, and 4D BIM Augmented Reality: <https://www.youtube.com/watch?v=t-GH09EZA5E> (Pridobljeno 11. 6. 2015.)

Benham, J. M. 2015. Information Technology Trends in the Construction Industry. Retrieved from SmartReality: <http://smartreality.co/information-technology-trends-construction-industry/> (Pridobljeno 8. 7. 2015.)

Benham, J. M. 2014. SmartReality August 2014 Update - Construction Virtual Reality App for Wearable Devices. Retrieved from Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=-0-cqz9JRKs> (Pridobljeno 20. 7. 2015.)

Craig, E. 2015. Microsoft's HoloLens and Learning. Retrieved from Digital Bodies: <https://www.digitalbodies.net/wearable-tech/microsofts-hololens-learning/> (Pridobljeno 23. 5. 2015.)

Gay, D. (n.d.). Crossroads Church, Architectural Model - Howard Architectural Models. Retrieved from Howard Models: <http://www.howardmodels.com/architectural-models-07/Crossroads/> (Pridobljeno 16. 7. 2015.)

Graham, M., Zook, M., and Boulton, A. 2012. Augmented reality in urban places: contested content and the duplicity of code. Royal Geographical Society (with the Institute of British Geographers). Retrieved from Wiley Online Library. (Pridobljeno 10. 7. 2015.)

H, J. 2006. Hospital Corpsman 2nd Class Tim Sudduth, from Vashowish, Wash., demonstrates the Virtual Reality (VR) parachute trainer, while Aviation Survival Equipmentman 1st Class. Retrieved from News Navy mil: [http://www.news.navy.mil/view\\_single.asp?id=3523](http://www.news.navy.mil/view_single.asp?id=3523) (Pridobljeno 14. 7. 2015.)

Mccracken, H. 2015. Microsoft HoloLens and the Danger of Mismatched Expectations. Retrieved from Fastcompany: <http://www.fastcompany.com/3045820/microsoft-hololens-and-the-danger-of-mismatched-expectations> (Pridobljeno 3. 6. 2015.)

Microsoft. 2015. Microsoft HoloLens Experience. Retrieved from Microsoft: <https://www.microsoft.com/microsoft-hololens/en-us/experience> (Pridobljeno 11. 6. 2015.)

Microsoft. 2015. Microsoft HoloLens: Partner Spotlight with Trimble. Retrieved from Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=kXVW4sUsh3A> (Pridobljeno 17. 6. 2015.)

Milgram, Paul; H. Takemura; A. Utsumi; F. Kishino. 1994. Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. Kyoto 619-02, Japan: ATR Communication Systems Research Laboratories. (Pridobljeno 24. 7. 2015.)

pcholakis. 2010. Efficient Construction Project Delivery Methods – Sustainability – 3D, 4D, 5D BIM – IPD, JOC, SABER, IDIQ, SATOC, MATOC, MACC, POCA . Retrieved from Job order contracting: <http://jobordercontracting.org/2010/03/05/4d-5d-6d-bim/> (Pridobljeno 16. 7. 2015.)

Phillips, J. 2015. My HoloLens acid trip was fascinating, but left a funny taste in my mouth. Retrieved from PC World: <http://www.pcworld.com/article/2917379/my-hololens-acid-trip-was-fascinating-but-left-a-funny-taste-in-my-mouth.html> (Pridobljeno 14. 6. 2015.)

Schnipper, M. 2014. THE STATE OF VITRUAL REALITY. Retrieved from The Verge: <http://www.theverge.com/a/virtual-reality/intro> (Pridobljeno 24. 5. 2015.)

Soanes, C. 2005. Compact Oxford English Dictionary of Current English. Oxford: Oxford University Press. (Pridobljeno 20. 7. 2015.)

Stabinger, S. 2013. Oculus Rift - Developer Version - Front.jpg. Retrieved from Wikipedia: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Oculus\\_Rift\\_-\\_Developer\\_Version\\_-\\_Front.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Oculus_Rift_-_Developer_Version_-_Front.jpg) (Pridobljeno 24. 7. 2015.)

Steuer, J. 1993. Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence. Department of Communication, Stanford University. (Pridobljeno 5. 8. 2015.)

Sutherland, I. 1968. Proceedings of the Fall Joint Computer Conference. AFIPS Press, Montvale, N.J., 757-764. (Pridobljeno 20. 7. 2015.)

Villella, P. 2009. ASHRAE Introduction to BIM, 4D and 5D. Retrieved from Cadsoft-consult:  
<http://www.cadsoft-consult.com/blogs/architecture/2009/09/ashrae-introduction-to-bim-4d-and-5d/>  
(Pridobljeno 10. 8. 2015.)



## DODATEK 1

VDC – Virtual Design and Construction ali virtualni dizajn in gradnja je združenje vseh panog povezanih pri analizi projekta in vsebuje inženirsko projektiranje, analize kot tudi trženje in ekonomijo projekta. ("Virtual\_design\_and\_construction", 2015)

IT – Informacijska tehnologija (Information technology) predstavlja vse, kar je povezano z računalniško tehnologijo, kot so medmrežja in ljudje, ki delajo z njimi. ("IT", 2015)

AEC industry – Architect, Engineer, Construction Industry je združenje vseh panog gradbeništva pod en pojem. Vključuje arhitekta, inženirje in izvajalce ali gradbince. Je sektor gradbene industrije, ki pokriva vse storitve. Sektor je zelo aktiven pri iskanju in uporabi najnovejših tehnologij, informacij in komunikacij. (Alex Gerrard, Jian Zuo, George Zillante and Martin Skitmore, 2010)

