

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
DATORIKAS FAKULTĀTE

**Dizaina un struktūrkices izstrāde virtuālās
realitātes platformai**

MAGISTRA DARBS

Autore: **Ina Ābola**

Studenta apl. Nr.: im19052

Darba vadītājs: profesors Dr. phil. Jurgis Šķilters

RĪGA 2021

ANOTĀCIJA

Projektā “VR SafeScaff” tiek risināta problēma par atbilstošu lietotāja pieredzes un lietotāja saskarnes izstrādi, kas nodrošina pēc iespējas ērtāku un uztveramāku lietojamību un dizainu, balstoties uz vairāku pētījumu rezultātiem.

Darba mērķis ir izstrādāt struktūrskici un dizainu virtuālās realitātes projektam “VR SafeScaff”.

Darba rezultātā tika izveidota dizaina struktūrskice virtuālās realitātes platformai “VR SafeScaff”, kura arī tika veiksmīgi implementēta pirmajā programmatūras versijā. Apmācības platformas pirmo versiju arī aplūkoja neatkarīgi lietotāji un būvniecības nozares lietotāji, kuri deva savus ieteikumus tā turpmākai projekta attīstībai un uzlabojumiem.

Darba apjoms – 68. lpp., 7 tabulas, 31 attēli un 3 pielikumi.

Atslēgvārdi: lietotāja saskarne, lietotāja pieredze, virtuālā realitāte, apmācības platforma, uz cilvēku vērsts dizains.

ABSTRACT

Master's Thesis "**Development of wireframe and design for virtual reality training platform**".

The project "VR SafeScaff" addresses the issues of developing user experience and user interface that ensure the most comfortable and easily perceivable design possible, basing on the results of several studies

The goal of the Thesis is to develop a wireframe and design for the virtual reality project "VR SafeScaff".

As a result of the work, wireframe and design for the virtual reality platform "VR SafeScaff" was created, which was also successfully implemented in the first software version. The first version of the training platform was also viewed by independent users and users in the construction industry, who gave their advice on the further development and improvement of the project.

The work contains 68 Pages, 7 Tables, 31 Figures and 3 Appendixes.

Keywords: user interface, user experience, virtual reality, learning platform, User-centered design.

AUTOREFERĀTS

Pēc izteiktā piedāvājuma par iespēju piedalīties virtuālās realitātes dizaina izstrādē projektam “VR SafeScaff” un pirmās sapulces kopā ar izstrādātāju komandu par lietotnes izstrādes gaitu un kopējiem mērķiem, tika uzsākta informācijas apkopošana par apmācības platformām un videomateriāliem par līdzīgām tēmām. Tika uzsākas salīdzināt dažādus avotus par lietotāja pieredzi un lietotāja saskarni virtuālajā realitātē kā arī aplūkoti un izmēģināti dažādi dizaina izstrādes rīki un programmatūras. Pēc avotu analīzes tika secināts, ka nav universālu vadlīniju, kuras jāievēro, lai varētu uzsākt un izstrādāt virtuālās realitātes dizainu. Lai zinātu šobrīd piedāvāto un aktuālo risinājumu dotās iespējas tika izmēģināti dažādi pēdējā laika populārākie virtuālās realitātes risinājumi, gan tie, kuri bija saistīti ar lietotāja saskarnes izstrādi, gan arī dažādas virtuālās realitātes spēles. Ikdienā uzmanība tiek pievērsta dažādām lietotņu iespējām, veiktspējām, jaunumiem un risinājumiem, taču, īsi pirms tika izstrādāts dizaina risinājums virtuālās realitātes platformai, uzmanība tika pievērsta ļoti daudz dažādiem uzrakstiem, dizaina elementiem, izvēlņu risinājumiem, informatīvajiem logiem un daudziem citiem risinājumiem tieši virtuālajā realitātē. Virtuālās realitātes risinājumi turpina attīstīties un pārsteidz ar jauniem un dažādiem piedāvājumiem, jo tomēr šo funkcionalitāti ir diezgan sarežģīti parādīt lietotājam tā, lai lietotājs varētu to aktivizēt izmantojot tās pāris pogas, kuras atrodas uz kontroliera. Izstrādātāju galvenais uzdevums ir sniegt lietotājam šo funkcionalitāti tā, lai pāris minūšu laikā lietotājs jau pierastu pie virtuālās realitātes kontrolēm un tās sniegto risinājumu.

Darbā tiek atrisināta apmācības platformas vizuālā izskata pasniegšana lietotājam. Darba galvenais mērķis ir uz lietotāju vērsta dizaina izstrāde. Literatūras saraksts sastāv no 12 zinātniskajām publikācijām, 9 resursiem no kompāniju mājaslapām, 8 emuāru rakstiem, 1 grāmatas un 4 citiem resursiem. Teorētiskajā daļā ir ieskats par virtuālo realitāti, lietotāja pieredzi un lietotāja saskarni, kā arī dizaina izstrādes programmu neliels salīdzinājums, taču praktiskā daļa ir aprakstīta detalizēti, izmantojot dažādus attēlus. Darba avotu izpēte un informācijas analizēšana tika uzsākta Novembra sākumā, jo bija nepieciešams saprast projekta vajadzības un darbības virzienus. Pēc piedalīšanās dažās sapulcēs tika sākts izstrādāt pirmās projekta skices, tad prototipu un beigās arī kopējo dizainu. Darba rezultātā tika izstrādāta dizaina struktūrskice projektam “VR SafeScaff”, kas arī tika implementēta projektā. Pirmā dizaina versijā tika testēta pēc iepriekš izveidotiem scenārijiem. Scenāriju pildīšanas laikā tika atrastas 17 kļūdas, kuras tika aizsūtītas izstrādātājiem. Pēc kļūdu salabošanas darbs tika testēts kopā ar nozares pārstāvjiem. Izmantojot *Oculus* lietotnes reāllaika straumēšanas iespēju virtuālās realitātes lietotnei, varēja aplūkot lietotāju veiktās izvēles kā arī redzēt tos pašus

skatus, ko redz lietotājs. Pildot dažādus scenārijus, nozares pārstāvji izteica komentārus un pēc testēšanas beigām arī sniedza ieteikumus par savu pieredzi un lietotnes funkcionalitāti. Tā kā izstrādātais dizains ir uz lietotāju vērsts dizains, nozares pārstāvju sniegtie ieteikumi par virtuālās realitātes apmācības platformu tika analizēti. Daži no izteiktajiem ieteikumiem tika pievienoti pie nākamajiem “VR SafeScaff” izstrādes uzdevumiem.

SATURS

APZĪMĒJUMU UN SAĪSINĀJUMU SARAKSTS	8
IEVADS	9
1. LIETOTĀJA PIEREDZE UN LIETOTĀJA SASKARNE VIRTUĀLAJĀ REALITĀTĒ	12
1.1. VIRTUĀLĀ REALITĀTE	12
1.2. LIETOTĀJA PIEREDZE	13
1.3. LIETOTĀJA SASKARNE	16
1.3.1. Krāsas	18
1.3.2. Prototipēšana	21
1.4. DIZAINA IZSTRĀDES PROGRAMMU SALĪDZINĀJUMS	21
1.4.1. Adobe XD	22
1.4.2. SketchUP	23
1.4.3. VR Sketch	24
1.4.4. EYECad VR	25
1.4.5. Unity 3D	26
1.4.6. Google blocks	27
1.4.7. Figma	27
2. DIZAINA IZSTRĀDES POSMI	29
2.1. PROJEKTA PRASĪBAS	29
2.1.1. Vispārējais apraksts	29
2.1.2. Produkta perspektīva	30
2.1.3. Produkta funkcijas	32
2.1.4. Lietotāju raksturiezīmes	33
2.1.5. Vispārējie ierobežojumi	34
2.1.6. Pieņēmumi un atkarības	34
2.2. PROTOTIPS	34
2.3. DIZAINA IZSTRĀDE	43
2.3.1. Krāsas	43
2.3.2. Skati	45
2.3.3. Interakcijas	45
2.3.4. Formas	46

2.4. DIZAINA TESTĒŠANA	47
2.4.1. Testa scenāriji.....	48
2.4.1. Kļūdas	51
2.4.2. Lietotāju pieredzes testēšana.....	55
REZULTĀTI.....	58
SECINĀJUMI.....	60
IZMANTOTĀ LITERATŪRA UN AVOTI.....	62
PIELIKUMI	65
1. PIELIKUMS. PILNAIS PROTOTIPS AR SKATU RELĀCIJĀM	66
2. PIELIKUMS. DAŽĀDI VIRTUĀLĀS REALITĀTES RISINĀJUMI	67
3. PIELIKUMS. DIZAINA SKATI.....	68

APZĪMĒJUMU UN SAĪSINĀJUMU SARAKSTS

Apzīmējums vai termins	Nozīme
2D	Divdimensionāls attēlojums
3D	Trīsdimensionāls attēlojums
UX	Lietotāja pieredze
Windows	Microsoft saimes grafiskā operētājsistēma
macOS	Apple saimes grafiskā operētājsistēma
Linux	Atvērta koda Unix saimes operētājsistēma
UI	Lietotāja saskarne
VR	Virtuālā realitāte
Struktūrskice	Skice, kura dod vizuālo aprakstu un informāciju par elementiem, kurus ir plānots attēlot skicē
Viena lietotāja pieredze	Līdzīgi kā angļiski “ <i>Single player</i> ”, taču apmācības platformā vārda spēlētājs tiek aizstāts ar lietotājs, uzsverot, ka šī ir apmācības platforma, nevis spēle
Vairāklietotāju pieredze	Līdzīgi kā angļiski “ <i>Multi player</i> ”, taču apmācības platformā vārds spēlētājs tiek aizstāts ar lietotājs, uzsverot, ka šī ir apmācības platforma, nevis spēle
Validācija	Sistēmas pārbaude jeb testēšana, lai varētu pārlicināties par risinājuma funkcionalitāti, kas atbilst iepriekš izvirzītām prasībām

IEVADS

Domājot par praktisko apmācību iespējām, prātā varētu nākt dažāda tipa grupu nodarbības, kurās cilvēki var praktiski apgūt dažādas iemaņas, individuālas apmācības, kurās sākumā cilvēks apgūst teoriju un vēlāk šo teoriju pielieto praksē, kā arī dažādi citi paņēmieni. Brīžos, kad tiek pieminēta virtuālā realitāte, ar to vairāk saistās izklaidējošas spēles, apmācības materiāli, pārdomātas rehabilitācijas spēles un cita pieredze. Ne reti, pieminot virtuālo realitāti, mēs iedomājamies par 3D grafiku, padziļinātus stāstus un atkarību izraisošu spēlēšanu. Taču, lai tiktu pie kvalitatīvas un tematikai atbilstošas un bagātīgas pieredzes noskaņas, ir nepieciešama diezgan pārdomāta lietotāja saskarne. Pārdomātu virtuālās realitātes saskarni var balstīt uz dažādiem pētījumiem, kuri ir veikti iepriekš, lai smeltos idejas un mācītos no citu kļūdām. Tāpēc ir svarīgi saprast iepriekšējo pētījumu datu daudzveidību un atšķirību iepriekšējās lietotāju saskarnēs un pieredzēs. Pētījuma jautājumi var būt līdzīgi šiem – “Kā tika piedzīvota spēle vai produkts? Kā tika pieredzēta spēles vai produkta lietojamība? Kā tika piedzīvota mācīšanās pieredze?”. Šāda tipa jautājumi var palīdzēt lietotāja pieredzes un lietotāja saskarnes uzlabošanā vai nākošā produkta, kam plānots līdzīgs scenārijs, izstrādē [1].

Būvniecībā notiek daudz nelaimes gadījumu, salīdzinot ar ražošanas, pārvadāšanas un uzglabāšanas nozari. Gadā tie ir ap 3000 nelaimes gadījumiem Eiropas Savienībā, kas nav letāli, bet ietver personas prombūtni vismaz četras pilnas kalendārās dienas [2]. Eiropas statistika arī apkopo nelaimes gadījumus, kur skaitļi katru gadu turpina augt [3].

Virtuālā realitāte ir kļuvusi aktuāla kā tehnoloģija, kuru var izmantot apmācībām. Tādās jomās kā aviācija, medicīna, militārā, bioloģija, būvniecība un citas. Vides atspoguļošana ar virtuālo realitātes apmācību ir laba alternatīva apmācībai tiešsaistē, kurai nepieciešams dārgs aprīkojums, vai veselībai un drošībai bīstami apmācības elementi un situācijas. Satura ziņā piedāvājums turpina augt katru gadu un ir pieejamas daudz izklaides tipa spēles, kā arī izstrādātāji piedāvā dažādas apmācības, rehabilitācijas un dažādus tiešsaistes daudzspēlētāju risinājumus. Virtuālajai realitātei ir liels potenciāls ne tikai iepriekš pieminētajā satura izaugsmē, bet arī iespēja palīdzēt cilvēkiem dzirdēt, redzēt un saprast reālās pasaules pieredzi, to simulējot drošākā veidā [4]. Lai lietotājam rastos sava veida saikne ar simulēto vidi, raisot iesaistīšanās, iegremdēšanās, emociju izmaiņas un citas realitātes sajūtas, ko var iegūt ar kvalitatīvi izstrādātu produktu, ir jāanalizē un jāizpēta, kas būtu nepieciešams mērķu sasniegšanai.

Projekta “VR SafeScaff” ietvaros ir nepieciešams izstrādāt dizainu, lai tas ir saprotams VR tehnoloģijas nepieredzējušiem cilvēkiem. “VR SafeScaff” projekts ir lietotāju apmācības platforma, kura palīdzēs būvniecības nozares jaunajiem darbiniekiem apgūt stalažu

konstrukciju drošu uzstādīšanu un nojaukšanu. Būvniecības nozarē jau ir izstrādāti dažādi interesanti risinājumi, piemēram, dziļās mašīnmācīšanās un virtuālās realitātes kombinācijā ir izstrādāta programmatūra moduļu noteikšanai ar datora redzes palīdzību [5]. Inženierzinātņu izglītības kontekstā, izglītojamiem trūkst pieredzes būvlaukumā un parasti viņiem ir nepieciešama intensīvākas apmācības un uzraudzība. Tā kā profesionāli vadītāji vai jomas treneri nav tik viegli pieejami, virtuālās vides apmācības ieguvēji būs izglītojamie, pasniedzēji un būvniecības nozare. Virtuālā realitāte mudina lietotājus vairāk koncentrēties uz kritisko domāšanu un dotās vides augstākas pakāpes izzināšanu, salīdzinot ar teorētiskām mācību metodēm, kā arī tiek uzlabota izglītojamo telpisko izvietojumu izpratne trīsdimensiju vidē [6]. Salīdzinot 2D, paskaidrojošu 2D un 3D lietošanas instrukcijas, informāciju formātu uztveri ar 3D lietošanas instrukcijām, parāda labākus rezultātus [7]. “VR SafeScaff” projekta izstrādei ir nepieciešams izstrādāt vairākus skatus, kuru noskaņa atbilst stalažu montāžas apmācības procesam. Tā kā šīs jomas darbiniekiem virtuālā realitāte varētu būt sveša, nepieciešams izstrādāt pārdomātu, atbilstošu un cilvēkam draudzīgu lietotāja saskarni. Svarīgi būtu saprast lietotājam nepieciešamo virtuālās realitātes modeli, kas sastāv no dažādām komponentēm kā klātbūtne, iesaistīšanās, iegremdēšana, plūsma, lietojamība un citas [1, 8, 9]. Jo nav nepieciešams lietotāja pieredzē ietvert visas iespējamās komponentes, kas dažādos pētījumos ir uzskatītas kā svarīgākās. Ir svarīgi sasniegt rezultātu, lai izvēlētais lietotāja pieredzes modelis, ļautu lietotājam saprotami un pēc iespējas reālāk piedzīvot simulēto vidi. Dizaina teorijas aplūkošanas posmā tiks analizētas krāsu kombinācijas, pieejamās elementu formas, iespējamās animācijas, kā arī dizaina aktualitātes virtuālajā realitātē. Pirms dizaina izstrādes nepieciešams aplūkot pieejamās programmatūras un jāveic salīdzinājums, pēc kā arī tiks izvēlēta atbilstošā dizaina izstrādes programmatūra. Savukārt dizaina izstrādes posmā tiks izvēlētas atbilstošās krāsu kombinācijas, elementu formas un to iespējamās animācijas, kā arī interakcijas starp skatiem un kopējais skatu fons balstoties uz iepriekš aplūkotiem teorētiskajiem materiāliem.

Darba mērķis: izstrādāt struktūrskici un dizainu virtuālās realitātes apmācību projektam “VR SafeScaff”. Lai rastu pēc iespējas ērtāku lietotāja saskarni, kā arī lietotāja pieredzi, šī darba ietvaros, balstoties uz teorijā aplūkotajiem materiāliem un analizētajiem dizaina posma elementiem kā - formu, elementu tipu, krāsu izpēti un interakciju, kas būtiski atšķiras no 2D pieredzes, tiks izstrādāta lietotājam piemērotas virtuālās vides struktūrskice, sākot no pirmā skata, ko lietotājs redzēs, uzvelkot virtuālās realitātes brilles, ietverot dažādus gan instrukcijas, gan izvēlnes, gan arī pašu apmācības vides skatu. Pēc izveidotajiem lietotāja saskarnes elementiem, lietotāju plūsmas ceļiem un struktūrskices, projektā to varēs integrēt kā pamata dizainu.

Lai sasniegtu maģistra darbā izvirzīto mērķi nepieciešams veikt sekojošus **darba uzdevumus**:

- Izpētīt jau esošos pētījumus par lietotāja pieredzi un lietotāja saskarni virtuālajā realitātē;
- Analizēt atbilstošo formu, krāsu salikumu, elementa tipu un to interakciju projekta vajadzībām;
- Salīdzināt kādas ir atšķirības virtuālās realitātes dizaina izstrādes programmatūrās, uz kā pamata izvēlēties atbilstošu projekta izstrādei;
- Esošo virtuālās realitātes risinājumu salīdzināšana;
- Izstrādāt “VR SafeScaff” piemērotu struktūrskici;
- Praktiski pārbaudīt izstrādāto dizainu.

Uzdevumu izpildei tiek izmantotas šādas **metodes**:

- Literatūras avotu analīze;
- Dizaina programmatūras rīku analīze;
- Virtuālās realitātes risinājumu izpēte un analīze;
- Hierarhiju analīzes metode veicot risinājuma prasību apkopojumu un testēšanu.

1. LIETOTĀJA PIEREDZE UN LIETOTĀJA SASKARNE VIRTUĀLAJĀ REALITĀTĒ

Izstrādājot programmatūras, lietotnes, mājaslapas un citu veidu projektu dizainu, ir svarīgi saprast un iepriekš izpētīt lietotāja pieredzi, lietotāja saskarni, projekta specifiku. Virtuālās realitātes dizaina projektā ir jāpievieno elementiem vērtība, kāpēc tie tiek attēloti 3D vidē, nevis 2D. Ne visus elementus ir jāpārvērš kā trīsdimensionālus, dodot tiem telpiskumu. Kā piemērs - nav vajadzīgs parastu izvēlni pārvērst par trīsdimensionālu, jo tas nedos realitātes efektu.

1.1. Virtuālā realitāte

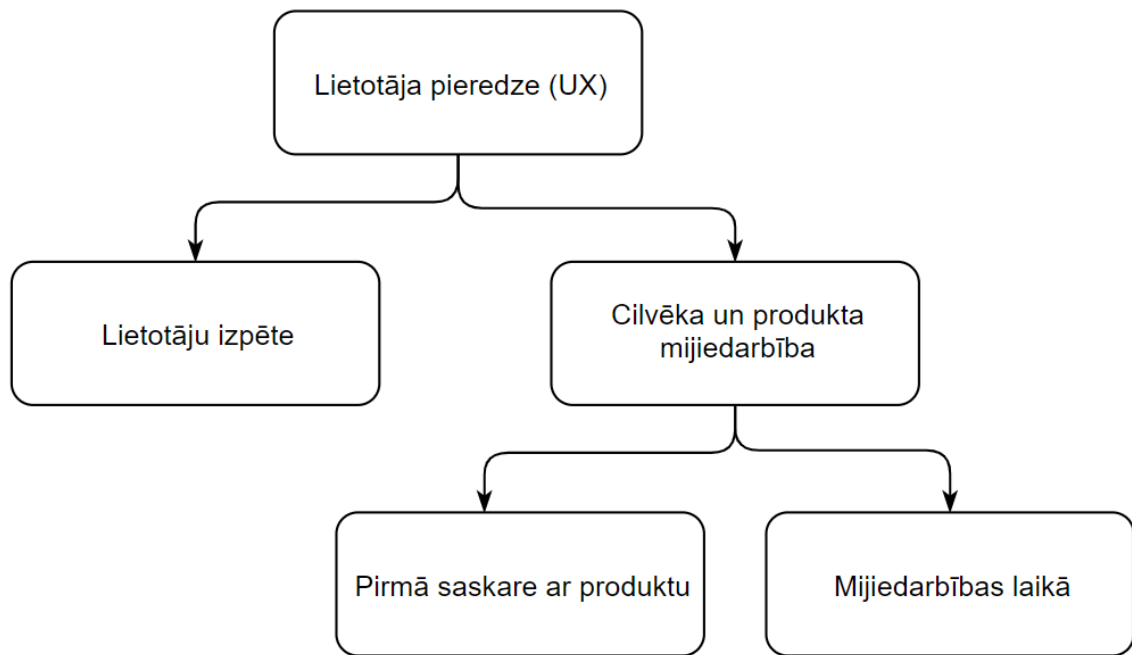
Virtuālā realitāte ir mūsdienu tehnoloģija, kura tiek izmantota, lai imitētu vidi. Virtuālās vides lietotājiem ir iespēja nokļūt mākslīgajā vidē un izmēģināt piedāvāto 3D satura risinājumu, kurš, mijiedarbojoties ar dažādiem elementiem, aizved lietotāju dažādās īstās pasaules vietās un dažādās iedomu pasaulēs, simulējot lietotājam dažādas situācijas, kuras rada realitātes sajūtu. Mākslīgajā pasaulē tiek padomāts par vairākām maņām, piemēram, redzi, dzirdi, tausti, dažreiz smaržu, kā arī telpas apziņu un līdzsvaru. Virtuālā realitāte bieži piedāvā dažādas pieredzes priekšrocības bez iespējas izraisīt negadījumus, tāpēc lietotājs var droši attīstīt savas prasmes virtuālajā realitātē [10]. Lai jebkurš lietotājs varētu izbaudīt fantastisko virtuālās realitātes pieredzi, tai ir zināmi ierobežojumi, kas saistās ar satura pieejamību un no funkcionalitātes viedokļa tā ir dārga skaitļošanas jauda. Pastāv arī citas realitātes tehnoloģijas, kuras nodrošina lietotāju ar dažādām pieredzēm – paplašinātā un jauktā realitāte. Atšķirība starp virtuālo realitāti ar paplašināto realitāti ir, it kā neliela, taču algoritmu un sensoru ziņā, tā ir pavisam cita pieredze. Paplašinātajā realitātē lietotājam ir iespēja simulēt dažādus mākslīgi izveidotos objektus reālajā vidē, kurā dators, izmantojot algoritmus un sensorus, lai noteiktu kameras atrašanās vietu, orientāciju un pozīciju, izveido 3D grafiku, lai no lietotāja skatījuma, projicētie objekti izskatītos pietiekami kvalitatīvi un reāli. Virtuālajā realitātē tiek izmantoti līdzīgi algoritmi un sensori. Šajā gadījumā kamerai nav jāuztver fiziskās vides pozīcijas un atrašanās punkti, bet tā vietā, lietotāja uztvere tiek pievērsta simulētai videi. Lietotāja veiktie galvas kustības pagriezieni attiecīgi reaģē, rādot lietotājam dažādu elementu mijiedarbību mākslīgi radītajā vidē. Apvienojot virtuālo realitāti un paplašināto realitāti ir izveidota jauna tehnoloģija – jauktās realitātes pieredze [4].

Visatpazīstamākā komponente ir uz galvas uzliktas virtuālās realitātes brilles. Katru gadu tiek izlaistas jaunas aparatūras un programmatūras ar jaunām iespējām, priekš virtuālās

realitātes cienītājiem. Kā arī tiek piedāvāti jaunākie modeļi ar jauniem dizaina risinājumiem un jaunām iespējām, kuros risināta iepriekšminētā dārgā skaitļošanas jauda, jo lielākoties jaudīgākās virtuālās realitātes sistēmas tiek piesaistītas vairāk vai mazāk datoram, samazinot vadu daudzumu līdz nullei un līdz ar to nedaudz samazinās arī modeļu veiktspēja. Briļļu pieejamība svārstās no 300 līdz 900 ASV dolāriem. Viss ir atkarīgs no tā, kādas vajadzības ir virtuālās realitātes briļļu lietotājam un cik lietotājs vēlas par šādu ierīci tērēt. Tā kā šī nozare turpina attīstīties, daudz no tā visa vēl nav pieredzēts. Bet tādi nozarē zināmi spēlētāji kā *Qualcomm, HTC Vive, Oculus Quest, Valve Index, Playstation* un citi, kas katru gadu nāk klajā ar jaunumiem šajā nozarē, ne tikai uzlabo aparatūru un programmatūras iespējas, bet arī attīsta un padara vienkāršāku tās pieejamību katram lietotājam, radot lietotājam iespēju izmantot virtuālās brilles jau bez papildus piesaistītiem vadiem. Viennozīmīgi, šai nozarei ir ļoti liels potenciāls, kur attīstīties [11].

1.2. Lietotāja pieredze

Lai gan lietotāju pieredzei vēl nav izstrādāta viena konkrēta un tajā pašā brīdī universāla definīcija, tomēr ir izpētīti dažādi mijiedarbības paņēmieni, kas rezultējas ar labākiem lietotāja sniegumiem un saprotamu lietojamību. Ņemot vērā, ka lietotāja pieredze rodas lietotāja un produkta mijiedarbības fiziskā, emocionālā, sociālā un kultūras kontekstā, katram lietotājam tomēr var būt atšķirīga pieredze ar vienu un to pašu produktu. Lietotāja pieredze ietver lietotāja reakcijas un atbildes mijiedarbības laiku ar produktu, no brīža, kad cilvēks ar to saskaras, līdz brīdim, kad lieto to noteiktā kontekstā [4]. Dažādu emocionālo reakciju un uzvedības reakcijas kopums ir atkarīgs no lietotāja cerībām, līdz ar to tās var būt saistītas ar lietotāja kultūras izcelsmi un dzīves veidu. Starpkultūru emocionālās pieredzes ir ļoti atšķirīgas. Lai veiktu tādu pētījumu ir nepieciešami vairāki kultūras variāciju modeļi, lai būtu iespējams noteikt konkrētas emocionālās pieredzes [12]. 1.1. attēls parāda lietotāja pieredzes dimensijas. Lietotāja pieredze ietver divas dimensijas - lietotāju izpēti un cilvēka un produkta mijiedarbību. Lietotāju izpētes dimensijas galvenais mērķis ir noteikt lietotāja vēlmes, ņemot vērā vajadzības, kas tiek veidotas, skatoties uz konkrēto sociāli kulturālo kontekstu. Cilvēka un produkta mijiedarbības dimensija notiek divos gadījumos – tad, kad notiek pirmā saskare ar produktu un produkta mijiedarbības laikā [13]. Pieredzējušiem virtuālās realitātes lietotājiem notiek ātrāka vides kvalitātes analizēšana. It sevišķi, ja virtuālās realitātes lietotājs ir trīsdimensionālo programmu izstrādātājs, tad pieredzes analizēšana var notikt vairāk profesionālajā līmenī, apsverot konkrēto elementu izmantošanu vai tieši to neizmantošanu attiecīgajā situācijā. Savukārt neprofesionāls lietotājs vidi sāks pētīt balstoties sajūtām, kuras rodas konkrētās vides ietekmē.



1.1. att. Lietotāja pieredzes dimensijas [13]:

Lietotāja pieredzē galvenais ir koncentrēties uz produkta lietojamību. Svarīgi parametri, kuriem nepieciešams veltīt uzmanību - laiks, kurš tiek dots lietotājam, lai varētu paveikt konkrētu uzdevumu, atļaujamo kļūdu skaits, kuras lietotājs var veikt, kā arī laiks kļūdas labošanai un laiks mācīties. Kopā šie parametri var radīt lietotājam baudāmāku, saistošāku un pievilcīgāku mijiedarbību ar produktu, ko viņš lieto. Lai gan bieži šie parametri arī var ietekmēt lietotāja emocionālo stāvokli, kas ir saistīta ar subjektīvu pieredzi un uzvedību [13].

Tiek arī izveidots un identificēts visaptverošs virtuālās realitātes modelis, kurš sastāv no 10 komponentēm. Modelis sastāv no tādām komponentēm kā klātbūtne, iesaistīšanās, iegremdēšana, plūsma, lietojamība, prasme, emocijas, pieredzes sekas, spriedums un tehnoloģiju pārņemšana vai ieviešana [8]. Iesaistīšanās ir sastāvdaļa, kas tiek definēta kā psiholoģiskais stāvoklis, kurš izpaužas kā daudzu stimulu kopums, iesaistot enerģiju un uzmanību konkrētā notikumā. Iegremdēšana tiek definēta kā maņu ticamības līmenis, kurš nodrošina uzticību, atrodoties virtuālajā vidē. Klātbūtne ir sastāvdaļa, kas tiek definēta kā lietotāja “klātbūtnes sajūta” virtuālajā realitātē. Tā tiek sasniegta tikko, kā lietotājs jūtas piederīgs citā realitātē. Plūsma tiek definēta kā visaptveroša vadīšanas sajūta, ko cilvēki jūt, kad rīkojas, pilnībā iesaistoties. Lietotājs nonāk plūsmas stāvoklī, kad, mijiedarbojoties virtuālajā vidē, viņam liekas pašsaprotami žesti. Ir līdzsvars starp prasmēm un, lietotājam dotie izaicinājumi, liek domāt, ka viņš kontrolē darbības. Plūsmas pieredzes novērtēšanai izmanto anketas un intervijas, kas darbojas kā retrospektīva. Lietojamība ir virtuālās vides izmantošanas sastāvdaļa. To var vairāk aprakstīt efektivitāte, apmierinātība, vieglums u.c. Prasmi var uztvert

kā sava veida zināšanas, kuras lietotājs apgūš vai jau iepriekš ir apguvis, izmantojot virtuālo vidi. Emocija tā ir komponente, kura definē lietotāja subjektīvās sajūtas – gandarījums, vilšanās prieks u.c.). Pieredzes sekas iemāca lietotājam iegūt mācību no piedzīvotā virtuālajā vidē. Līdz ar to viņš saprot nodomu un iemācās jaunas darbības. Spriedums tā ir sastāvdaļa, kas tiek definēta kā vispārējais vērtējums virtuālajā vidē. Tas var būt pozitīvs, negatīvs vai vienaldzīgs. Tehnoloģiju pārņemšana vai ieviešana ir lietotāja pārdomas un lēmums par vides turpmāko izmantošanu [8]. Pēc darba autores pieredzes slikta virtuālās realitātes pieredze var raisīt negatīvu atgriezenisko saiti, kas var rezultēties ar sliktu dūšu, reiboņiem, galvassāpēm un nogurumu. Jebkura iepriekš minētā komponente klātesamība lietotāja pieredzē ir jāanalizē un jāietver, lai nerastos pārpratumi jau strādājoša produkta lietošanā. Iepriekš aprakstītās desmit komponentes ir visnotaļ svarīga sastāvdaļa virtuālās realitātes apmācības platformai. Iespējams, ka nav tāda universāla gadījuma, lai visas šīs komponentes ietvertu risinājumā, taču tad ir jāizvēlas, kuras būs tās izšķirošās. Katrai virtuālās realitātes lietotnei ir savi mērķi sava auditorija, līdz ar to arī savi komponentu modeļi.

Adaptīvo digitālo produktu kontekstā, lietotāja pieredzi var iedalīt četrās dimensijās – spēles pieredze, mācīšanās pieredze, pielāgošanās un lietojamība. Šādi produkti arī uzlabo kritisko domāšanu un informācijas meklēšanu, jo virtuālā vidē ir izveidoti dažādi uzdevumi un mērķi, kurus lietotājam ir jāsasniedz un jāizpilda. Mācīšanās metodes, kuras atveido realitāti, ļauj lietotājam praktizēties un apgūt savas profesijas pamatprasmes. Lai šī mācīšanās metode būtu vairāk reālistiska, tajā ir jāietver autentiskums, interaktīvas 3D animācijas un skaņas aspekti, kuriem ir ticamiem un augstas kvalitātes. Izstrādājot lietotāja pieredzi, nav jāaizmirst arī par saturu, kurš varētu būt izaicinošs, bet tajā pašā brīdī arī atbilstoši izaicinošs, jo tomēr mācoties ir jābūt dažādām grūtības pakāpēm. Ja tiek izstrādāts apmācības produkts, tad tam jāpiemīt arī izaicinājuma pakāpēm. Spēles izaicinājuma pakāpes jeb grūtības līmeņi dod lietotājam iejusties un būt daļai no stāsta, jo balstoties uz apmācības stāstu, lietotājs gūst zināšanas, kas strādā kā labs lietotāja pieredzes iegūšanas scenārijs [1]. Spēles, apmācības vai virtuālās realitātes programmatūras dinamika ir svarīgs lietotāja pieredzes faktors, kas jānodrošina, lai lietotājam rastos interese pārvarēt radušās grūtības un būtu vēlme turpināt iesākto. Arī svarīgs fakts ir interaktīva vide ar atbilstošu skaņas efektu, jo diez vai kādam nopietnam pārbaudījumam, kuram ir vajadzīga ieinteresētība, uzmanības noturēšana un koncentrēšanās spējas, tiek likta neatbilstoša fona mūzika vai neatbilstoši skaņu efekti. Kā piemēru varētu nosaukt arī būvlaukuma virtuālo pieredzi, kurā nav jūtama atgriezeniskā saite no veiktās darbības, jo nav nekādu fona trokšņu un dažādu darbību simulēti skaņu efekti. Arī vairāklietotāju režīmos ir jāietver iespēja lietot mikrofonu, lai lietotājs ne tikai dzird otra lietotāja pārvietošanos, bet arī var sākt komunicēt. Iepriekš pieminētās četras dimensijas –

spēles pieredze, mācīšanās pieredze, pielāgošanās un lietojamība – tās varētu būt obligāti ietveramās komponentes lietotāja pieredzē jeb pamata komponentes. Iepriekš pieminētais desmit komponentu modelis, var tikt izmantots kā papildinājums vai apvienojums četrus dimensiju modelim.

Esošajos empīriskajos un teorētiskajos pētījumos tiek apspriesti arī plūsmas fizioloģiskie mehānismi un plūsmas stāvokļi, kas ir saistīti ar aktivitāti, autonomās nervu sistēmas aktivitāti, dopamīnu un sejas muskuļu aktivitāti. Plūsmas fizioloģiskie rādītāji ietver sevī uzbudinājumu, garīgo piepūli, pozitīvu pieredzi, uzmanību un citas īpašības. Līdz ar to, pēc šiem pētījumiem, plūsma arī tiek uzskatīta kā vienīgo svarīgo mērķi virtuālās realitātes sistēmu projektēšanā. Plūsma tiek arī aprakstīta kā bez piepūles uzmanības stāvoklis, kas var rasties mijiedarbībā starp pozitīvu pieredzi un lielu uzmanību, kas var izraisīt gan kognitīvos, gan fizioloģiskos procesus. Pēc smadzeņu fizioloģijas, plūsma rodas no uzdevumu neatbilstošu procesu mijiedarbības, kas pie koncentrētas uzmanības noved pie aktivitātes samazināšanās [9].

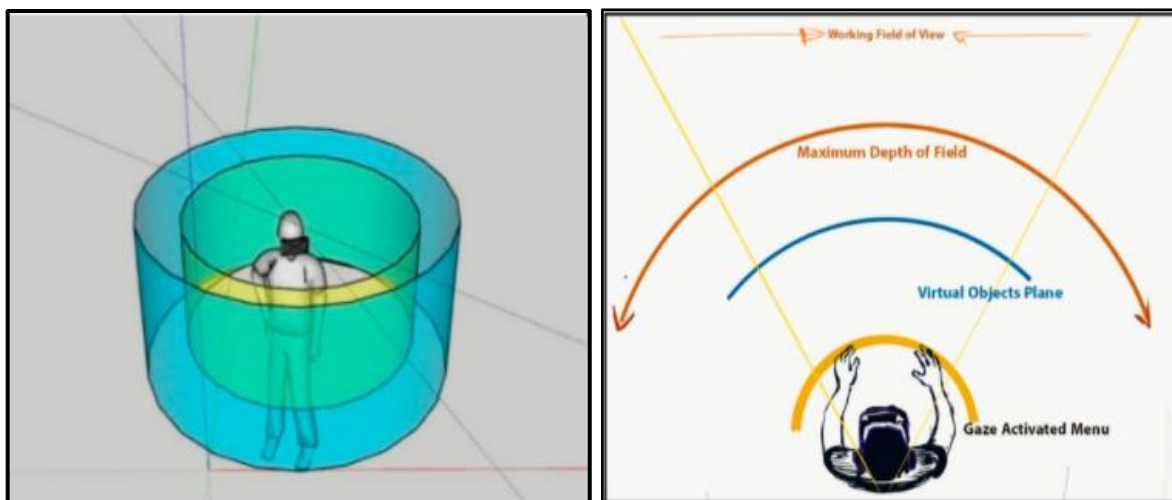
1.3. Lietotāja saskarne

Trīsdimensionālajā lietotāja saskarnē lietotājam ir jāveic dažādas roku kustības, lai ar to palīdzību trīsdimensiju telpā, lietotājs varētu iegūt rezultātu. Vizuāla roku un žestu interpretācija palīdz datorā un cilvēka mijiedarbībai. Žestu balstīta mijiedarbība, izmantojot roku izsekošanu, ļauj lietotājam vizualizēt roku kustību virtuālajā vidē. Žestu interakcijā ar virtuālo vidi, var paveikt dažādus uzdevumus. Šāda veida risinājums nodrošina ātru problēmu risinājumu, nepieskaroties un nepielietojot papildu interakciju elementus [14].

3D pieredzē, dizaineri ir padomājuši par vairākām kvalitatīvas saskarnes komponentēm. Skana, pieskāriens, dziļums un izjūta izvērtēšana ir svarīga VR pieredzē. Simulācijas pasaulei ir tās pašas priekšrocības, ko sniedz fiziskā vide, taču ar turklāt saistītiem drošības riskiem, kā arī vieglāk koriģēt dažādus objektus, kuri paliek nomākti kopējā vidē. Ātrums, diapazons un kartēšana veido virtuālās realitātes interaktivitāti. Par interaktīvu simulāciju tiek uzskatīts virtuālās vides reakcijas laiks, kurš reagē uz lietotāja darbībām. Dizaineram ir jāizprot, kā veidot vizualizāciju virtuālajā telpā, lai tā, ieskaujot lietotāju, neliek justies viņam neērti [15].

Visaptverošajā virtuālajā realitātes saskarnē ir divslāņu lietotāja saskarne. Augšējais slānis tiek izmantots atvērto failu attēlošanai 360 grādu redzes laukā, savukārt apakšējā slānī tiek attēloti darba virsmas uzdevumi (sk. 1.2. att.). Abi slāņi nepārtraukti tiek izmantoti visās VR saskarnēs. Ar diviem saskanīgiem slāņiem ir vienkāršāk iegūt atgriezenisko saiti, piemēram, izdzēšot kādu objektu apakšējā slānī, tam parādās kāda animācija un lietotājs saprot, ka darbība

ir veikta. Šajā saskarnē parastās pamata darbības, ko veiktu peles kursors, pārsvarā veic lāzera rādītāji, jo ar tiem ir vienkāršāk kontrolēt galvenokārt izvēlnes elementus [16].



(a)

(b)

1.2. att. Divslāņu lietotāja saskarne [14]:

(a) divslāņu lietotāja saskarne, (b) divslāņu lietotāja saskarnes skats no augšas

Lietotāja saskarne ir elementu kopums, ko lietotājs izmanto virtuālajā pieredzē. Ir pieņemts uzskats, ka visas virtuālās realitātes lietotnes var sadalīt divās perpendikulāri novietotās asīs (sk. 1.3. att.).



1.3. att. Virtuālās realitātes lietotņu sarežģītības kvadrantu asis [17]:

Kreisajā augšējā kvadrantā tiek pieskaitītas tās lietotnes, kurām nav saskarnes, piemēram, amerikāņu kalniņu pieredze. Labajā apakšējā kvadrantā tiek pieskaitītas tādas lietotnes, kurām ir saskarne bet diezgan neliela vide, piemēram, *Samsung Gear VR* sākuma ekrāns. Savukārt

sarežģītas vides un sarežģītas saskarnes kvadrantā tiek ierindotas tādas lietotnes kā *Boneworks VR*, *Quill VR*, *Google Tilt Brush* un citas [17].

Tradicionālas iezīmes var saskatīt starp VR, tīmekļa un mobilajām lietotnēm. Lai izstrādātu lietotnes darbplūsmu, ir jāsaprot, kāds būs projekcijas izmērs. Tā kā pilns projekcijas platums ir 360 grādi horizontāli un 180 vertikāli, definētais pikseļu izmērs varētu būt 3600 x 1800. Prototipēšana ir svarīgs posms, lai saprastu, kuri skati savstarpēji saistās. To arī var saukt kā lietotnes plānu jeb darbplūsmu, kas bieži vien tiek izmantots kā atsauce izstrādātājiem. Teksta nolasīšanai var rasties problēmas, ja tiek izmantoti lieti teksta bloki un detalizēti saskarnes elementi. Lietotāja pāreja no tumšas ainas uz spilgtu var radīt acu diskomfortu, jo displejs atrodas ļoti tuvu acīm. Izvairīties no vairāku nelielu darbības pogu izvietojumu vienu otram blakus, jo var gadīties, ka lietotājs noklikšķina uz nepareizās [15]. Līdzīgi kā 2D projektēšanā VR dizaineram ir jāievēro attālumi un mērogojamība. Dizaineram ir nepieciešams apzināties satura mērogu un piemērotu tā skatīšanās attālumu. Teksts jānovieto tuvu tam objektam, uz kuru tas attiecas, līdz ar to acīm ir jāspēj fokusēties tajā pašā attālumā. Teksta novietojumam jābūt dabīgajai acu līmenī vai nedaudz zemāk, lai lietotājs varētu dabiskā galvas pozīcijā lasīt tekstu. Garāku tekstu labāk uzrādīt kādā formātā vai objektā, kuru viegli var pārvietot, piemēram, grāmatā. Būtiskā informācija ir jāattēlo priekšplānā. Tā pat var vairāk tikt izvirzīta priekšplānā. Neskatoties uz visiem šiem teksta ieteikumiem, jācenšas, cik vien iespējams, samazināt teksta klātbūtni virtuālajā vidē, rodot simulācijas vides iegremdēšanu par lielāku efektu. Lai vidē būtu jūtama realitātes klātbūtne, jāpievieno skaņas efekti [18].

1.3.1. Krāsas

Mākslinieki ar krāsu palīdzību rada noskaņojumu, tātad krāsu var uztvert kā noskaņojuma parādīšanas līdzekli. Attēliem un skatiem, ko redz lietotājs, jābūt estētiskām vērtībām. Izvēlētie toņi nedrīkst iet pretrunās, jo tas var izraisīt sava veida depresiju. Zinātniskajos rakstos ir trīs krāsu uztveres komponentes – spilgtums, nokrāsa un krāsainība. Spilgtums tā ir sajūta, ko var saukt par spēcīgu, vidēju, blāvu vai tumšu. Nokrāsa tiek ņemta no pamata četriem toņiem – sarkans dzeltens, zaļš un zils. Krāsainība tiek dalīta no pelēcīgākās krāsas toņa līdz piesātinātam. Pētījumā tiek apskatīti dažādu kultūru krāsu salikumi vieniem un tiem pašiem multiplikāciju varoņiem. Kultūras krāsu redzējumi atšķiras gan tērpu krāsu izvēlē, gan arī krāsainības izvēlē. Ādas krāsas attēlošana katrai kultūrai atšķiras, jo kādai tā ir brūnāka, kādai sarkanāka u.t.t. Zāles redzējums dažādās kultūrās tiek attēlots ar zaļā toņa dažādiem piesātinātības līmeņiem, tādu pašu tendenci var redzēt arī debesu krāsu izvēlē. Eiropā lielākai

daļai objektu priekšroka tiek dota bālākām krāsām. Savukārt Japāņi ādas krāsai izvēlas baltākas krāsas, taču objektus izvēlas izcelt ar piesātinātiem toņiem [19].

Ar krāsām var panākt efektīvus akcentus nomācošam fonam. Kā arī krāsu kombinācijas var radīt emocionālas rakstura iezīmes kā prieku, satraukumu, bailes vai dusmas. Bieži vien, lai paspilgtinātu vidi, tiek izmantotas nepareizās pieejas, radot kopējā rezultāta pasliktināšanos. Piemērota stratēģija varētu būt visu izvēlnes elementu parādīšana vienā krāsā, virsraksti otrajā krāsā instrukcijas un trešajā krāsā, un kļūdu paziņojumi citā krāsā. Taču šī stratēģija arī var būt milzīga kļūda, ja krāsas krasi atšķiras. Visdrošākā pieeja, protams, ir izvēlēties melnus burtus uz balta fona vai baltus burtus uz melna fona, papildinot tekstu ar kursīvu vai treknrakstu, lai uzsvērtu tekstu. Daudzi dizaina izstrādātāji iesaka ierobežot no četrām līdz septiņām krāsām, bet var pielietot līdzīgos krāsu toņus. Korektām krāsu saderībām labāk lietot krāsu saderības algoritmus vai jau gatavās krāsu dizaina komplektācijas [20].