Virtuality Continuum – je virtualni trak, ki se razteza od virtualnosti do realnega sveta in pokriva oba ter vse, kar je vmes. Obsega vse možne variante in kompozicije objektov, ki spadajo vanj. Je pojem, podoben mešani resničnosti, vendar z razliko, da objekt mešane resničnosti pokriva le eno kategorijo znotraj traka in ne vseh. (Milgram, Paul; H. Takemura; A. Utsumi; F. Kishino, 1994)

Design-build-operate – znano tudi kot design-build-finance-operate; je metoda, podobna že znani gradnji na "ključ", z glavno razliko, da se lastnina ne prenese na novega lastnika. Pri objektu predstavlja dizajniranje, gradnjo in uporabo njega s strani podjetja, ki samo zgradi in uporablja objekt. (Bank, 2012)

BIM – znano tudi pod imenom Building information modeling; je digitalna reprezentacija objekta, z dodano možnostjo deljenja informacij. ("Building\_information\_modeling", 2015) Združuje klasično projektiranje objekta z vključenim planiranjem, fazami gradnje in upravljanjem zgradbe skozi življenjsko dobo. Deli se na 4D, 5D in 6D (Villella, 2009)

IPD – je ena izmed Project Delivery metod, je metoda doprinsna, ki povezuje ljudi, sisteme in poslovanje pod eno okrilje. Kolaboracija kadrov pripelje do boljše izrabe talentov in vpogled v skupek znanj. S tem zmanjšamo neučinkovitosti in porabo v podjetju skozi vse faze projekta. Vključeval naj bi vsaj trajno vključenost lastnika in glavnih projektantov. Razdeljeno je na faze, ki pokrivajo celoten spekter, od zasnove do končne uporabe. (pcholakis, 2010)

IDP – Integrated Design Proces je metoda dizajna, ki spodbuja inovacije znotraj menedžmenta z izkoriščanjem sinergije znanj in izkušenj zaposlenih za novo zgrajene objekte. Projekt je zasnovan tako, da so vanj vključene potrebe zaposlenih, ki bodo v tem objektu delali. Prilagodi se ga, da uporabniki tega objekta delujejo čim bolj učinkovito. ("Integrated\_design", 2015)

## **DODATEK 2**

Zbliževanje tokov komunikacije in poslovanja sta sedanja cilja družb, ki hočejo biti v koraku s časom. Želja podjetij se je v zadnjih časih iz čistega usmerjenja na produktivnost preselila k zmanjševanju stroškov, saj je tu še veliko manevrskega prostora za izboljšanje in krepitev podjetja. Metodi BIM in IPD podpirata ta trend in pozitivno vplivata na hitrost dela, učinkovitost in sledenju rokov.

Mešana resničnost podpira integracijo in sodelovanje treh glavnih osi (načine uporabe).

**OSI STOPNJE PROJEKTA: OD ZASNOVE DO IZVEDBE** – Na tej osi HoloLens ponuja prikaz 3D-podatkov v dejanski svet in predstavi vse informacije; tako rečeno uporabniku v roke brez spremembe programov, aplikacij in celo formatov, v katere so podatki shranjeni. BIM modele se lahko prikaže ločeno in nesinhronizirano s projektantskim sedežem, za vodilo zaposlenih po gradbišču, nato pa se zbrane podatke prenese na osrednji strežnik, kjer se lahko oceni morebitne popravke ali pa vzdrževanje objekta. (Milgram, Paul; H. Takemura; A. Utsumi; F. Kishino, 1994)

**OS MED DIGITALNOSTJO IN FIZIČNIM SVETOM** – Hologrami pa niso namenjeni le za prikaz 3D-volumskih modelov, kjer je prikazan le en sloj – fasada ali pa točno določen detajl v objektu. HoloLens omogoča celo večslojni vpogled z željen objekt. Med omogočene sloje se šteje tudi 2D-listine, ki predstavljajo klasične tlorise in prereze objekta, kot če bi objekt prerezal z nožem. Analiza energijske porabe objekta in vsa električna inštalacija, simulacije osvetlitve, tako umetne kot naravne, skozi vse letne čase in ure v dnevu. Akustični odmev in absorpcijske karakteristike prostorov v zgradbi. Prikaže celo lastnosti vsakega sloja ter še ostalih funkcij, ki še niso bile implementirane. Integracija obojega in prikaz vseh potrebnih podatkov izboljša odločitve vodstva in vzpostavi večje zaupanje v uspešnost projekta. (Milgram, Paul; H. Takemura; A. Utsumi; F. Kishino, 1994)

**OS PISARNE IN GRADBIŠČA** – Izmenjevanje podatkov med ekipo na terenu in tisto v pisarni je ključno za dinamično okolje grajenja, ki omogoča hitro in učinkovito delovanje podjetja. Mešana resničnost v to polje prinese dostopnost do geografskih podatkov v primernem kontekstu, ki omogoča lociranje in projekcijo ekipo na terenu s pomočjo vnaprej določenih "sidrišč", na katere se grafični prikaz opira, da izriše model na točni lokaciji. Vsi ti podatki o sedanjem stanju na terenu se prenesejo nazaj v pisarno, kjer lahko začetke in izvajanje prilagodijo situaciji, ki zaključuje to zanko oz. vzajemno povezavo obeh ekip. (Milgram, Paul; H. Takemura; A. Utsumi; F. Kishino, 1994)