Krāsu un psiholoģiskās darbības izpētē tika analizēts sarkanās un zilās krāsas ietekme uz cilvēka emocionalitāti dažādās dzīves situācijās, kur ir attēloti konkrēti piemēri (sk. tabulu 1.1.). Lai gan rezultāti var likties pārāgri un provokatīvi, jo zilā un sarkanā krāsa ir līdzīgi kā baltā un melnā krāsa, kas veido sava veida spēcīgu kontrastu. Abas šīs krāsas arī var saukt par pretējām krāsām [21]. Ir arī zināmi risinājumi, kur šīs abas krāsas ir galvenie spēles akcenti. Piemēram, virtuālās realitātes spēle *Beat Saber*, kurā lietotājam abās rokās ir kontrolieru lāzeri sarkanā un zilā krāsā, ar kuru palīdzību ir jātrāpa pa tādas pašas krāsas kubiem. Lai gan spēles vizuālā telpa ir zilā krāsā, kas koncentrē lietotāja domas uz spēles uzdevumu. Šīs spēles risinājums ir minimālistisks un krāsu ziņā tiek panākta uzmanība un kontrasts.

1.1. tabula

Krāsu un psiholoģiskās ietekmes izpēte [21]

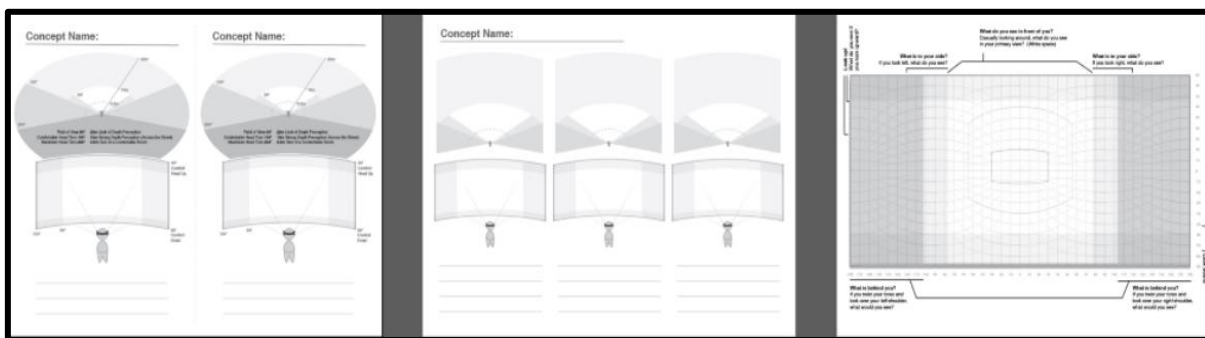
Pētniecības joma	Galvenais atklājums	Piemērs
Krāsa un selektīvā uzmanība	Sarkanie krāsas stimuli saņem uzmanības priekšrocības	Salīdzinoši ar citiem krāsu mērķiem, dalībnieku vizuālās meklēšanas laiks bija ātrāks ar nepiesātināti sarkaniem mērķiem
Krāsa un modrība	Zilā krāsa dod subjektīvu sniegumu un modrību, ja dalībnieks veic uz uzmanību balstītas darbības	Dalībnieki, kuri izmantoja zilu apgaismojumu, salīdzinot ar dzeltenu, ziņoja par lielāku modrību
Krāsa un intelektuālā veiktspēja	Tie, kuri skatās uz sarkano krāsu pirms kognitīvā	Dalībnieki, kuriem tika iedots intelektuālais tests

	uzdevuma veikšanas, sagrauj uzdevuma sniegumu	sarkanos vākos, salīdzinot ar zaļu un pelēku krāsu, uzrādīja sliktākus rezultātus
Krāsu agresivitātes un dominances novērtējums	Sarkanās krāsas klātbūtne uz sevis vai citiem paaugstina pašvērtējumu agresivitāti / dominanci	Dalībnieki, kā dominējošus novērtēja tos vīriešus, kuri vilka sarkano krāsu, salīdzinājumā ar citām harmoniskām krāsām
Krāsa un pievilcība	Sarkanās krāsās ģērbusās sievietes pievilina vairāk heteroseksuālu vīriešu uzmanību	Heteroseksuāli vīrieši novērtēja pievilcīgākas tās sievietes, kuras nēsā sarkanas drēbes, salīdzinot ar citām krāsām
Krāsa un motivācija izvairīties	Novērtējumi, kuri attēloti sarkanā krāsā, izraisa piesardzību un izvairīšanos	Dalībnieki, kuri pirms intelektuālā testa skatījās uz sarkano krāsu, salīdzinot ar zaļu vai pelēku, uzrādīja spēcīgāku priekšējās smadzeņu garozas aktivitāti labajā daļā
Krāsa un veikala uzņēmuma novērtējums	Zili veikalu logotipi rada lielāku uzticamību par produktu un tā kvalitāti	Dalībniekiem šķiet uzticamākas tīmekļa vietnes ar zilo krāsu, salīdzinājumā ar zaļu

Pētījumā pierādās, ka cilvēka selektīvā uzmanība vairāk tiek kontrolēta ar sarkano krāsu, kuras stimuli nodrošina uzmanības priekšrocības. Cilvēka iegūtie rezultāti var pasliktināties dēļ nepareizi izvēlēta krāsu akcenta. Tāpēc ir jābūt piesardzīgam, un pirms sarkanās krāsas izmantošanas dizaina kopskatā vai konkrētu objektu un paziņojuma tekstu krāsu izvēlē. Kā arī jāapsver, vai tās klātbūtne neietekmēs lietotāja gūto rezultātu efektivitāti. Krāsu un modrības testos pierādās, ka zilā krāsa palielina subjektīvo modrību un indivīda kopējo veikspēju. Līdz ar to šāds apkopojums parāda sava veida korelāciju ne tikai starp krāsu kombinācijām, bet arī konkrētiem krāsu signāliem, ko uztver cilvēks.

1.3.2. Prototipēšana

Skiču izstrāde ir ideju uzlikšana uz papīra. Kādā brīdī vesela komanda ir strādājusi pie simtiem idejām, un beigās tikai viena tiek uzskatīta par derīgu. Pēc skiču paraugiem, kas parasti ir ātra idejas attēlošana uz papīra. Protams, šo prototipēšanu var arī veikt dizaina izstrādes programmās, bet tie lietotāji, kuriem šī vide ir sveša, var strādāt parastajā veidā, izmantojot papīra veidnes, zīmuli un dzēšgumiju (sk. 1.4 att.). Ir arī izstrādātas lietotnes, kuras nofotografējot šīs veidnes, saliek skici 360 grādu panorāmas režģī, veidojot nelielu VR pieredzi. Svarīgi piebilst, ka šī prototipēšanas pieredze neko nemaksā [22]. Izstrādāt skices var arī uz dažādām jau gatavām programmatūrām, bet cilvēkam bez iepriekšējas pieredzes aizies ilgāks laiks, lai sākumā apgūtu pašu produktu un tā iespējas.



1.4. att. Papīra prototipu veidne [22]

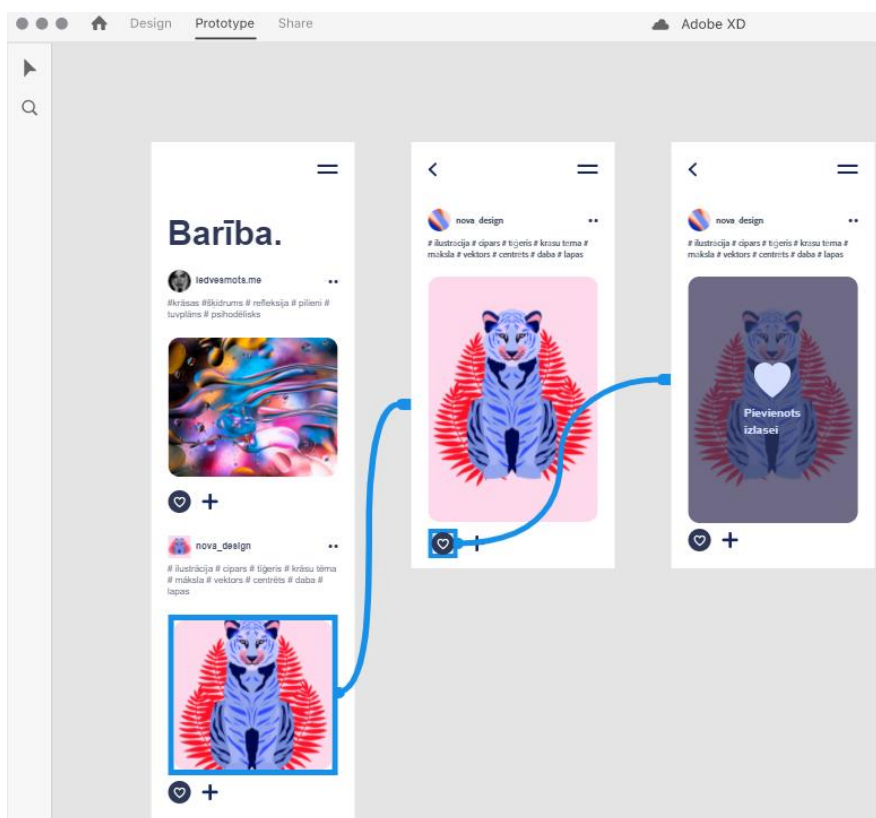
Pieredzējuši eksperti iesaka iegādāties VR ietvaru, ko sauc par *Cardboard*. Tas ir kartona briļļu konstruktors, kurā, ievietojot viedtālruni, kurš atbalsta VR, var skatīties virtuālās realitātes pieredzi. Protams, tādu kartona kastīti var arī izveidot mājas apstākļos. Kad viedtālruni liek kartona ietvarā, tad ieslēdz tam paredzētus iestatījumus. Telefona ekrāns sadalās divos vienādos ekrānos priekš katras acs. Ar šo viedtālruni un kartona ietvara palīdzību var skatīties uz papīra uzzīmētās skices [23].

1.4. Dizaina izstrādes programmu salīdzinājums

Līdzīgi kā ir dažādas atšķirības starp *Windows* un *macOS*, *Linux* un citām operētājsistēmām, tā arī ir izstrādātas vairākas dizaina izstrādes programmatūras. Lai uzzinātu kādas atšķirības tām piemīt, ir jāveic neliels salīdzinājums starp tām. Aplūkojot dizaineru izmantotos rīkus, ir svarīgi aplūkot to plusus, mīnus un izmaksas.

1.4.1. Adobe XD

Adobe piedāvā dažādus produktus, kas saistīti ar digitālo marketingu. Kā atsevišķu produktu Adobe piedāvā Adobe XD, kas ir dizaina izstrādes rīks, kurš ļauj izstrādāt dizainu priekš virtuālās pieredzes. Dizaina izstrādes rīks ir pieejams gan Windows, gan MacOS. Adobe XD piemīt diezgan intuitīvs rīku panelis, kas piedāvā lietotājam dažādas ērtības. Piemēram ar pāris klikšķiem var savienot divus skatus, skatīt 1.5. attēlu, lai tiktu izveidots interaktīvs dizaina prototips, kuru var izmantot vizuālajā testēšanā bez papildu koda rakstīšanas.



1.5. att. Adobe XD skatu interaktīva savienošana [24]

Adobe risinājums arī piedāvā 2D objektiem piešķirt dziļumu un pārvērst to trīsdimensionālā objektā. Cenas šim produktam ir dažādas (sk. 1.2. tabulu). Tiek piedāvāts starta komplekts, kurš ir bezmaksas, taču tam ir dažādi lietošanas ierobežojumi kā – viens koplietojams dokuments, viens papildu redaktors, desmit dienu dokumentu saglabāšanas vēsture, 2 GB atmiņa mākoņglabātuvē un ierobežots fontu komplekts. Nākošais pieejamais komplekta maksa ir 9.99 ASV dolāri mēnesī. Salīdzinot ar starta komplektu, šajā komplektā ir neierobežots koplietojamo dokumentu un redaktoru skaits, kā arī neierobežotas koplietojamās saites, 30 dienu dokumentu saglabāšanas vēsture, 100 GB mākoņglabātuves vieta kā arī pilna fontu bibliotēka. Savukārt trešais komplekts jau ir domāts atvansētākai profesionālai lietošanai, kuras mēneša maksa

sastāda 52.99 ASV dolārus mēnesī. Šajā komplekta piedāvājums pārsvarā ir neierobežots, taču ir ierobežota dokumentu vēsture līdz 60 dienām un mākoņu glabātuves apjoms tieši tāds pats kā otrajā komplektā ir 100 GB [24].

1.2. tabula

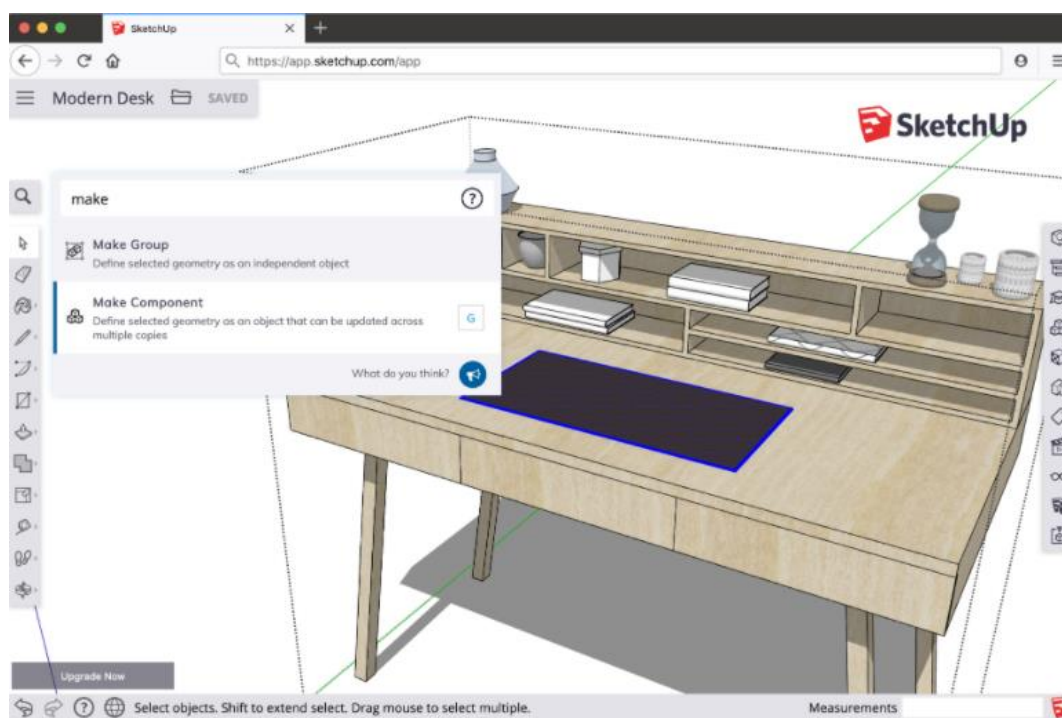
Adobe XD plāni [24]

Iespējas	<i>XD</i> starteris	<i>XD</i> vienotā lietotne	Visas lietotnes
Izkārtojuma un dizaina funkcijas	Ir	Ir	Ir
Prototipēšanas un animācijas funkcijas	Ir	Ir	Ir
Koplietošana	1 koplietots dokuments, 1 papildu redaktors	Neierobežots koplietojamo dokumentu un redaktoru skaits	Neierobežots koplietojamo dokumentu un redaktoru skaits
Eksporta rīki	Ir	Ir	Ir
Dokumentu vēsture	10 dienas	30 dienas	60 dienas
Mākoņglabātuve	2 GB	100 GB	100 GB
Radošās mākoņu bibliotēkas	Ir	Ir	Ir
Piekluve Adobe Fonts	Bezmaksas Ierobežots fontu komplekts	Portfelis Pilna fontu bibliotēka	Portfelis Pilna fontu bibliotēka
<i>Creative Cloud</i> lietotnes	<i>XD</i>	<i>XD</i>	20+ <i>Creative cloud</i> lietotnes tostarp <i>XD</i>

1.4.2. SketchUP

SketchUp ir 3D modelēšanas programmatūra ar pielietojumu arhitektūrā, interjera dizainā, ainavu arhitektūrā, civilās un mašīnbūves, kā arī filmu un videospēļu projektēšanā. *SketchUp* piedāvā dažādus produktus. *SketchUp Free* produkts strādā interneta pārlūkā. Tam ir pieejama 10 GB mākoņglabātuve, tā modeļus ir iespējams apskatīt mobilajā ierīcē, izmantojot *SketchUp viewer*. Bez maksas *SketchUp* piedāvā pamata modelēšanas rīkus, kas būtu nepieciešami, lai

uzzīmētu pamata vajadzībām atbilstošus objektus (sk. 1.6. att.). Materiālu klāsts ir plašs, tajā skaitā ir pieejami standarta materiāli no akmens un ķieģeļiem līdz dažādiem augiem. Lietotājam bez iepriekšējas pieredzes ir paredzēts sākt ar lietotni *SketchUp Free*, lai iemācītos programmatūras izkārtojumu un pierastu pie pamata funkcionalitātes. Tā kā licenču plānu ir desmit dažādiem lietošanas mērķiem, tiks aplūkoti tikai divi plāni, kuri vairāk atbilst projekta vajadzībām. Iepriekš tika aplūkots privātās lietošanas plāns, kurš ir bezmaksas, bet vēl piedāvājumā ir pieejams *SketchUp Studio*. *Studio* produkts ir domāts studentiem, un no operētājsistēmām atbalsta tikai *Windows*. Tā gada maksa ir 55 ASV dolāri. Pieejams gan interneta pārlūkā, gan darba virsmas programmatūrā. Šis produkts ir uzlabots ar dažādām komponentēm, lai atvieglotu būvniecības rasējumus, kā arī tas ietver grafiku, ko var izmantot prezentācijām. *Studio* produktam nav minēts mākoņglabātuves lielums, kas varētu nozīmēt neierobežotu vietu. Šim produktam ir pieejams arī virtuālās un paplašinātās realitātes modelis, kurš ļauj realizēto produktu aplūkot VR.[25]



1.6. att. *SketchUp* lietotāja saskarne [25]

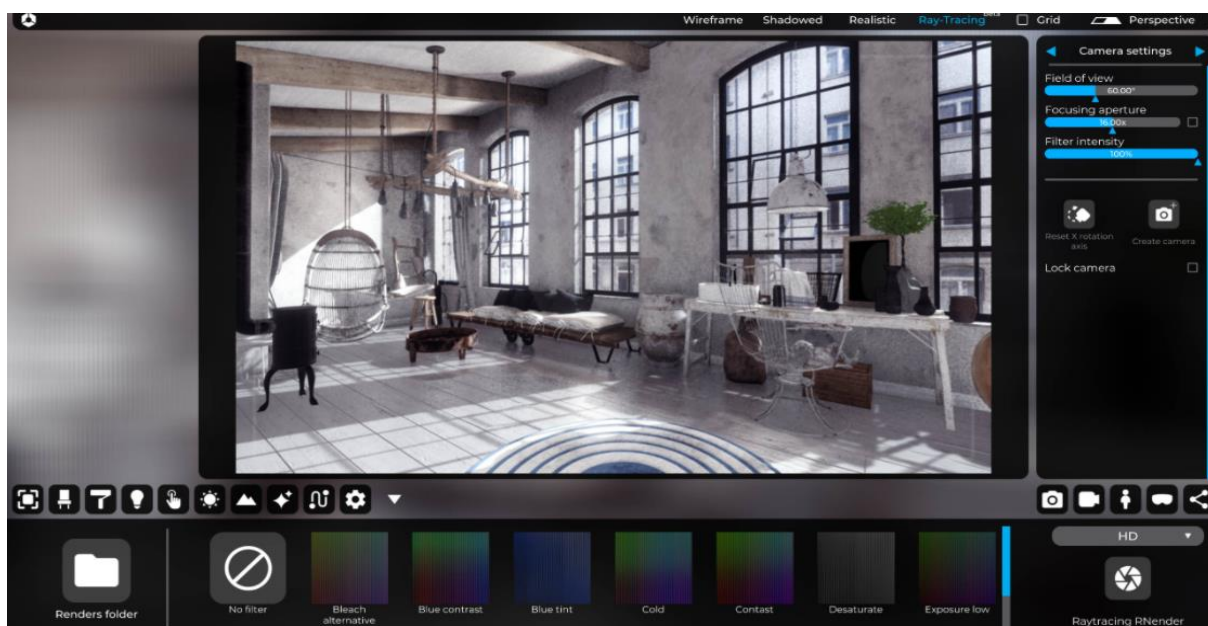
1.4.3. VR Sketch

Programmatūra ļauj atvērt jebkuru prototipa failu, kuru tā pārkonvertē un pielāgo priekš virtuālajām brillēm. Paplašinājums ir pieejams gan uz *Windows* un *MacOS*, gan *Oculus Quest* sistēmām. Prototipus var pielabot arī 2D vidē, taču ar šo paplašinājumu vairāk tiek domāts par prototipu papildināšanu 3D vidē. Ir dažādas detaļas, kurām ir nepieciešams koriģējums tieši

virtuālajā vidē. Virtuālajā vidē lietotājam paveras dažādu rīku komplekti, ar kuriem viņš var turpināt izstrādāt dizainu. Dizaina izstrāde tiek veikta, izmantojot kontrolierus. Produkta licences iedalās komerciālās un hobija līmeņu licencēs. Hobija līmeņos tiek ieskaitīti studenti un pedagogi, kur ir nepieciešams aizpildīt nelielu anketu, lai dabūtu bezmaksas licenci, taču sīkāka informācija par šo produktu nav pievienota. Otrā hobija līmeņa licence tiek piedāvāta par 5 eiro mēnesī, ar nosacījumu, ka tas netiek izmantots profesionālajos nolūkos. Komerciālās licences iedalās standarta un uzņēmuma abonēšanas veidos. Standarta licence ietver gada maksu 30 eiro mēnesī vai 330 eiro gadā. Uzņēmumu licence tiek piedāvāta par 100 eiro mēnesī vai 1100 eiro gadā. Taču atšķirībā no pārējām, uzņēmumu licencēm tiek piedāvātas vēl papildus ērtības kā – prioritārs atbalsts, pielāgotas 3D vides un pielāgots firmas ekrāna logo [26].

1.4.4. *EYECad VR*

Programmatūra dod iespēju importēt jau izveidotos modeļus un tos virtuālajā vidē, dodot tiem reālu izskatu simulētajā vidē, kopā ar citiem objektiem. Programmu ir iespējams iegūt gan *Windows*, gan *MasOS* operētājsistēmas. *Eyecad* piedāvā vienkāršu lietotāja saskarni (sk. 1.7. att.). *EYECad* programmatūra piedāvā automātisku sistēmu, kura rada apkārtējo vidi un apstākļus. Vide tiek konfigurēta ar apgaismojumiem, dodot objektiem realitātes efektu, kas tiek parādīts ar dienas un nakts gaismām. Ar šo programmu var izveidot nelielus videomateriālus, kas der kā dizaina prototips. Bezmaksas versijā tiek piedāvāts *EYECad Pro* produkts uz ierobežotu dienu skaitu [27].



1.7. att. *EYECad VR* lietotāja saskarne [27]

Salīdzinot ar citām programmatūru licencēm, *EYECad* piedāvā mūžīgo licenci. *EYECad VR Start* licence maksā 169 eiro un tā iekļauj dažādus vizuālos stilus kā ēnotus un reālistiskus, kā arī materiālu, gaismu un interakciju izmaiņas, dažādu spraudņu atbalstu, darba virsmas VR un interneta saites panorāmas ceļojumus. Šī licence atbalsta vienu mākoņglabātuves projektu. Otrā licence maksā 339 eiro un tajā tiek piedāvāts uzlabota *Start* komplekta funkcionalitāte. Tātad iepriekš minētajā funkcionalitātē klāt vēl ietilpst objektu un materiālu bibliotēkas, ainavas redaktors, ir pieejamas video animācijas līdz ar to parāda arī 3D animācijas. Atšķirībā no *Start* komplektācijas, *Pro* komplektācijā ir iespējams augšupielādēt līdz pat 10 projektiem mākoņglabātuvē [27].

1.4.5. Unity 3D

Unity, ko izstrādā *Unity Technologies*, ir spēļu dzinis, ar kuru palīdzību iespējams veidot risinājumus dažādām platformām,. Tas ir pieejams *Windows* operētājsistēmām. Ar *Unity* ir iespējams papildināt objektus ar saturu, proti tos atdzīvināt virtuālajā realitātē. Objektus var animēt, dot tiem skaņas un veidot ainas. Lietotāja saskarne ir piesātināta ar dažādām konfigurācijām (sk. 1.8. att.). *Unity* piedāvā ne tikai veidot animācijas, bet tās funkcionalitātei ir nepieciešams uzrakstīt klāt dažas koda rindas. Licenču plāni iedalās priekš individuālajiem lietotājiem kā arī ir pieejami licenču plāni, kuri ir domāti priekš lielākām komandām. Individuālās licences ir bezmaksas, taču komandu licences un to cenas atšķiras. Tā kā plānos iekļautās funkcionalitātes ļoti atšķiras, tad tās nav nepieciešams sīkāk apskatīt, jo zināms, ka individuālā licence ir bezmaksas, kas der projekta īstenošanai [28].



1.8. att. *Unity 3D* lietotāja saskarne [28]

1.4.6. Google blocks

Google blocks risinājums ir daudzpusīga inovācija virtuālās realitātes pasaulē, kas piedāvā izveidot 3D modeļus priekš virtuālās pieredzes. Blokus var veidot ikviens. Šī risinājuma izstrādātāji produktu pozicionē kā vienkāršu lietošanā, un iesaka to lietot arī tiem lietotājiem, kuriem nav iepriekšējas modelēšanas pieredzes. Lietotājam tiek iedots formu komplekts, krāsu palete un intuitīvu rīku komplekts (sk. 1.9. att.).



1.9. att. *Google blocks* 3D modelēšana [30]:

(a) modelēšanas komplekts, (b) izveidotie modeļi

Bloku izveidošanā tiek piedāvāti 6 rīki, kuriem ir neierobežotas iespējas. Ar piedāvātajiem komplektiem var izveidot, sākot ar nelielu objektu, un, beidzot ar lauka ainavu, tikai visam ir nepieciešams attiecīgs laiks. *Google blocks* ir pieejams *HTC Vive* un *Oculus Rift*. Līdz ar to lietotni var pa brīvu lejupielādēt *Steam* lietotnē. Šos objektus var veidot jau esot virtuālajā vide, dodot tiem jau reālu izskatu. Protams, vēlāk arī sevis izveidoto objektu var pārdot [29].

1.4.7. Figma

Figma ir lietotāja pieredzes un lietotāja saskarnes rīks, kurš ir pieejams jebkurā tīmekļa platformā. Lai lietotnes veiktspēja būtu ievērojami ātrāka, balstoties uz datora spējām, to arī ir iespēja lietot kā atsevišķu programmatūru datorā. *Figma* lietotnei ir daudz priekšrocības, kuras ļauj lietotājam justies ērti, jo daudzas opcijas un to izvietojums ir izstrādāts, lai lietotājam nebūtu šaubas par lietotnes ērtumu. *Figmā* var ērti rādīt projektu citiem projekta dalībniekiem daudz ātrāk, jo tā automātiski sinhronizējas. Tas nozīmē, ka lietotājs saviem projektiem var

pieklūt no jebkuras platformas vai datora, nepērkot licenci vai neinstalējot atsevišķu programmatūru. Ir pieejami daudz resursu, kuros ir aprakstīts un paskaidrots, kā lietot *Figma*. Paši izstrādātāji jeb oficiālā *Figma* komanda bieži vien dalās ar jaunumiem un pieredzi mājaslapas emuāru sadaļā. Sākumā, lai lietotu *Figma* pamata funkcionalitāti, lietotājam nav nekā jāmaksā, taču, lai varētu dabūt papildus funkcionalitātes no šīs lietotnes, tiek piedāvāti papildus divi komplekti. Pirmajā, starta komplektā lietotājs var iegūt pamata funkcionalitāti bez maksas, taču tur nevar izmantot privāto projektu opcijas un dažādas citas, kas jau vairāk ir domātas profesionālām organizācijām. Otrajā komplektā, kas ir domāts jomas profesionāļiem, nāk papildus dažas funkcionalitātes, kas ļauj lietotājam saglabāt projektus, dalīties ar prototipiem un pieklūt komandas bibliotēkām. Otrā komplekta mēnešmaksa ir 12 dolāri mēnesī. Trešais komplekts ir domāts organizācijām. Salīdzinot ar otro komplektu, trešajā ir pieejams centralizēts lielas komandas konts, iespēja dalīties ar komandu, ļaujot tai rediģēt projekta saturu, vērot kopējo komandas darba efektivitāti, pieslēgt privātus spraudņus, kā arī ir iespēja lietot dažādas citas administratīvās un drošības funkcionalitātes [31].

Figma organizācija arī ir salīdzinājuši savu produktu ar *Sketch*, *AdobeXD* un citām. Salīdzinājumā ar *Sketch* programmatūru, kurai ir nepieciešami dažādas papildus programmatūras, lai nodrošinātu funkcionalitāti, *Figma* ir daudzfunkciju lietotne, kurai nav vajadzīgas papildus programmu instalēšanas. Kā arī *Figma* nav nepieciešamas konkrētas operētājsistēmas, jo lietotne bāzējas tīmeklī, līdz ar to visi dati arī tiek apstrādāti tīmeklī. *Figma* piedāvā produktīvāku kopā strādāšanu, jo ir nepieciešams kopīgot projektu un pārējie var vienkārši tam pieslēgties un to aplūkot, kas nav iespējams ar darba virsmas *Sketch* programmatūru. *Figma* arī atbalsta daudz *Sketch* spraudņus, protams, ja tie ir pieejami *Figma* bibliotēkā [32]. *Adobe XD* un *Figma* salīdzinājums par mākoņpakalpojumu un ātru dalīšanos ir tieši tāds pats kā *Sketch*, jo arī *Adobe XD* nepiedāvā parastam lietotājam šīs iespējas. *Adobe XD* piedāvā lietotājam savu mākoņpakalpojumu, taču tam ir atvēlēts ierobežots izmērs, un lietotājam tas ir jāsinhronizē, izmantojot *CreativeCloud*, taču *Figmā* tas notiek automātiski. Lai gan *Adobe XD* un *Figma* ir līdzīgas, dizaineri ir pamēģinājuši abas un izveidojuši sarakstu ar, apmēram 100 argumentiem kāpēc *Figma* ir labāka par *Adobe XD*. Šajā sarakstā pārsvarā ir detalizēti aprakstīti dažādi sīkumi, jo šīs abas lietotnes ir ļoti līdzīgas, taču *Figma* ļauj lietotājam ērtāk izmantot dažādas funkcionalitātes, kas ir pieejama abām programmām. *Figma* tīmekļa veikspēju nodrošina jaudīgs 2D *WebGL* renderēšanas motors, kas atbalsta lielus dokumentus. Tīmekļa lietotnēm ir pieejami reāllaika atjauninājumi un vienmērīga sadarbība par ko lietotājam nav jāuztraucas [33].

2. DIZAINA IZSTRĀDES POSMI

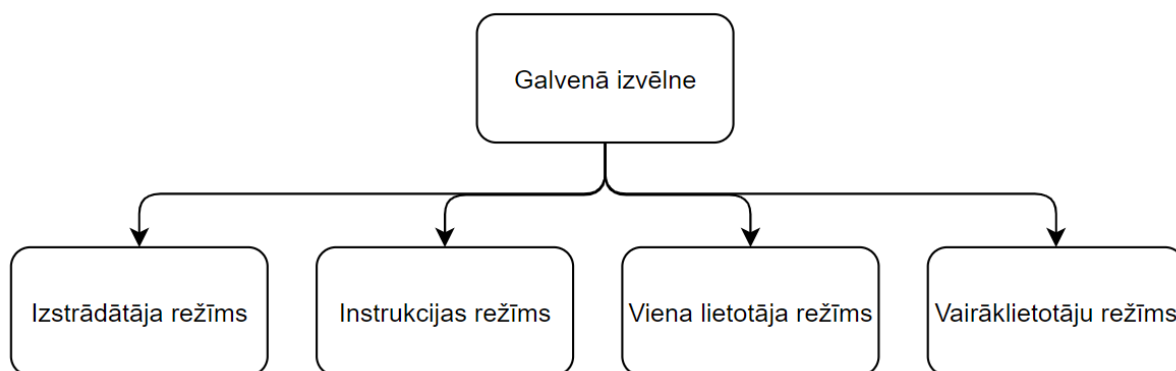
Dizaina izstrāde ir atkarīga no kopējā produkta funkcionalitātes un mērķa. Pirms dizaina izstrādes jāanalizē un jāizprot projekta vajadzības, kuras izvirza projekta pasūtītājs. Krāsām, interakcijām, formām un pārējai vizualizācijai, ko uztver lietotājs, ir jābūt pārdomātai. Izstrādes posmā ir jāietver loģiska darbību secība, ne tikai no izstrādātāju bet arī no visu plānoto lietotāju puses.

2.1. Projekta prasības

Projekta prasības nodēfinē projekta īpašnieks jeb projekta pasūtītājs. Projekta prasības tiek nodēfinētas starp projekta īpašnieku un projekta izpildītāju.

2.1.1. *Vispārējais apraksts*

Projektam “Virtuālās realitātes platforma celtniecības nozares darbinieku drošības apmācībām” jeb “VR SafeScaff” ir nepieciešams izstrādāt pārdomātu dizainu, lai to varētu lietot cilvēki bez iepriekšējas virtuālās realitātes platformas pieredzes. Apmācības platformu lieto gan lietotāji, kuriem vajadzēs iziet apmācības, gan lietotāji, kuri veidos šīs apmācības. Lietotnes krāsām un skatiem ir jābūt viegli uztveramiem, lai lietotājs saprastu, ka viņš atrodas reālā apmācības platformā, taču, lai izvēlētos krāsas būtu pietiekoši nopietnas un neatgādinātu spēli. Jo bieži vien, ja lietotājs izdzird vārdu spēle, tad lietotājs to neuztver nopietni. Lietotnes kopējais izskats ir jāattēlo salīdzinoši vienkārši, lai lietotājam būtu ērta un saprotama pieredze, taču arī jāizveido virtuālās realitātes pieredze, kurā būtu redzami trīsdimensionāli objekti. Apmācības platformas vide un galvenās izvēlnes skati ir jāsaista ar nozares specifiku, lai galvenā izvēlne būtu daļa no lietotnes. Tā kā pirmajā apmācības platformas vides versijā ir plānots īstenot kuģubūves vidi, pēc tās varētu sekot citas vides kā celtniecība, krāsošana, metināšana un citas, tāpēc dizaina elementiem ir jābūt unikāliem, bet tajā pašā brīdī saistošiem arī ar nākotnē plānojamām vidēm. Apmācības platformas galvenie darbības virzieni būs tādi kā – izstrādātāja režīms, instrukcijas režīms, viena lietotāja režīms un vairāklietotāju režīms (sk. 2.1. att.).



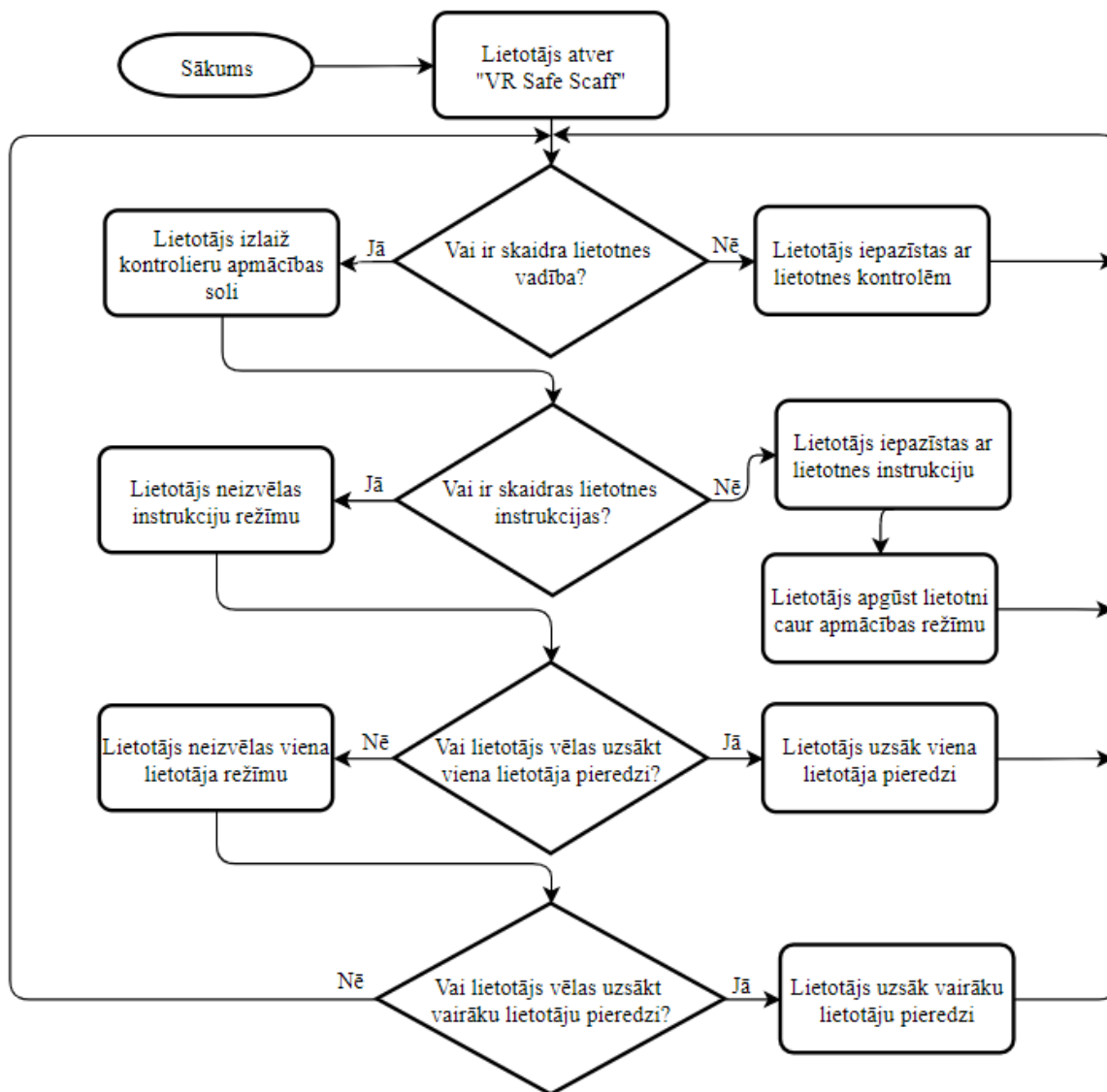
2.1. att. "VR SafeScaff" galvenie darbības skati

Izstrādātāja režīmā lietotājs var izveidot stalažu salikšanas scenārijus, kurus vēlāk varēs izmantot viena un vairāklietotāju režīmos. Šis režīms var arī nebūt aktivizēts dažādās apmācības programmatūras versijās. Instrukcijas režīmā lietotājam tiek izskaidrota katra darbība, lai citos režīmos lietotājs saprot kā pārvaldīt kontrolierus. Instrukciju režīms ir kā papildu iespēja lietotājam uzzināt instrukcijas par kontrolieriem, un par apmācības platformu kopumā. Protams, šo instrukcijas režīmu lietotājs var izmantot vairākas reizes. Kā arī pieredzējuši, lietotāji var izlaist instrukciju režīmu. Viena lietotāja režīmā lietotājs iziet konkrēto apmācību scenāriju, pēc kura lietotājs saņem atgriezenisko saiti par veikto darbu un kopējo rezultātu. Vairāklietotāju režīmā ir iespēja kļūt vai nu par stalažu montētāju, vai par galveno uzraugu. Galvenajam uzraugam ir jābūt iespējai nokonfigurēt vairāklietotāju režīma scenāriju atbilstoši vajadzībām. Apmācības platformas galvenais mērķis ir iemācīt lietotājus sekot līdzi visiem drošības noteikumiem, lai izvairītos no nelaimes gadījumiem, kas notiek celtniecības nozarēs. Galvenajai izvēlei un pirmajam iespaidam, atverot apmācību platformu, ir jābūt ar 3D efektu.

2.1.2. Produkta perspektīva

"VR SafeScaff" lietotnes sistēma ir pilnībā neatkarīga, taču dizaina prototips ir atkarīgs no lietotnes vajadzībām un kopējās funkcionalitātes. Lietotni var lietot apmācības nolūkā, lai apmācības instruktors varētu izveidot jaunus scenārijus, kā arī lietotāju drošības apmācībām. Šo lietošanas perspektīvu ir vērts sadalīt divās daļās, lai redzētu lietotnes darbību no abu lietotāju darbības plūsmām. No lietotāja puses, kurš apgūs drošas "VR SafeScaff" praktiskās drošības iemaņas, to var sadalīt pa trijiem moduļiem – instrukcijas režīma modulis, viena lietotāja režīma modulis un vairāklietotāju režīma modulis. Pēc katra moduļa lietotājam ir iespēja atgriezties galvenajā izvēlē, kur arī lietotājs var veikt nākamo izvēli. Lietotāja apmācību plūsmas diagrammu (sk. 2.2. att.). Savukārt no lietotāja puses, kurš izstrādās jaunus scenārijus,

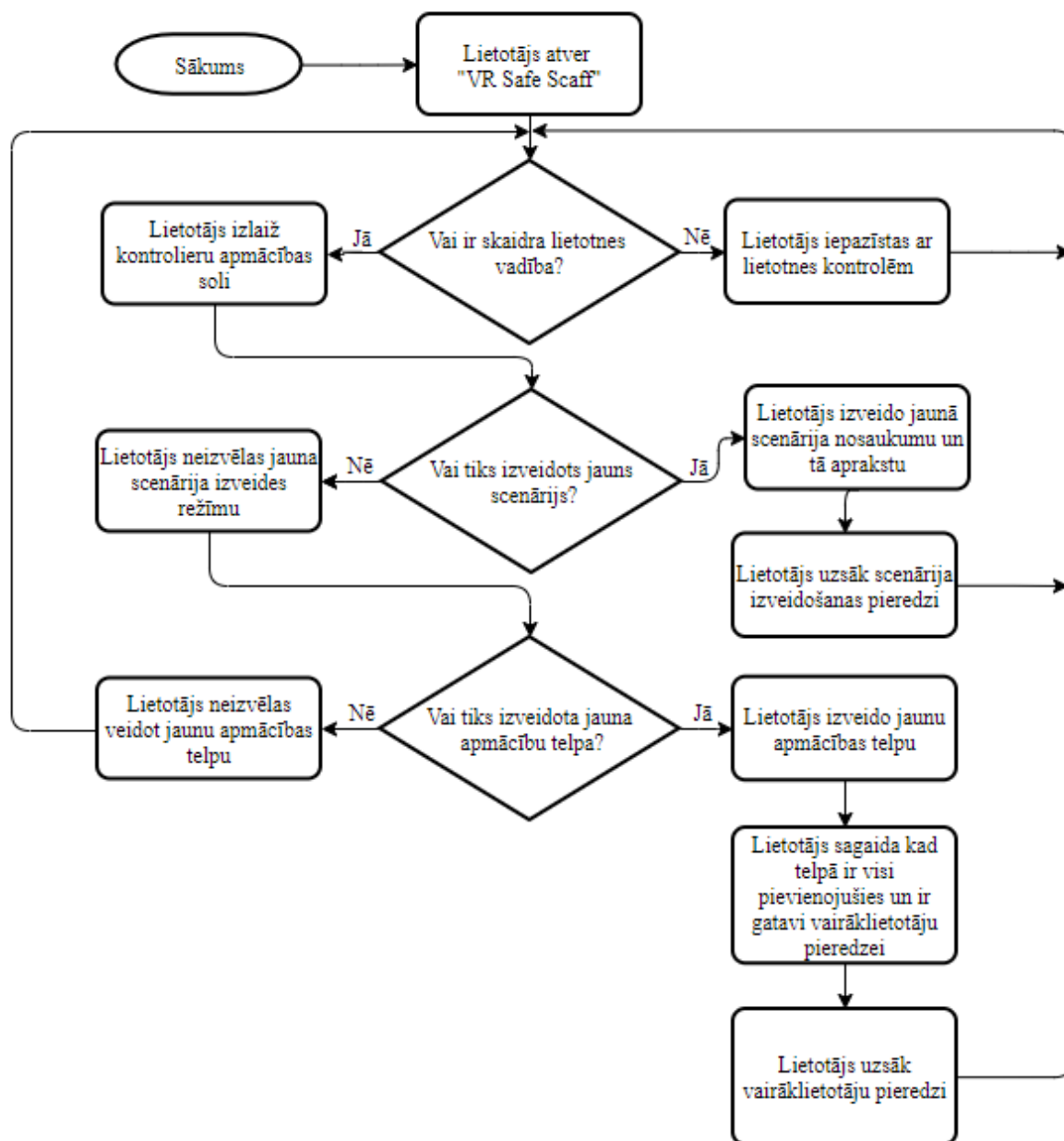
kā arī izveidos apmācības istabas vairāklietotāju režīmam, ir divi moduļi – jaunu scenāriju pievienošanas modulis un istabu izveidošanas modulis. Šī lietotāja plūsmu var aplūkot 2.3. attēlā.



2.2. att. Lietotāju apmācības plūsmas diagramma

Lietotāja pieredze sākas ar “VR SafeScaff” lietotnes palaišanu, kur arī lietotājs, veicot savu izvēli, nonāk pie konkrētajiem procesiem. Beidzot katru procesu, lietotājs nonāk atpakaļ pie galvenās izvēlnes, kur arī var veikt nākamo procesu.

Salīdzinājumā ar lietotāja apmācības plūsmas diagrammu, lietotāja scenārija un telpu izveidošanā galvenais mērķis ir izveidot apmācības saturu un telpas, lai lietotājs varētu mācīties. Lietotāja scenārija un telpu izveidošanas plūsmu (sk. 2.3. att.). Tā kā sistēmu var lietot 2 lietotāji ar dažādām lomām. Attiecībā no lietotāja lomas un mērķa ir attēlotas divu variantu lietotāju apmācības plūsmas.



2.3. att. Lietotāja scenārija un telpu izveides plūsma

Lietotāja scenārija un telpu izveides plūsmā var aplūkot instruktora darbības lietotnē. Šī plūsmas galvenā ideja ir jaunu telpu izveidošana, kā arī jaunu scenāriju izveide. Pēc katra procesa izpildīšanās, lietotājs atgriežas galvenajā izvēlnē un var izvēlēties citas darbības.

2.1.3. Produkta funkcijas

Tā kā lietotāji var būt ar dažādu virtuālās realitātes pieredzi, tad kontrolieru vadības pamācība tiek parādīta abām lietotāja lomām. Pie šīs funkcionalitātes parādīšanās, lietotājam ir iespēja šo funkcionalitāti atstāt visas pieredzes laikā, līdz ar to lietotājam tiks rādīti vairāki

informatīvi teksti. Lietotājam ir arī iespēja atteikties no papildus informatīvas palīdzības. Tik līdz lietotājs atsakās no kontrolieru lietošanas informatīvās attēlošanas, lietotājam netiks rādīti papildus lietošanas instrukcija. Kontrolieru lietošanas instrukcija tiek rādīta līdz brīdim, kad tā tiek izslēgta iestatījumos. Pretēji, tā tiek rādīta pēc procesu pabeigšanas un atgriešanās galvenajā izvēlnē. Gadījumā, ja lietotājs, kāda procesa izpildes laikā, iedod savas virtuālās realitātes brilles citam lietotājam, nākamajam lietotājam arī ir iespēja apgūt kontrolieru lietošanu. Tāpēc šī pamācība vienmēr būs pieejama, ja to neizslēdz apmācības platformas iestatījumos.

Jauna scenārija izveidošanā galvenā funkcionalitāte ir saglabāt izveidotā scenārija nosaukumu un aprakstu, pēc kā lietotājs var virtuālajā vidē sagatavot nepieciešamos apmācības elementus un sakārtot to secību, atkarībā pēc plānotā scenārija.

Kā galvenās konfigurācijas jaunas virtuālās apmācības telpas pievienošanā, būtu iespēja instruktoram pievienot maksimālo lietotāju skaitu virtuālajā telpā, sākot no diviem apmācības lietotājiem. Instruktoram ir iespēja izvēlēties kādu no esošajiem scenārijiem, atlasot tos pēc scenārija nosaukuma. Telpas identificēšanai arī ir nepieciešams norādīt tās nosaukumu. Kad telpa ir izveidota, instruktors gaida, kad telpai pievienosies apmācības lietotāji. Instruktoram ir jāredz, ka visi lietotāji, kuri ir pievienojušies istabai, ir gatavi virtuālās apmācības pieredzei. Tikai instruktoram ir iespēja palaist apmācības pieredzi.

Instrukcijas režīma galvenā funkcionalitāte ir parādīt lietotājam konkrētas darbības, lai lietotājam ir skaidrs lietotnes galvenais mērķis. Apmācības režīmā, lietotājam soli pa solim tiek parādītas darbības, kuras būs līdzīgas viena un vairāklietotāju pieredzē.

Pirms viena lietotāja pieredzes uzsākšanas, lietotājam ir iespēja aplūkot iepriekš izveidotus scenārijus. Izlasot to darbības aprakstu, lietotājs izvēlas sev piemēroto. Pēc pieredzes pabeigšanas lietotājam tiek parādīti lietotāja sasniegumi un kļūdas.

Pirms vairāklietotāju pieredzes uzsākšanas, lietotājs ieraksta savu identifikatoru vai vārdu, pēc kā lietotājs var pievienoties kāda instruktora istabai. Istabas tiek attēlotas sarakstā ar istabas nosaukumu, scenārija nosaukumu, lietotāju maksimālo skaitu un istabā esošo apmācības lietotāju skaitu. Katram apmācības lietotājam ir jāpaziņo instruktoram par savu gatavību.

2.1.4. Lietotāju raksturiezīmes

Apmācības platformai ir divas lietotāju lomas, līdz ar to tika izveidotas divas lietotāju plūsmas. Instruktors – lietotājs, kurš var izveidot jaunus scenārijus un izveidot istabas. Apmācības lietotājs – lietotājs, kurš apgūst zināšanas instruktora izveidotajos scenārijos.

2.1.5. Vispārējie ierobežojumi

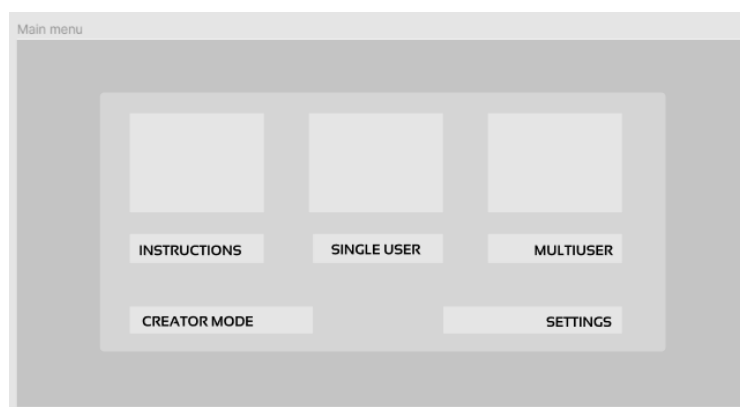
Projektam “VR SafeScaff” ir jāsakrīt ar klienta prasībām, kas ierobežo dažādas dizaina izvēles. Tā kā lietotāji būs cilvēki, kuriem nav bieža pieredze ar virtuālo realitāti, dizaina elementi un dažādu opciju stili arī ir jāatvieglo, lai lietotājs tajās neapjūk.

2.1.6. Pieņēmumi un atkarības

Lietotājam ir nepieciešamas virtuālās realitātes brilles un “VR SafeScaff” programmatūra. Ja lietotājam ir instalēta programmatūra, un, lai lietotājs varētu iegūt apmācības platformas zināšanas viens, viņam nav nepieciešams interneta pieslēgums. Vairāklietotāju režīmā lietotājam ir jābūt interneta pieslēgumam, lai lietotāji varētu savā starpā komunicēt un lietotāju interakcijas notiktu reālajā laikā bez atpalikšanas. Lietotājam ir jāizmanto “VR SafeScaff” programmatūras jaunākā versija.

2.2. Prototips

Balstoties uz iepriekš salīdzinātajām dizaina izstrādes programmatūra, tika izvēlēts vizuālās izstrādes rīks *Figma*, kurā var radīt lietotāja pieredzes un lietotāja saskarnes saturu. Tika izveidoti vairāki prototipi, kas bija uzlaboti un pielāgoti apmācību platformas loģikai. Sākumā tika izstrādāti atsevišķi izvēlnes logi. Prototipa izstrādes laikā svarīgi ir saprast galveno lietotāju plūsmu, lai attiecīgi varētu saplānot nākamās skatus un interakcijas starp tām.

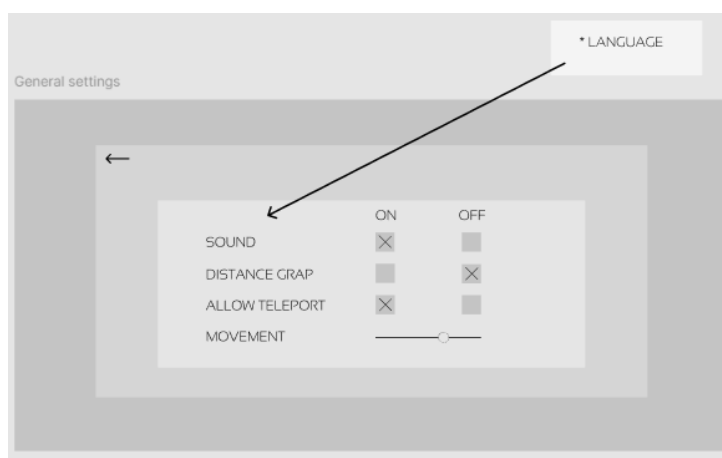


2.4. att. Galvenā izvēlne

Tika izveidota galvenā izvēlne (sk. 2.4 att.). Šajā skatā pirmie tukšie kvadrāti ir domāti vizualizētām animācijām, uz kurām lietotājs, uzbīdot lāzeri, varēs saņemt vizuālo atgriezenisko saiti. Zemāk, šajā skatā, vienā līnijā tiek sakārtotas trīs pogas – instrukcijas, viena lietotāja un

vairāklietotāju režīms. Šīs pogas ir novietotas konkrētā secībā ar domu, ka pašā pieredzes sākumā lietotājs sāk ar instrukciju, tad tas turpina ar viena vai vairāklietotāju režīmiem. Apakšā ir novietotas izstrādātāja režīma poga kreisajā malā un iestatījumu poga labajā pusē. Tā kā pie sākotnējām prasībām bija minēts, ka izstrādātāja režīma iespēja dažreiz var būt arī izslēgta, atkarībā no apmācības programmatūras versijas. Prasība tika ievērota, un, lai tā krasi nemainītu kopējo galvenās izvēlnes izskatu, izstrādātāja režīma poga tiek novietota kreisajā malā.

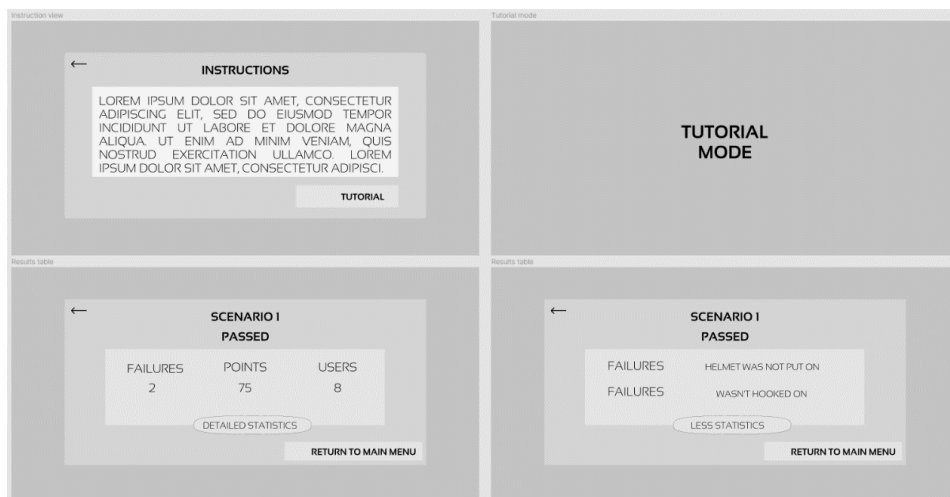
Galvenajos lietotnes iestatījumos kurā lietotājs varēs pielāgot dažādas lietotāja vajadzības, kā piemēram ieslēgt vai izslēgt skaņu, atļaut teleporta funkciju vai to izslēgt, nomainīt valodu, kontrolēt kustības ātrumu un citus (sk. 2.5. att.).



2.5. att. Galvenie lietotnes iestatījumi

Lietotnes pirmajā izstrādes posmā nav plānots vairāk par četriem prototipā jau esošajiem elementiem. Kā arī iestatījumu ieslēgšana vai izslēgšana varētu diezgan primitīva.

Instrukciju skatā lietotājam būs iespēja izlasīt, kam ir paredzēta šī apmācības platforma, (sk. 2.6. att.).



2.6. att. Lietotāja instrukcija un rezultāts

Lietotājs varēs uzzināt nepieciešamo informāciju, pēc kā varēs turpināt instrukcijas režīmu vai atgriezties atpakaļ uz galveno izvēlni. Pēc instrukcijas režīma iziešanas lietotājam tiek dota atgriezeniskā saite ar iegūtajiem punktiem, kas ir otrajā ceturtajā rindā. Pēc statistikas aplūkošanas, lietotājs atgriežas galvenajā izvēlnē.

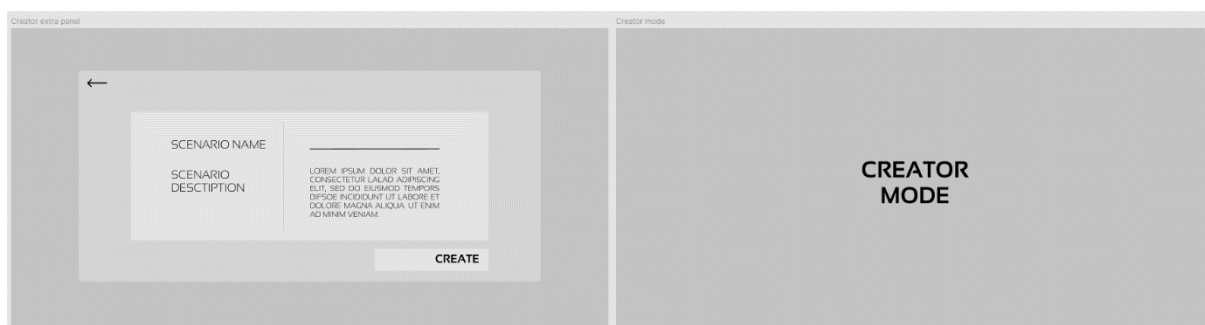
Ja lietotājs ir izvēlējis viena lietotāja režīmu, atveras skats ar jau esošajiem scenārijiem, (sk. 2.7. att.).



2.7. att. Viena lietotāja režīms

Kad lietotājs izvēlas scenāriju, labajā pusē parādās neliels šī scenārija apraksts otrās kolonnas trešajā rindā. Šajā skatā lietotājs var arī uzspiest uz katra scenārija un izlasīt tam aprakstu, tādā veidā izvēloties sev atbilstošu. Kad scenārijs izvēlēts, lietotājs, nospiežot “START” pogu, nonāk viena lietotāja režīmā, kas attēlots otrās kolonnas ceturtajā rindā. Līdzīgi kā pēc instrukcijas režīma izpildes arī šeit, pēc scenārija izpildes, lietotājs saņem rezultātu ar iegūtajiem punktiem un šajā gadījumā arī tiek parādītas kļūdas, ja tādas ir. Piemēram, lietotājs apmācības scenārija laikā nebija uzvilcis ķiveri. Pēc rezultāta aplūkošanas lietotājs ir atgriezies galvenajā izvēlnē.

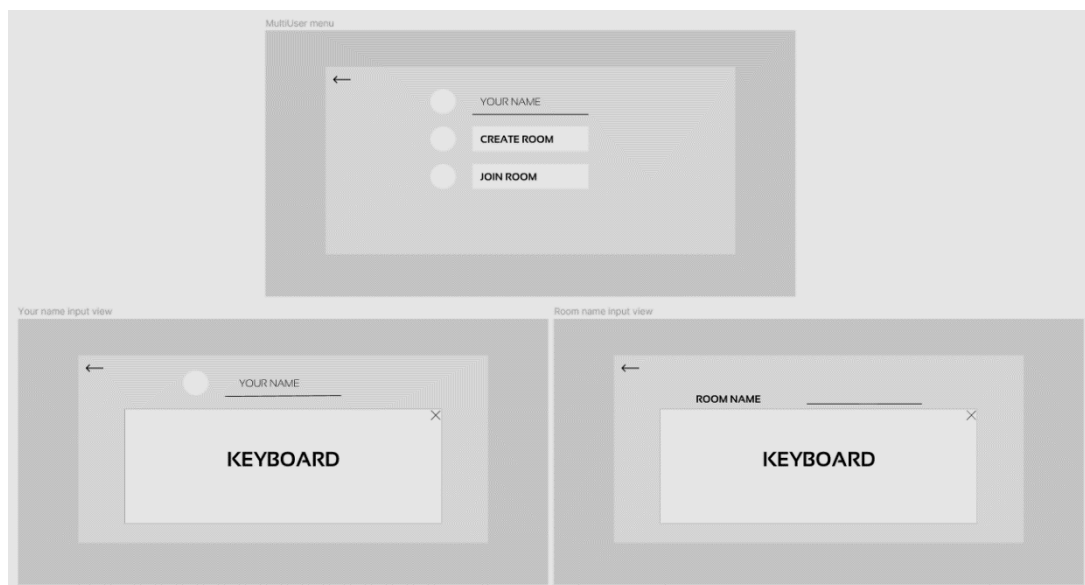
Galvenajā izvēlnē nospiežot izstrādātāja režīmu, lietotājam ir iespēja sagatavot apmācību scenāriju (sk. 2.8. att.).



2.8. att. Izstrādātāja režīms

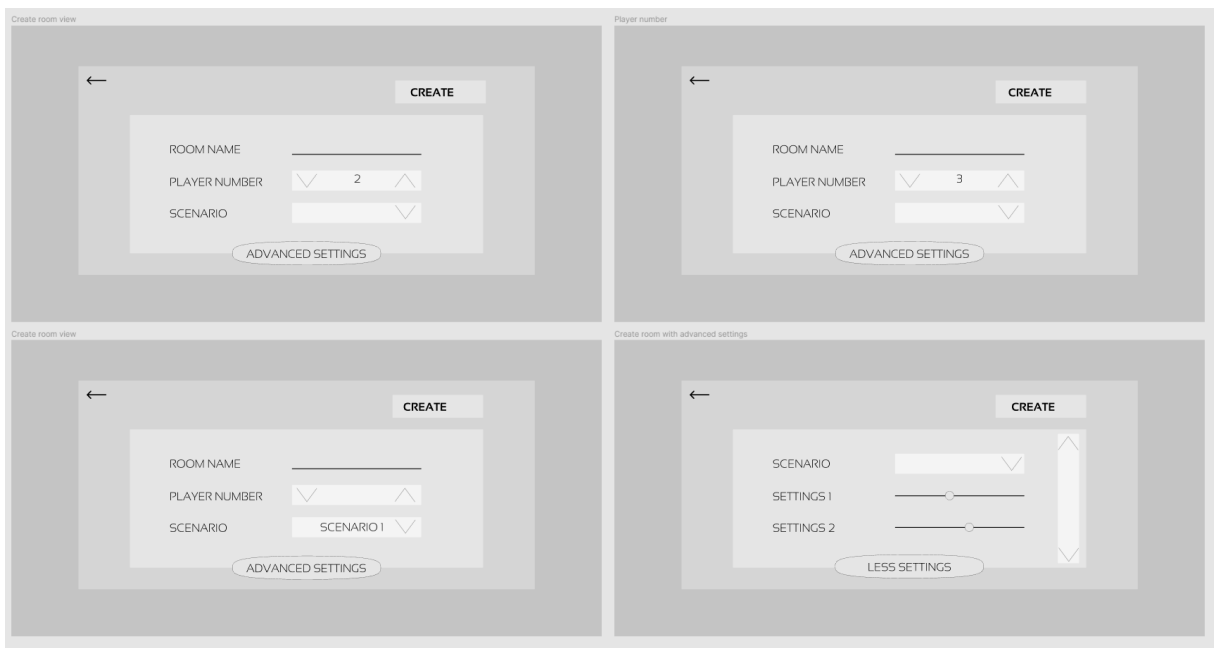
Lietotājam atveras izstrādātāja režīma papildu panelis, kurā lietotājs var ievadīt scenārija nosaukumu un tā nelielu aprakstu, pēc kā, nospiežot pogu izveidot, lietotājs nonāk izstrādātāja režīmā. Šajā režīmā lietotājam ir iespēja izveidot konkrētu stalažu novietoju, izvēlēties kādu stalažu tipu vajadzēs būvēt konkrētajā scenārijā kā arī izvēlēties būvniecības vidi.

Apmācības platformu arī varēs lietot grupā sākot no diviem cilvēkiem, neieskaitot būvuzraugu jeb instruktoru. Galvenajā izvēlnē, izvēloties daudz spēlētāju režīmu, lietotājam atveras vairāklietotāju izvēlne (sk. 2.9. att.).



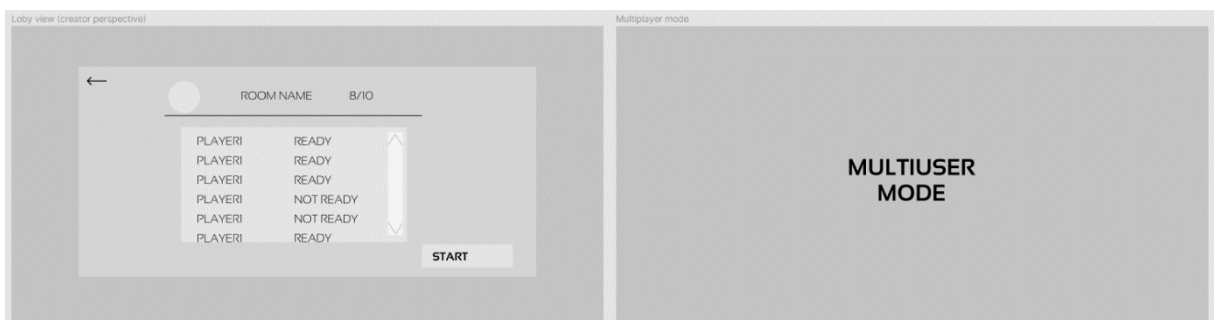
2.9. att. Vairāklietotāju izvēlne

Šajā skatā lietotājam ir jāieraksta atpazīstamības segvārds vai savs vārds. Uzspiežot uz teksta ievades lauka, lietotājam parādās klaviatūras logs, skatīt otrās rindas pirmo skatu. Pēc vārda uzrakstīšanas lietotājam ir divas iespējas izveidot istabu vai pievienoties jau esošajām. Blakus esošie tukšie aplīši norāda uz vietu kādai atbilstošai ikonai vai animācijai, kura varētu tikt pievienota šim skatam. Uzspiežot “Izveidot istabu”, lietotājs kļūst par būvuzraugu, līdz ar to viņam ir jāievada istabas nosaukums. Istabas nosaukuma ievadīšana notiek līdzīgi kā lietotāja segvārda ievadīšana, tāpēc šis skats tika pievienots kopā ar “Vairāklietotāju izvēlnes” skatiem. Bez istabas nosaukuma būvuzraugam jeb instruktoram ir jāievada apmācības dalībnieku skaits, jāizvēlas scenārijs, kā arī var pievienot citus svarīgus papildu iestatījumus, (sk. 2.10 att.).



2.10. att. Istabas izveidošanas iestatījumi

Kad būvuzraugs ir ievadījis visus nepieciešamos parametrus, viņš var nospiegt pogu izveidot. Būvuzraugs nonāk uzgaidāmās izvēlnes skatā, kurā redz parastos lietotājus, kuri ir pieslēgušies konkrētai apmācības istabai (sk.2.11. att.).



2.11. att. Lietotāju pievienošanās skats, būvuzrauga perspektīvā

Kad ir savākts nepieciešamais gatavo lietotāju skaits, būvuzraugs var nospiegt “*START*” pogu. Būvuzraugs un visi lietotāji nonāk vairāklietotāju režīmā, kurā viens ar otru var komunicēt, uzdot nepieciešamos jautājumus vai ieteikumus, kā arī veikt uzstādītos uzdevumus. Līdzīgi kā iepriekš aplūkotajās instrukcijas un viena lietotāja skatos, arī šīs apmācības beigās būvuzraugs redz visu lietotāju statistiku, kā arī visi atgriežas galvenajā izvēlnē.

No apmācāmā lietotāja puses, kurš neizvēlas izveidot istabu, bet gan pievienoties jau esošajai istabai, tiek atvērts pieejamo istabu skats, kurā lietotājs redz istabas nosaukumu kā arī spēlētāju skaitu, cik ir pievienojušies un cik kopā ir nepieciešams (sk. 2.12. att.).



2.12. att. Lietotāju pievienošanās skats, mācekļa perspektīvā

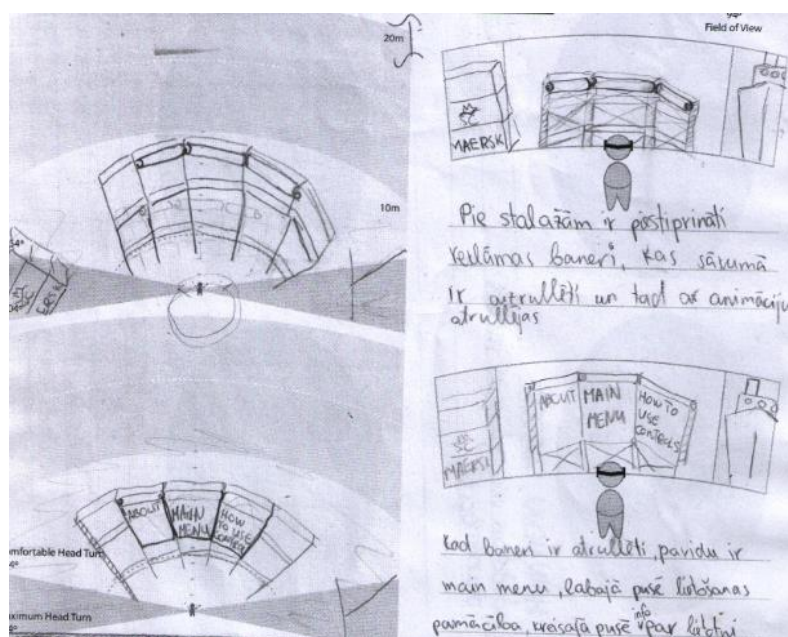
Lietotājam uzspiežot uz konkrētās istabas, tiek atvērta uzgaidāmās izvēlnes skats. Līdzīgs kā būvuzraugam, taču “*START*” pogas vietā, lietotājam ir poga ar nosaukumu “*GATAVS*”, ko var redzēt otrās kolonnas ceturtajā rindā. Nospiežot šo pogu, lietotāja gatavība lietotāju sarakstā nomainās no “nav gatavs” uz “gatavs”, “*GATAVS*” poga paliek neaktīva, un tās teksts nomainās uz “*GAIDIET SĀKUMU*”. Kad visi lietotāji ir gatavi, būvuzraugam nospiežot pogu “*START*”, lietotājiem sākas vairāklietotāju pieredze, kurā viņiem, ievērojot drošības noteikumus, ir jāuzbūvē stalažas. Pēc izietas apmācības katram lietotājam parādās statistika par izpildītiem uzdevumiem. (Prototipa pilnais attēls ar skatu relācijām 1. pielikumā)

Pēc prototipa izstrādes un apstiprināšanas ar produkta īpašnieku, seko dizaina izpēte un salīdzināšana ar jau esošajiem produktiem. Bieži vien jau esošajos variantos var smelties idejas vai konceptus, it īpaši, ja nav iepriekšējās pieredzes. Lai saprastu virtuālās realitātes funkcionalitāti, ir nepieciešams ne tikai lasīt par to, bet arī piedzīvot šos dažādos risinājumus. Tādā veidā salīdzināt un atlasīt dažādus pieredzes elementus un funkcijas. Pirms dizaina izveides tika aplūkoti dažādi virtuālās realitātes risinājumi, skatīt 2. pielikumu. Tika apskatīti dažādi risinājumi kā – *Beat Saber*, *Arizona Sunshine*, *Boneworks*, *Alyx*, *RecRoom*, *The walking dead Saints & Sinners*, *Bridge Crew* un *Ragnarock*. Konkrētie risinājumi tika izvēlēti, jo tie ir pēdējo gadu populārākie un apspriestākie virtuālās realitātes risinājumi. Sākumā, kad tika runāts par projekta vienkāršību, tika pieminēts *Beat Saber* risinājums, kas ir izstrādāts minimālistiskā stilā ar dažām galvenajām krāsām – sarkans, zils un balts. *Beat Saber* risinājumā, kā kontrolieri tiek izmantoti lāzēri ar zilu un sarkanu gaismas staru, kas palīdz lietotājam nepārprotami notēmēt uz vajadzīgajiem elementiem, jo lietotāja uzmanība tiek koncentrēta ar

sarkano un zilo krāsām [16][21]. *Bridge crew* lietoājam nav rokās lāzeru, dodot iespēju visas pogas nospiegt ar virtuālajām rokām, tomēr šāds risinājums neliekas līdz galam ērts, jo nav realitātes sajūtas [15]. Nospiežot pogu, lietotājam ir jāsajūt klātbūtnes efekts, kas ir viens elements no virtuālās realitātes visaptverošā lietotāja pieredzes modeļa [8]. Efektīga funkcija, kuru varētu lietot lietotāja pieredzes uzlabošanā, būtu teksta audio atskaņošana. Gadījumā, kad lietotājam pēkšņi parādās kāds uzdevums, kurš tiek atskaņots audio vai tiek parādīts tekstā, ir labāk, kad informācija tiek uztverta abos veidos, jo uztvere katram atšķiras [18]. Kāds uztver vizuāli, kāds sajūtot, bet kādam ir vieglāk uztvert informāciju, to sadzirdot. *Arizona Sunshine* un *The walking dead Saints & Sinners* šī informācija tiek nodota lietotājam gan vizuāli, teksta veidā, gan atskaņojot. Kā labs paraugs no *Alyx*, *Beat Saber*, *Boneworks* un *The walking dead Saints & Sinners*, lietotājam tiek parādītas vai animācijas, vai skaidrojošas ikonas, vai paskaidrojošs un pamācošs teksts, no kuriem lietotājs var saprast turpmākās darbības. Kā arī nepieredzējušam lietotājam tiek parādīta pieredzes kontrolieru pārvaldīšanas pamācība, ne tikai virtuālās realitātes pieredzes sākumā, bet arī piedzīvojot pieredzes pirmo pamācošo jeb instrukcijas epizodi. Šāda funkcionalitāte palīdz iepazīt nepieredzējušam lietotājam spēles kontroles un dod iespēju pierast pie spēlē notiekošām darbībām. Tādu funkcionalitāti var ietvert virtuālajā vidē, ar atsevišķu iespēju to atslēgt, jo pieredzējušiem lietotājiem šī funkcionalitāte varētu traucēt izbaudīt virtuālās realitātes risinājumu. Auguma iestatīšanas funkcionalitāte ir pieejama ne visās virtuālajās pieredzēs, bet taču tās pieejamība arī pamaina kopējo VR pieredzi. Ieslēdzot un uzvelkot virtuālās realitātes brilles, tās sensori sinhronizējas atkarībā no virtuālās realitātes brillēm, bet tas lietotājam jāizdara pirms virtuālās pieredzes uzsākšanas. *Arizona Sunshine* un *Boneworks* aplūkotajās virtuālajās pieredzēs, lietotājam ir iespēja uzstādīt savu augumu, virtuālās pieredzes laikā. Auguma atšķirība ir jūtama, ja pirms tam virtuālās brilles ir lietojis kāds ar 30cm auguma atšķirību, dodot lietotājam neatbilstošu augstuma attēlojumu, līdz ar to var rasties nepatīkamas virtuālās pieredzes sekas [8]. Dažās virtuālajās pieredzēs, kurās ir iespēja piedalīties vairākiem lietotājiem reizē jeb vairāklietotāju pieredzē, lietotājam ir iespēja sarunāties ar citiem lietotājiem, kuri lieto konkrēto pieredzi tiešsaistē. No apskatītajām virtuālās realitātes pieredzēm šāda funkcionalitāte tika novērota *RecRoom* virtuālajā pieredzē. Tā kā “VR SafeScaff” projektam arī ir plānots vairāklietotāju režīms, tad tika pievērsta uzmanība arī šādai funkcionalitātei. *RecRoom* tiešsaistes pieredzes lietotājiem ir iespēja sarunāties vienam ar otru, jo pārsvarā, virtuālās realitātes brillēm ir ne tikai skaļruņi, bet arī mikrofoni. Kā arī lietotāji varēja atpazīt viens otru ne tikai pēc atsevišķi izveidota virtuālā lietotāja imidža, bet arī pēc skaidri redzamiem lietotāja segvārdiem, kuri tiek attēloti katram virtuālam lietotājam virs galvas.

Projekta izstrādātājiem un projekta īpašniekam tika parādīti un kopā tika apspriesti 2. pielikumā attēlotie ekrānuzņēmumi no dažādām virtuālās realitātes pieredzēm. Dažas funkcionalitātes kā informācijas parādīšana un atskaņošana vienlaicīgi [18], informācijas attēlošana nepieredzējušam lietotājam, lāzera tēmēšana un citas izrunātās funkcionalitātes tika pieņemtas izstrādei. Kā arī, izrunājot “VR SafeScaff” galvenās izvēlnes izskatu, par piemēru tika paņemts *Boneworks* koncepts, kurā galvenā izvēlne tika piesaistīta un tika attēlota uz ventilācijas lūkas. Tā kā “VR SafeScaff” izskata galvenā doma ir nepiesātināt virtuālo pieredzi ar dažādām krāsām, dažādām animācijām un dažādu funkcionalitāti, jo mērķis ir pietuvināt šo apmācības platformu arvien tuvāk realitātei, šāds risinājums tika uzskatīts par pieņemamu projekta izstrādei.

Domājot par kopējo fonu un izvēlnes integrēšanu tajā, tika izstrādāti trīs varianti. Kā pirmais koncepta variants tika piedāvāts skats, kurā tiek attēlotas stalažas (sk. 2.13. att.). Ieslēdzot virtuālo pieredzi, lietotājs redz stalažas un trīs sarullētus plakātus, kuri ar animāciju nolaižas jeb atrullējas. Uz plakātiem tiek attēlota galvenā izvēlne. Viens no izvēlnes attēlošanas variantiem būtu līdzīgi kā *Alyx* virtuālajā pieredzē. Katrs nākošais izvēlnes logs tiek attēlots nākamajā plakātā pa labi, savukārt, ja lietotājs vēlas nonākt kādā no iepriekšējiem izvēlnes skatiem, nepieciešams nospiegt pogu “atpakaļ”, lietotājam atgriežoties iepriekšējā skatā pa kreisi. Otrs šī koncepta attēlošanas variants būtu koncentrēts uz vidū atrodošos plakātu. Vidū esošais plakāts kalpo kā galvenā izvēlne, taču malās esoši plakāti kalpo kā papildu informācija. Pa kreisi esošais plakāts attēlo informāciju par virtuālo pieredzi, bet pa labi esošajā plakātā tiek attēlota lietošanas pamācība.



2.13. att. Pirmā galvenās izvēlnes koncepta skice

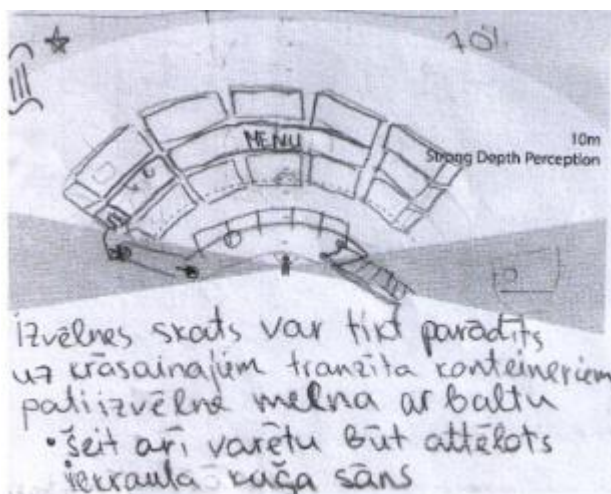
Otrajā galvenās izvēlnes konceptā kā galvenās izvēlnes objekts tiek izvēlēts kāds objekts, kurš atrodas būvlaukumā. Tā var būt ventilācijas šahta, būvgružu konteiners, ceļamkrāns, kuram galā ir plakāts ar animāciju un dažādi citi statistiski objekti (sk. 2.14 att.). Lai atdzīvinātu kopējo skatu fonā var attēlot dažādas animācijas, kuras ir saistītas ar konkrēto tematiku. Piemēram, tas var būt kāds traktors, kurš brauc fonā, vai cilvēki, kuri strādā, vai kāda konkrēta darbība. Sasaldēta fona efekts var neradīt lietotājam iegremdēšanās efektu, jo fons būs pārāk statisks [8].



2.14. att. Otrā galvenās izvēlnes koncepta skice

Otrā koncepta skicē lietotājs, līdzīgi kā *Boneworks* virtuālajā pieredzē redz vienu statistisku objektu, uz kura ir attēlots izvēlnes logs. Fons ir atbilstošs virtuālās pieredzes tematikai – kuģubūve, bet, tā kā šī tematika mainīsies līdz ar versijām un programmatūras uzlabojumiem, tematikas klāsts būs jāpaplašina. Izvēlētajam izvēlnes objektiem ir jābūt universāliem visās tematikās.

Skatoties uz “VR SafeScaff” ne tikai pirmo versiju, kurā tiks attēlota kuģubūve, bet arī plānotajiem celtniecības, restaurācijas, metināšanas, krāsošanas un citām vidēm, kā viens no kopīgajiem elementiem visās vidēs ir konteineri. Pirmajā šīs apmācības platformas plānotajā versijā, kura tiks attēlota ostā vai kuģubūvē, tiek piedāvāts risinājums, kas varētu būt universāls visām iepriekš minētajām vidēm. Otrajā konceptā tiek izmantots konteiners kā fons galvenajai izvēlnei (sk. 2.15. att.).



2.15. att. Trešā galvenās izvēlnes koncepta skice

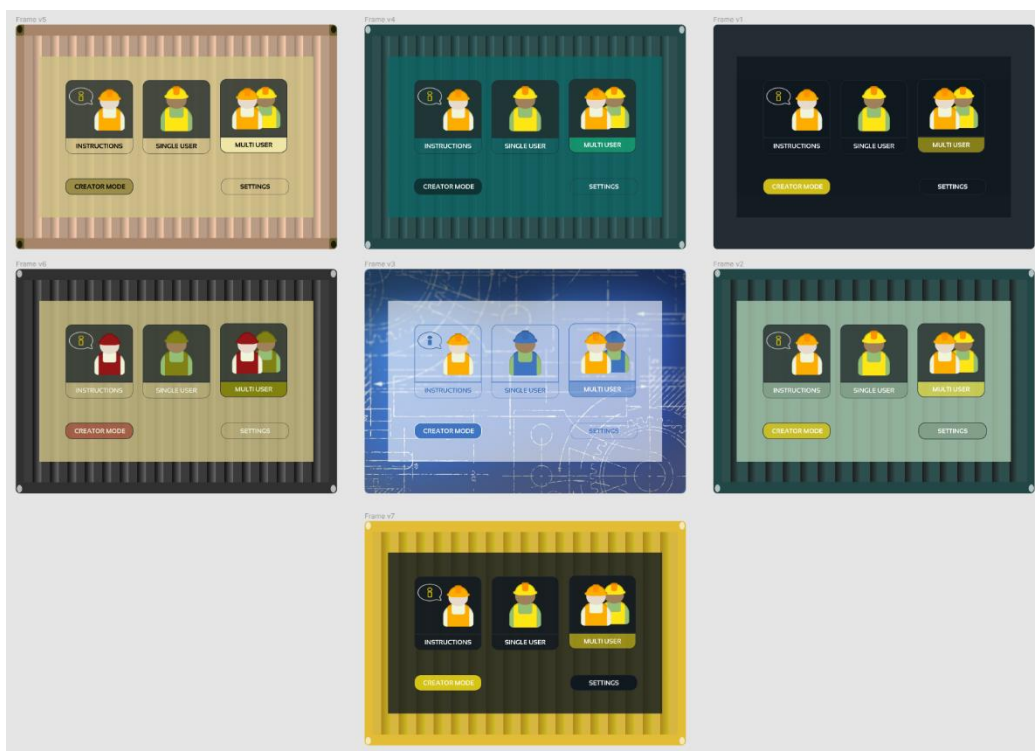
Trešajā skices konceptā tiek attēlota galvenā izvēlne uz konteineru fona. Šajā konceptā izvēlnes logu pēc krāsām var pielāgot dažādu, jo arī konteineri ir pieejami dažādās raibās krāsās, tāpēc arī vieglāk piemeklēt dizaina variācijas. Lietotājam, ieslēdzot virtuālās realitātes pieredzi, priekšā parādās pamācības logs, ko pieredzējis lietotājs var izlaist, bet nepieredzējušais lietotājs var aplūkot galvenās kontroles, kuras lietotājam būs nepieciešamas, lai uzsāktu pieredzi. Pēc pamācības apgūšanas, lietotājs redz galveno izvēlnes skatu. Galvenās izvēlnes skatā ir attēloti konteineri, kuri ir sakrauti viens uz otra. Uz viena no konteineriem parādās galvenās izvēlnes skats, kur arī notiek galvenās izvēlnes darbības. Fonā var notikt dažādas darbības, kuras lietotājam rada realitātes iespaidu.

2.3. Dizaina izstrāde

Strādājot komandā, prototipu izstrāde palīdz saprast aptuveno domu. Pēc koncepta izvēles, tiek izstrādāts dizains. Sākumā var koncentrēties uz krāsu kombinācijām, skatiem, interakcijām un formām.

2.3.1. Krāsas

Kā izvēlnes loga fons tika izvēlēts konteiners, kurš var būt jebkurā krāsā. Izvēloties dažādas krāsu kombinācijas ērtāk izmantot krāsu saderības algoritmus vai jau gatavās krāsu dizaina komplektācijas (sk. 2.16. att.) [20].

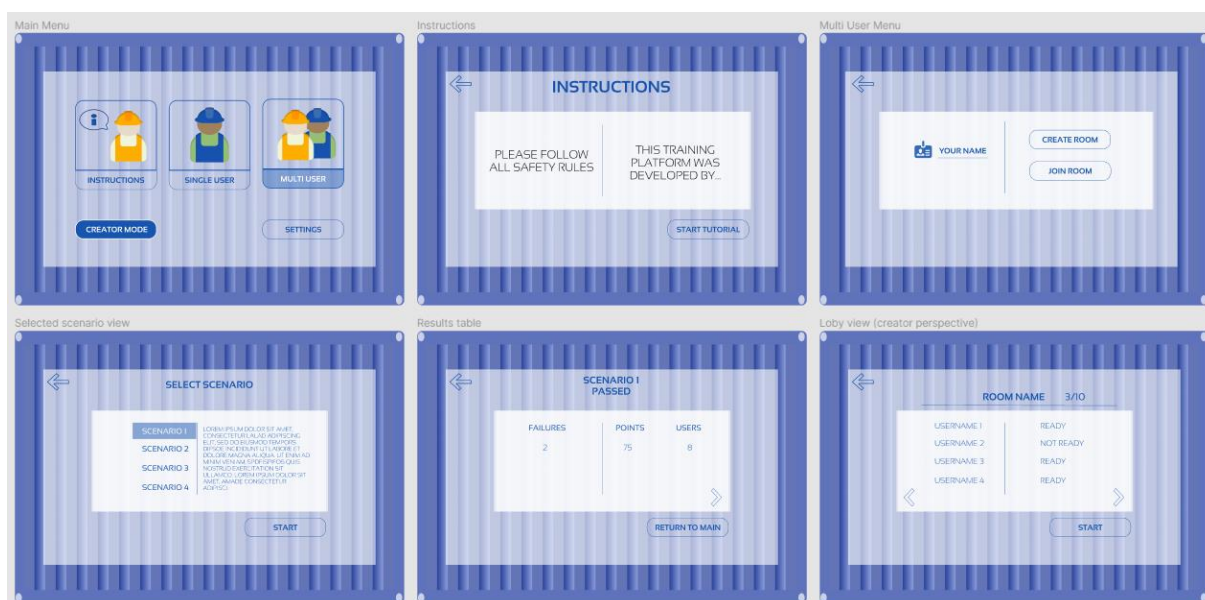


2.16. att. Krāsu kombinācijas

Tā kā konteineri ir pieejami dažādās krāsās, krāsu variāciju dažādību varēja turpināt, taču pēc šo variantu apspriešanas ar komandu, tika izvēlēti trīs varianti. Otrajā kolonnā pirmais un otrais, un trešajā kolonnā otrais variants. Atsaucoties uz iepriekš aplūkoto pētījumu par zilo un sarkano krāsu, par atbilstošu krāsu kombināciju tika pieņemts vidējais variants, kurā dominē zilā krāsa [21]. Ņemot vērā arī iepriekš aplūktos pētījuma rezultātus, šī krāsu kombinācija veicinās lietotāja koncentrēšanās spējas un, balstoties uz lietotāja pieredzes visaptverošās virtuālās realitātes modeli, arī iegremdēšanos [8]. Nedaudz pamainot zilā piemēra fonu uz esošo fonu uz konteineru izskatu, tika iegūta dizaina skice, uz kā pamata tika izstrādāti izvēlņu skati. Galvenās šī varianta krāsu kombinācijas ir tumši zila, zila, gaiši zila un balta. Par pamatu ir izvēlēts zils tonis kā akcents, taču pārējie zilie toņi, kuri ir gaišāki, ir izvēlēti, izmantojot ar baltu dizaina elementu – taisnstūra formu, kuram ir uzstādīta attiecīgā caurredzamība, dodot logam apakšā lietotu caurredzamāku un gaišāku zilo toni. Lai lietotājs varētu skaidri salasīt tekstu, tika izmantoti kontrasti, proti, tumšākam fonam piemeklēts gaišs teksts un otrādi [20]. Saliekot kopā trešo konceptu un zilo dizaina variantu, tika iegūts ar krāsām nepiesātināts rezultāts. Fonā novietotā konteineru siena ir krāsaina, bet tuvplānā esošais izvēlnes konteiners ļaus lietotājam koncentrēt uzmanību uz galveno izvēlni.

2.3.2. Skati

Līdzīgi kā izstrādātajā prototipā skatu pēctecība ir līdzīga, bet tomēr atšķiras skatu izskats, jo ir izstrādāti dizaina elementi, kuriem ir pievienotas krāsu kombinācijas (sk. 2.17. att.).



2.17. att. Izvēlnes skati

Atšķirībā no prototipa, kurā bija redzama vairāk funkcionalitāte starp skatiem, starp šiem sešiem skata piemēriem var novērot sava veida līdzību ar prototipu. Visus skatus var aplūkot 3. pielikumā. Izvēlnes skatos tiek attēlots konkrētais izvēlnes objekts ar konkrētajiem dizaina elementiem. Par pamatu šiem skatiem tiek izvēlēts zilās krāsas tonis, kas var nedaudz atšķirties apmācības platformā, jo tomēr šis tonis būtu nedaudz jāpielāgo pie kopējā vides izskata. Pārslēgšanās starp skatiem notiek ar konkrētām pogām vai ar bultiņu, kura norāda pa kreisi, jo bieži vien šāda tipa bultiņas informē lietotāju par atgriešanos vienu soli atpakaļ.

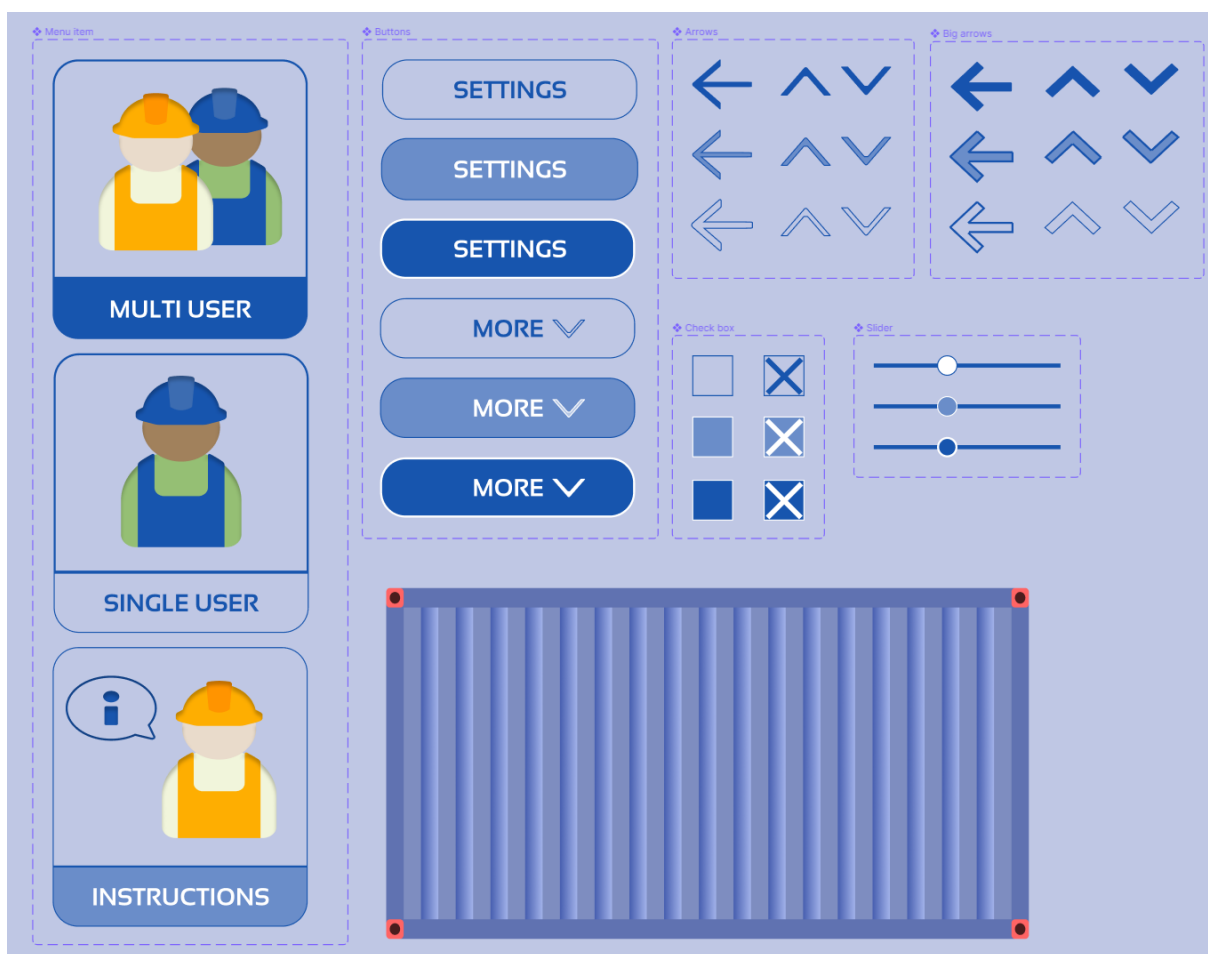
2.3.3. Interakcijas

Dizaina elementu interakcija dod lietotājam saprast, ka konkrētā funkcija ir notikusi. Elementu interakcija nodrošina lietotnei plūsmu, darbību pēctecību, bet lietotājam veicina iegremdēšanos, atvieglo lietojamību un izraisa emocijas [1][8]. Vēlreiz aplūkojot izvēlnes skatus, var redzēt, ka pirmajā skatā, kas ir galvenā izvēlne, pogām atšķiras krāsas. Pogu krāsu dažādība atspoguļo interakciju šajā skatā. Ja lietotājs nav uzspiedis ne uz vienas pogas, tad tās fons ir gaiši zils, bet pogā esošais teksts ir tumši zils. Ja kontroliera kursors tiek uzbīdīts uz kādas pogas, notiek sava veida interakcija. Pogas izskats nomainās no iepriekš esošās pogas ar

gaiši zilo fonu uz 50% tumšāku krāsu, bet teksta krāsa nomainās no tumši zilā uz balto. Savukārt, ja lietotājs nospiež pogu, tad pogas fons nomainās no 50% zilās krāsas uz 100% zilu krāsu, bet tekstam paliekot baltam. Šajā pogas interakcijā arī nomainās pogas apmales krāsa un biezums. Iepriekšējām interakcijām pogas apmales krāsa bija tumši zila. Lietotājam nospiežot pogu, tumši zilā apmale nomainās uz balto. Nospiestas pogas efektu bieži vien attēlo ar konkrētas krāsas tumšāku toni. Tā kā šī ir apmācības platforma, lietotājam visi skati, izņemot galveno skatu, tiek attēloti kā grāmata. Instrukcijas skatā, abās grāmatas lapaspusēs var tikt ievietota svarīga informācija. Dažiem skatiem, grāmatas lapu apakšpusēs ir pievienotas bultiņas.

2.3.4. *Formas*

Galvenie dizaina skati ir ar nenoapaļotām malām, jo konteineriem nav ieapaļotas malas. Arī izmantotajiem fona logiem, uz kā ir veidoti citi dizaina logi, ir nenoapaļoti stūri (sk. 2.17. att. un 2.18. att.).



2.18. att. Dizaina elementi

Dizaina elementi jeb konkrētās formas sākumā tika veidotas kā atsevišķu elementu grupa, lai vēlāk var vienkāršāk nokopēt. Ja kādam elementam ir nedaudz jāpamaina kāda dizaina īpašība, tad šo iespēju var veikt pie oriģinālā elementa, līdz ar to pārējos skatos, kur konkrētais elements tiek izmantots, arī notiek ieviestās korekcijas. Tā kā pamat fona elementi tiek izmantoti ar nenoapaļotiem stūriem, galvenās izvēlnes elementi un izvēlņu pogas tiek izveidoti ar noapaļotiem stūriem. Attēlā ir redzami divi bultiņu veidi. Tie ir pielikti gadījumā, ja kādam logam tomēr vajag izmantot lielākas bultiņas, jo tomēr dizaina prototipā šīs bultiņas var izskatīties piemēroti ar atbilstošu izmēru, taču virtuālajā realitātē šīs bultiņas var izskatīties lietotājam par mazu. Izvēles rūtiņām tika izvēlēts nenoapaļoto malu variants. Kā arī slīdņa elements ir izvēlēts tomēr kā apaļš. Protams, ka šiem elementiem ir pieejamas daudz dažādas novitātes un animācijas, tomēr atbilstoši auditorijai ir jāizvēlas vienkāršākas formas un to animācijas.

2.4. Dizaina testēšana

Pēc izstrādāta dizaina prototipa tas ir jāvalidē ne tikai pašiem izstrādātājiem un dizainerei, bet arī nepieciešams to dot testēt dažādiem lietotājiem. Tā kā dizaina izstrādē tiek izmantota uz lietotāju vērsta izstrādes metode, kura tiek pielāgota konkrēto lietotāju vajadzībām, tad arī šīs vajadzības ir jātestē lietotājiem. Sākumā jāsāk testa scenāriju izveidošanu. Lai gūtu labākus testēšanas rezultātus, lietotne ir jātestē gan cilvēkiem, kuri ir saistīti ar apmācības platformas izstrādi, gan arī neatkarīgiem lietotājiem [34]. Visiem testiem tiek lietots viens priekšnosacījums, kurš ietver lietotnes palaišanu un interneta savienojumu. Izveidotie testa scenāriji, kuri ir attēloti 2.1., 2.2., 2.3., 2.4. un 2.5. tabulās palīdzēs gan izķert apmācības platformā esošās kļūdas, gan uzlabot izstrādāto pirmo versiju, kā arī ļaus iespēju lietotājam vadīties pēc konkrēta scenārija, attēlojot lietotājam paredzēto lietotāja plūsmu. Divi testa scenāriji, kuri ir attēloti 2.1. un 2.2 tabulās ir instruktora testa scenāriji, taču pārējie trīs ir apmācamā lietotāja testa scenāriji.

2.4.1. Testa scenāriji

2.1. tabula

Instruktors izveido jaunu scenāriju

Nr. p.k.	Solis	Rezultāts
1.	Instruktors, noklikšķinot uz pogas “ <i>Creator Mode</i> ”, izvēlas atvērt izstrādātāja režīmu	Izstrādātāja režīms ir atvērts
2.	Pie “ <i>Scenario Name</i> ” esošā ievadlauka, labajā pusē, instruktors ievada scenārija nosaukumu	Scenārija nosaukums ir ievadīts
3.	Pie “ <i>Scenario Description</i> ” esošā ievadlauka, labajā pusē, instruktors ievada īsu scenārija aprakstu	Scenārija apraksts ir ievadīts
4.	Instruktors nospiež pogu “ <i>Create</i> ”, lai uzsāktu izstrādātāja režīma pieredzi	Izstrādātāja režīms ir atvērts

Testa scenārijā “Instruktors izveido jaunu scenāriju” ir attēlota instruktora plūsma no galvenās izvēlnes līdz izstrādātāja režīmam. Šajā scenārijā instruktoram ir jāievada scenārija nosaukums un tā neliels apraksts. Pēc teksta ievades instruktors nonāk izstrādātāja režīmā, kurā var izveidot un pielāgot stalažu būvēšanas scenāriju dažādos veidos. Pēc scenārija izveidošanas tas ir pieejams gan viena lietotāja režīmā, gan arī vairāklietotāju režīmā.

2.2. tabula

Instruktors izveido apmācības istabu

Nr. p.k.	Solis	Rezultāts
1.	Instruktors, noklikšķinot uz “ <i>Multi user</i> ” izvēlnes ikonas vai pogas atver vairāklietotāju izvēlni	Vairāklietotāju izvēlne ir atvērta
2.	Instruktors, noklikšķinot uz ievades lauka “ <i>Enter your name</i> ”, ievada savu vārdu	Vārds ir ievadīts

3.	Instruktors, nospiežot uz “ <i>Create Room</i> ”, atver istabas konfigurācijas logu, lai varētu izveidot apmācības istabu	Istabas konfigurācijas logs ir atvērts
4.	Pie “ <i>Room name</i> ” esošā ievadlauka, labajā pusē, instruktors ievada apmācības istabas nosaukumu	Apmācības istabas nosaukums ir ievadīts
5.	Pie “ <i>User number</i> ” esošā lietotāja skaita uzstādīšanas lauka, instruktors uzstāda maksimālo apmācības istabas lietotāju skaitu	Lietotāju skaits ir uzstādīts
6.	Pie “ <i>Scenario</i> ”, pa labi esošā izvēlnes kataloga, instruktors izvēlas vienu no piedāvātajiem scenārijiem	Scenārijs ir izvēlēts
7.	Instruktoram nospiežot pogu “ <i>Create Room</i> ”, atveras lietotāju pievienošanās skats	Apmācības istaba ir izveidota, un lietotāju pievienošanās skats ir atvērts
8.	Lietotāju pievienošanās skatā, kad ir pievienojies vēlamais lietotāju skaits un visiem lietotājiem ir atzīmēts “ <i>Ready</i> ”, instruktors, uzspiežot “ <i>Start</i> ” pogu, nonāk vairāklietotāju režīmā	Vairāklietotāju režīms ir atvērts

Testa scenārijā “Instruktors izveido apmācības istabu” ir attēlota instruktora plūsma no izvēlnes līdz atvērtam vairāklietotāju režīmam. Šajā scenārijā instruktoram ir nepieciešami daudz vairāk soļu, līdz iegūt nepieciešamo rezultātu. Instruktoram ir jānorāda savs vārds, lai lietotāji var viņu atpazīt vairāklietotāju režīmā. Tad instruktors, izvēloties opciju “*Create Room*” nonāk istabas izveidošanas skatā, kurā jāievada vēlamā istabas konfigurācija. Pēc istabas izveidošanas instruktors nonāk gaidīšanas logā, kurā ir jāsauc gaidāmie lietotāji. Tikko izveidotā istaba ir pieejama pārējiem lietotājiem, līdz ar to, ir jāsauc gaidāmie lietotāji, kuri vēlēšies iziet vairāklietotāju režīmu. Tiklīdz visi lietotāji pamaina savu statusu no “*Not ready*” uz “*Ready*”, instruktors ir vienīgais, kurš var uzsākt vairāklietotāju pieredzi, jo viņam vienīgajam ir pieejama “*Start*” poga.

Māceklis iziet instruktāžu

Nr. p.k.	Solis	Rezultāts
1.	Lietotājs, nospiežot uz “ <i>Instructions</i> ” izvēlnes pogas vai ikonas, atver apmācības platformas instrukcijas logu, lai lietotājs saprastu lietotnes kontroles.	Instrukcijas logs ir atvērts.
2.	Pēc iepazīšanās ar lietotnes instrukciju, lietotājam nospiežot “ <i>Start tutorial</i> ”, atveras instrukcijas režīms.	Instrukcijas režīms ir atvērts.

Testa scenārijā “Māceklis iziet instruktāžu” ir attēlota mācekļa lietotāja plūsma, lai nokļūtu no galvenās izvēlnes līdz instruktāžas režīmam, kurā jau māceklis apgūst apmācības platformas padziļinātu objektu pārvaldīšanu. Sākumā māceklim ir jāizlasa instrukcijas apraksts, kas ir pieejams instrukcijas logā. Pēc dotās instrukcijas apgūšanas, lietotājam noklikšķinot uz “*Start tutorial*” pogas, lietotājs nokļūst instrukcijas apmācības pieredzē, kurā lietotājam ir iespēja iemācīties apmācības platformas “VR SafeScaff” izstrādātās kontroles. Lietotājam uz katru soli tiek parādītas instrukcijas, lai lietotājs varētu secīgi un pareizi veikt darbības. Pēc instrukcijas režīma pabeigšanas lietotājam tiek attēlota apmācības scenārijā apkopota statistika.

Māceklis, izvēloties otro scenāriju, nonāk viena lietotāja pieredzes režīmā

Nr. p.k.	Solis	Rezultāts
1.	Lietotājs, nospiežot uz “ <i>Single user</i> ” izvēlnes pogas vai ikonas, atver viena lietotāja scenāriju izvēlni	Viena lietotāja scenāriju izvēlnes logs ir atvērts
2.	Lietotājs nospiež uz viena no dotajā scenārija saraksta elementiem - “ <i>Scenario 2</i> ”	“ <i>Scenario 2</i> ” elements iekrāsojas zilā krāsā un lietotājam tiek parādīts neliels apraksts par izvēlēto scenāriju
3.	Pēc iepazīšanās ar scenārija aprakstu lietotājs nospiež “ <i>Start</i> ”	Viena lietotāja pieredzes režīms ir atvērts

Testa scenārijā “Māceklis, izvēloties otro scenāriju, nonāk viena lietotāja pieredzes režīmā” ir attēlota mācekļa lietotāja plūsma no galvenās izvēlnes līdz viena lietotāja pieredzes

uzsākšanai. Lietotājam šajā scenārijā ir jāizvēlas iepriekš norādīts scenārijs no piedāvātā scenāriju saraksta un jāsāk viena lietotāja pieredze.

2.5. tabula

Māceklis pievienojas vairāklietotāju istabā un uzsāk vairāklietotāju pieredzi

Nr. p.k.	Solis	Rezultāts
1.	Lietotājs, noklikšķinot uz “ <i>Multi user</i> ” izvēlnes ikonas vai pogas atver vairāklietotāju izvēlni	Vairāklietotāju izvēlne ir atvērta
2.	Lietotājs, noklikšķinot uz ievades lauka “ <i>Enter your name</i> ”, ievada savu vārdu	Vārds ir ievadīts
3.	Lietotājs, nospiežot uz “ <i>Join Room</i> ”, atver piedāvāto istabu skatu	Piedāvāto istabu skats ir atvērts
4.	Lietotājam, izvēloties vienu no piedāvātajām istabām, atveras lietotāja gaidīšanas skats	Lietotājam tiek atvērts izvēlētās istabas gaidīšanas skats
5.	Lietotājs paziņo par savu gatavību, nospiežot pogu “ <i>Ready</i> ”	Gaidīšanas logā pretī lietotāja vārdam “ <i>Not ready</i> ” nomainās uz “ <i>Ready</i> ”

Testa scenārijā “Māceklis pievienojas vairāklietotāju istabā un uzsāk vairāklietotāju pieredzi” ir attēlota mācekļa plūsma no galvenās izvēlnes līdz vairāklietotāju režīma uzsākšanai. Lietotājam šajā scenārijā sākumā ir jāievada savs vārds, lai vairāklietotāju režīmā tas būtu visiem redzams. Kad lietotājs ir veicis savu izvēli, nospiežot uz vienu no piedāvātā istabu saraksta, viņš nonāk gaidīšanas logā, kurā viņam ir jāpaziņo instruktoram par savu gatavību. Tikko kā lietotāja gatavības statuss ir nomainīts no “*Not ready*” uz “*Ready*”, tas parādās arī instruktora logā, dodot instruktoram ziņu par konkrētā lietotāja gatavību vairāklietotāju pieredzei.

2.4.1. Kļūdas

Balstoties uz iepriekš izveidotajiem testa scenārijiem, tika uzsākta lietotnes testēšana. Pildot testa scenāriju “Māceklis pievienojas vairāklietotāju istabā un uzsāk vairāklietotāju pieredzi, tika atrastas vairākas kļūdas. Vairāklietotāju vārda ievadlaukā, kā arī ievadlauki “*Scenario*

name” un “Room Name” neattēlo, ka lietotājs ir veicis izvēli, uzklikšķinot uz šī ievadlauka (sk. 2.19. att.). Vēlamajā rezultātā, kad lietotājs norāda ar lāzeri uz ievadlauku, tā fona krāsai ir jāpaliek zilai, taču, uzspiežot uz tā, fonam ir jāpaliek tumši zilam.

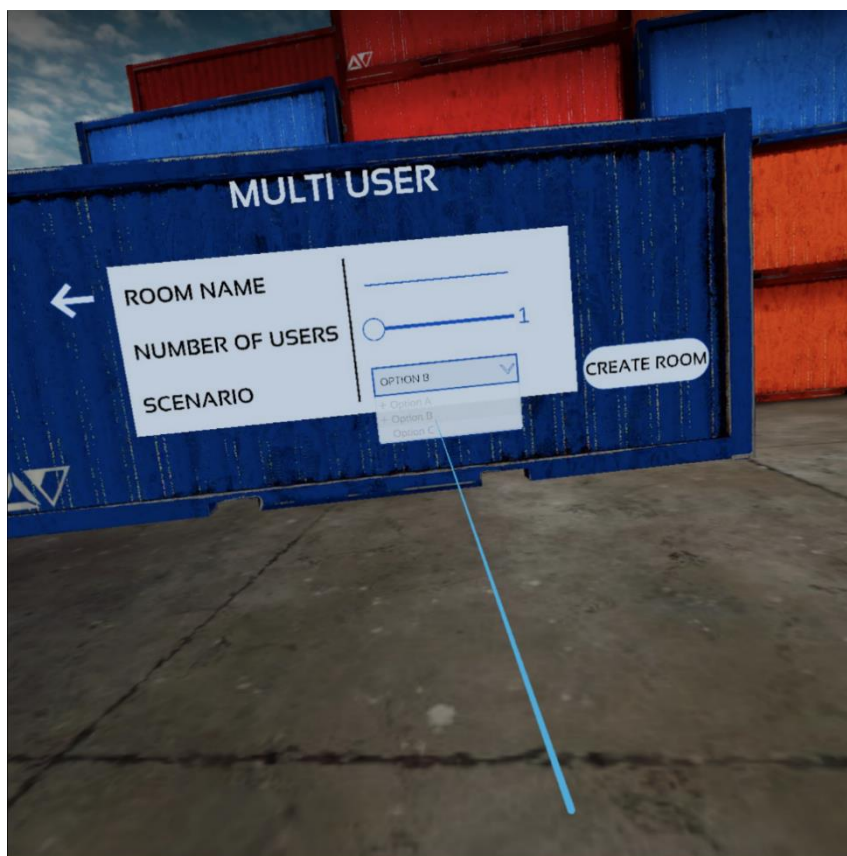


2.19. att. Vairāklietotāju izvēlnes ievadlauks

Vairāklietotāju izvēlnes skatā, kad lietotājs ir uzspiedis uz teksta ievades lauku, lietotājam tiek parādīta klaviatūra. Klaviatūrā esošā “Enter” poga neveic nekādu darbību. Pēc ievadītā teksta, lietotājs uzspiežot klaviatūrai labajā pusē esošo “X” pogu, tā aizveras un lietotāja teksts saglabājas. Taču vēlamais rezultāts būtu tāds, ja lietotājs ir ievadījis tekstu, tad, uzspiežot “Enter” pogu, ievadītajam tekstam ir jā saglabājas un klaviatūras logs tiek aizvērts.

Vēl viena kļūda klaviatūras skatā ir esošā “Shift” poga. Tā kā lietotājam, ievadot tekstu, tas tiek attēlots ar lielajiem burtiem, šajā gadījumā poga “Shift” ir lieka, jo tās funkcija ir tāda paša kā jau esošā funkcionalitāte.

Pildot testa scenāriju “Instruktors izveido apmācības istabu”, tika atrastas vairākas kļūdas (sk. 2.20. att.). Kā pirmā kļūda tika identificēta vairāklietotāju pieredzē - izvēlnes elementu neatbilstība. Esošajā scenāriju izvēlnē, kad lietotājs mērķē ar lāzeri uz kādi no scenārijiem, to fonu krāsa nav gaiši zilā krāsā, bet gan nemainīgi pelēkā. Savukārt uzspiežot kādu no piedāvātiem izvēlnes elementiem, krāsa ir jānomaina uz tumši zilu, bet, konstatējot šo kļūdu, krāsa paliek pelēka.

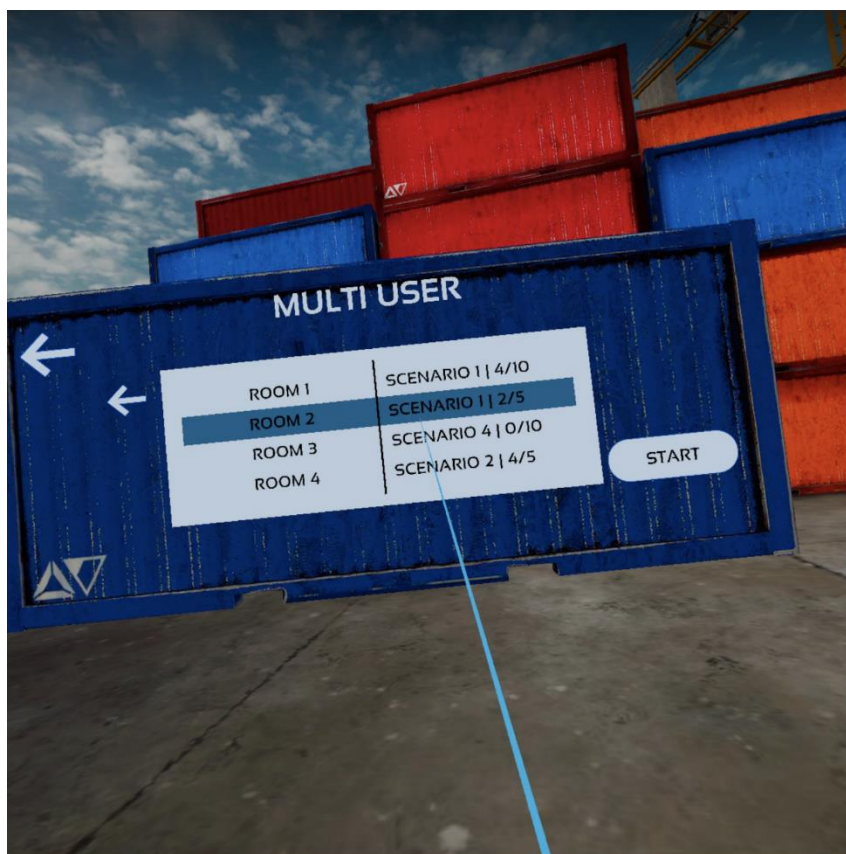


2.20. att. Istabas izveidošanas skats

Tā kā istabā esošo lietotāju skaits vairāklietotāju pieredzē, izņemot instruktoru, var būt, sākot no diviem lietotājiem, tad “*Number of users*” arī ir konstatēta kļūda, jo pēc noklusējuma, šī lauka vērtībai ir jābūt divi.

Pogas “*Create Room*” atrašanās vieta atšķiras no pārējām līdzīga skata pogu atrašanās vietām. Balstoties uz izstrādātajām dizaina skicēm, visām pogām ir atrašanās vietai ir jābūt zem baltā izvēlnes loga.

Pildot testa scenāriju “Mācekļi pievienojas vairāklietotāju istabā un uzsāk vairāklietotāju pieredzi”, tika atrastas divas kļūdas (sk. 2.21. att.). Šajā skatā ir redzamas divas bultiņas, kuras norāda uz kreiso pusi. Šāds risinājums var mulsināt lietotāju, jo zem tām nav nekāda uzraksta un abām bultiņām ir dažāda funkcionalitāte. Lielākā bultiņa pilda atpakaļ soļa funkciju, kurš aizved lietotāju uz galvenās izvēlnes logu. Mazā bultiņa arī pilda atpakaļ soļa funkciju, taču šī bultiņa aizved lietotāju līdz vairāklietotāju izvēlnei. Lielā bultiņa ir jāatstāj, bet ar mazās bultiņas funkcionalitāti. Lai lielās bultiņas funkcionalitāte ir atpakaļ solis uz vairāklietotāju izvēlni.

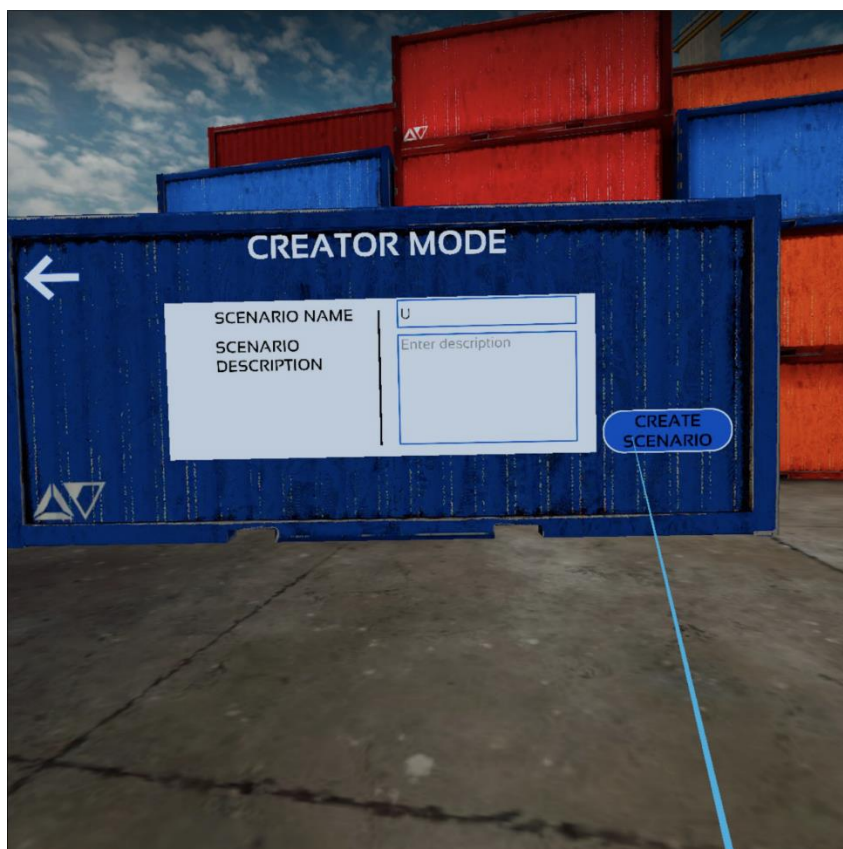


2.21. att. Skats “Pievienoties istabai”

Skatā “Pievienoties istabai”, uz nākamo, gaidīšanas istabu ir jātiek, uzklikšķinot uz vienu no piedāvātajām istabām, nevis izmantojot “Start” pogu. Attēlā redzamā “Start” nav plānota šajā skatā, jo to pašu funkcionalitāti jau pilda dotā saraksta elementi, tāpēc šī poga ir jānoņem.

Lietotāja gaidīšanas skatā lietotājam arī ir parādīta poga “Start”. Šī poga ir pieejama tikai instruktoram, kā istabas izveidotājam, līdz ar to viņš arī var sākt vairāklietotāju pieredzi. No lietotāja skatupunkta, pogas “Start” vietā ir jābūt “Not ready”, kuru nospiežot, sarakstā lietotāja statuss nomainās uz “Ready”.

Pildot scenāriju “Instruktors izveido jaunu scenāriju”, kā arī citos ievades laukos tika pamanīts, ka ievadlaukiem ir nepieciešama papildu pārbaude, vai lauki ir aizpildīti (sk. 2.22. att.). Kad lietotājs nav aizpildījis visus ievades laukus un nospiež uz pogu, kura noved lietotāju pie nākamā skata, skats tiek pārslēgts bez brīdinājumiem. Tas pats novērojams, kad lietotājs nav ievadījis attiecīgo ievades lauku vairāklietotāju izvēlnē un istabas izveidošanas skatā.



2.22. att. Jauna scenārija pievienošanas skats

2.4.2. Lietotāju pieredzes testēšana

Pēc jaunas versijas iegūšanas ar salabotām kļūdām, lietotne tika iedota lietotājiem, kuri iepriekš nebija redzējuši izstrādāto risinājumu un nav saistīti ar izstrādes procesu. Virtuālās brilles tika savienotas vienā tīklā ar viedtālruni, caur kuru varēja skatīties darbības, ko veic lietotājs, tādējādi analizējot lietotāja pieredzi. Lietotājiem tika sniegta informācija par lietotni, esošo lietotnes izstrādes fāzi, un kādiem nolūkiem tā ir domāta. Pēc īsas informācijas sniegšanas lietotājiem tika iedotas virtuālās realitātes brilles. Lietotājam vajadzēja atvērt lietotnes programmu, lai virtuālā vide nokalibrētos pēc attiecīgā lietotāja auguma. Lietotāja plūsma bija izplānota līdzīgi kā pēc iepriekš izveidotajiem scenārijiem, tikai šoreiz lietotājam tika dotas konkrētas darbības, lai varētu saprast, cik intuitīva izvēlne ir priekš lietotāja, kurš nav piedalījies lietotnes izstrādē. Tāpēc lietotājam tika doti pieci uzdevumi:

- Aplūkot instrukcijas un uzsākt apmācības režīmu;
- Sākt viena lietotāja pieredzi, izvēloties otro scenāriju;
- Uzsākt vairāklietotāju pieredzi, norādot savu vārdu un izvēloties trešo istabu;

- Izveidot jaunu istabu vairāklīdētāju pieredzē, norādot savu vārdu, nosaucot istabu par “test1”, norādot istabas spēlētāju skaitu – 10 un izvēloties B scenāriju, un uzsākt vairāklīdētāju pieredzi;
- Izveidot jaunu scenāriju.

Vērojot lietotāju darbības, dažiem lietotājiem, kuriem nav iepriekšējas pieredzes ar virtuālo realitāti vispār, tika konstatētas problēmas ar kontrolieru izmantošanu. Lietotāji nezināja, kā var veikt izvēli starp elementiem. Kā arī tika novērots, ka lietotāji nepamana vai neizpilda doto uzdevumu pilnībā. Piemēram, pirmajā uzdevumā “Aplūkot instrukcijas un uzsākt apmācības režīmu”, lietotājs atver instrukcijas skatu, kurā ir trīs lapas ar instrukcijām. Lietotājs, neaplūkojot visu instrukciju saturu, izvēlas uzsākt apmācības režīmu.

Tā kā lietotne ir angļu valodā, jo tā ir plānota konkrētai mērķauditorijai, lietotājam nebija skaidri daži uzdevumi – izveidot jaunu scenāriju. Jo uzdevumi tika doti latviski, taču viss teksts ir pieejams angļu valodā. Bet vēlāk lietotājs teica, ka nebija kārtīgi izlasījis, kas bija rakstīts, tāpēc pēc atgriešanās galvenajā izvēlē un veiktā otrā mēģinājuma, lietotājam izdevās izveidot jaunu scenāriju. Daži lietotāji atzinās, ka, sadzirdot uzdevuma nosacījumu latviešu valodā, jāapdomā, pie kuras sadaļas angļu valodā tas varētu atrasties.

Galvenās izvēlnes sakārtojums tika atzīts, kā loģisks, jo galvenie elementi tika izcelti, lieluma ziņā. Kā galvenie izvēlnes elementi tika atzīti - instrukcijas, viena lietotājs pieredze un vairāku lietotāju pieredze, savukārt mazāku akcentu liekot uz izstrādātāja režīmu un lietotnes konfigurāciju. Kad lietotājam nebija skaidras darbības, lietotājs vērsās pēc palīdzības, atverot instrukcijas, tāpēc ir saredzama vajadzība pēc šī elementa atrašanās vietas pirmajā rindā kā pirmajam objektam. Arī kā loģisks tika atzīts novietojums viena lietotāja un vairāklīdētāja izvēlnes objektiem.

Kad lietotājs ir apmācību, viena lietotāja un vairāklīdētāju režīmu skatos, lietotājam ir iespēja iziet no skata, nospiežot uz kontroliera izvēlnes pogu. Dažreiz šī poga nenofiksējas tajā pašā skatā, uz kuru konkrētā brīdī lietotājs skatās, līdz ar to radot apjukumu pašam lietotājam. Konkrētās pogas parādīšanās logam ir jāseko līdz ar lietotāja skatīšanās virzienu. Vēlāk, kad lietotājs, izmantojot izvēlnes pogu, kura sniedz opcijas – atsākt, iestatījumi, atgriezties uz galveno izvēlni un palīdzības opcijas, ir izgājis no apmācību, viena lietotāja un vairāklīdētāju režīmiem. Daži lietotāji, izmantojot šīs pogas opciju “atgriezties uz galveno izvēlni”, tad, kad ir kādā no galvenās izvēlnes dziļākā hierarhijas līmenī, centās atgriezties uz galvenās izvēlnes pirmo skatu.

Atveroties virtuālās realitātes apmācības platformai “VR SafeScaff”, vairāklīdētāju pieredzējušajiem virtuālās realitātes satura lietotājiem interesēja izpētīt vidi un tās iespējas, līdz ar to šiem lietotājiem vairāklīdētāju laika vajadzēja, lai sagatavotos lietojamības testiem. Problēmas

apmācības platformas lietojamībā šiem lietotājiem netika saskatītas. Ar visiem pieciem uzdevumiem viņi tika galā salīdzinoši ātri. Tika saņemti arī daži ieteikumi no pieredzējušiem virtuālās realitātes satura lietotājiem:

- Uzlabot klaviatūras funkcionalitāti, dodot lietotājam iespēju rakstīt vienlaicīgi ar abiem kontrolieru lāzeriem;
- Uzlabot izvēlnes loga parādīšanos, kad lietotājs atrodas kādā no virtuālās realitātes režīmiem. Kad lietotājs uzspiež izvēlnes pogu, izvēlnes logs neparādās lietotāja skatīšanās virzienā;
- Atveroties virtuālās realitātes apmācības platformai, lietotājam skats ir jānokoncentrē galvenās izvēlnes virzienā, jo dažreiz lietotāja skats tiek vērsts pretējā virzienā.

REZULTĀTI

1. Tika apkopoti esošie pētījumi par lietotāja pieredzi un lietotāja saskarni virtuālajā realitātē.
2. Tika apgūtas dizaina izstrādes prasmes, izmantojot *Figma* dizaina izstrādes rīku.
3. Izmantojot iegūtās zināšanas no uzziņas avotiem, tiešsaistes apmācības kursiem par prototipu izstrādes pamatprincipiem virtuālajā realitātē, tika izstrādāta dizaina struktūrskice.
4. Regulāri satiekoties ar komandu, apspriežot iepriekšējās nedēļas paveikto darbu un nākošās nedēļas plānus, darba gaita tika vienmērīgi attīstīta.
5. Tika izstrādāts dizaina krāsu koncepts ar 7 krāsu kombinācijām.
6. Tika izstrādāts dizains ar 14 skatiem, projektam “VR SafeScaff”, balsoties uz iepriekš izstrādāto struktūrskici.
7. Balstoties uz pētījumos apkopotiem lietotāja pieredzē svarīgiem aspektiem, tika izmēģināti dažādi esošie virtuālie risinājumi, kuros vairāk uzmanība tika pievērsta pētījumos pieminētajiem elementiem. Tāpēc tika salīdzināta dažādu elementu attēlošana, elementu uztvere, funkcionalitāte, lietojamība, plūsma un risinājuma vienkāršība. Kas tika apkopota un piedāvāta komandai, kā iespējamie risinājumi ar to lietošanas pamatojumu.
8. Tika izstrādāti 5 testa scenāriji, lai validētu lietotāja pieredzi un dizaina elementus.
9. Dizaina risinājums tika testēts izstrādes komandā kā arī tika ieviesti nepieciešamie labojumi. Testēšanas laikā tika atrastas 17 kļūdas.
10. Lietojamības testēšana tika veikta kopā ar 28 neatkarīgiem, būvniecības nozarē strādājošiem cilvēkiem, kuri, izsakot savus komentārus par kopējo lietojamību, bija apmierināti ar lietotni. Sākumā lietotājiem tika doti pieci uzdevumi, ar kuriem 82.14% lietotāji tika galā. 17.84% doto uzdevumu neizpildīja ar pirmo reizi. Lietotājam dotajā uzdevumā “Aplūkot instrukcijas un uzsākt apmācības režīmu”, 12 lietotāji nebija aplūkojuši visas trīs instrukciju lapas, un pēc pirmās lapas aplūkošanas uzsāka apmācības režīmu. Kā risinājums šādai problēmai būtu nerādīt lietotājam apmācības uzsākšanas pogu, pirms lietotājs nav ticis līdz pēdējai instrukcijas lapai. Arī tika pamanīts, ka 15 lietotāji, esot kādā dziļākā izvēlnes hierarhijā, vēlējās atgriezties uz galveno izvēlni, izmantojot to pašu funkcionalitāti, kā ir iespējama stalažu salikšanas pieredzēs. Tā kā lielākai daļai jeb 15 lietotājiem šī funkcionalitāte likās nepieciešama, tad tādu funkcionalitāti būtu nepieciešams arī izveidot arī izvēlnes skatā. Ja lietotājs

ir visdziļākajā izvēlnes hierarhijā, tad lietotājam nelikās ērti atgriezties uz galveno izvēlni, uzspiežot vairākas reizes atpakaļ pogu. Tāpēc arī šeit būtu nepieciešams pievienot atsevišķu pogu, līdzīgi kā stalažu salikšanas režīmos. Pieredzējušo lietotāju ieteikumi par klaviatūras funkcionalitātes uzlabošanu, izvēlnes loga parādīšanos un lietotāja galvenās izvēlnes attēlošanu, kad lietotne ir tikko palaista, tiks ņemti vērā apmācības platformas uzlabošanai.

SECINĀJUMI

1. Veicot publikāciju analīzi, tika secināts, ka virtuālās pieredzes izstrādei nav nepieciešami visi visaptverošās virtuālās realitātes elementi. Šiem modeļiem var būt dažādas kombinācijas, jo nepastāv viens universāls to pielietojums. Katra virtuālās realitātes lietotne ir unikāla ar savu izpildījumu un mērķi, līdz ar to arī komponentu modeļi un tajos ietvertie elementi būs citādāki.
2. Analizējot pētījumu par krāsu un psiholoģisko ietekmi, tika vairāk pievērsta uzmanība zilās un sarkanās krāsas izmantošanai dažādos produktos, secinot, ka krāsām ir uzmanības piesaistoša īpašība. Tāpēc par krāsu kombināciju pamatu tika izvēlēta zilā krāsa, kas spētu piesaistīt lietotāju uzmanību.
3. Izmēģinot dažādus dizaina izstrādes rīkus un apkopojot to funkcionalitāti un lietojamību, tika secināts, ka dizaina izstrādes rīks *Figma*, ir piemērots lietotājiem bez iepriekšējas pieredzes, ļaujot apgūt tā piedāvāto risinājumu ļoti īsā laikā.
4. Balstoties uz pētījumos apkopotiem lietotāja pieredzē svarīgiem aspektiem, tika secināts, ka dažādu elementu funkcionalitātes attēlošanas dažādība sniedz lietotājam citu pieredzi un atgriezenisko saiti.
5. Izmēģinot dažādus virtuālās realitātes risinājumus, tika secināts, ka lietotnei ir nepieciešamas atstāt vietu instrukcijām, kuras pamāca lietotāju konkrētās virtuālās pieredzes lietojamībā.
6. Izmēģinot dažādus virtuālās realitātes risinājumus, tika secināts, ka lietotājam ir jāsniedz skaidri saprotama virtuālās pieredzes lietojamība, kas veicinās lietotāja emocijas, iegremdēšanos tajā un radīs klātbūtnes sajūtu.
7. Izmēģinot dažādus virtuālās realitātes risinājumus, tika secināts, ka, izstrādājot dizainu virtuālajā realitātē, ir jāpiedomā par elementu atrašanās attālumu un to lielumu. Ja elements atrodas tālu, tad lietotājs to var nepamanīt. Ja ir attēloti daudz nelieli elementi, lietotājs var nenoklikšķināt uz īsto. Tāpēc ir jāņem vērā elementu attēlošanas attālums, kontrasts un to daudzums.
8. Darbā uzstādītais mērķis - izstrādāt struktūrskici un dizainu virtuālās realitātes apmācību projektam "VR SafeScaff" tika sasniegts. Jo tika atrisināta izvirzītā problēma, izstrādājot dizainu un nododot to tālāk izstrādātāju komandai. Kvalitātes uzlabošanas nolūkos un pārbaudei dizainam tika veikta validācija. Tiek secināts, ka darbs tika izpildīts atbilstoši izvirzītajām prasībām. Nākotnē projekta "VR SafeScaff" nākamās versijas izstrādē, atbilstoši nostādītai vides tematikai, dizainu var papildināt ar dažādiem citiem attiecīgiem elementiem.

9. Darba izstrādes gaitā tika secināts, ka dizaina izstrāde virtuālajā realitātē atšķiras no divdimensionālā dizaina izstrādes, jo lietotājam ir jāparāda ne tikai dizaina elementi kā logs, kurš atrodas priekšā, bet arī jāpiedomā par konkrētās vides attēlošanu, kurā tiks piesaistīts izvēlnes logs vai kāds dizaina elements, pēc kura lietotājs var vadīties. Arī lietotāja uztveres lauks mainās. Divdimensionālā vidē lietotājam ir visbiežāk taisnstūrveida ekrāns, kurā lietotājs redz visu doto vidi, kura ir uzreiz uztverama, bet virtuālajā realitātē šī vide ir daudz plašāka, līdz ar to ir jāpiedomā kā, cik lieli, cik daudz un cik tuvu vai tālu attēlot objektus un dizaina elementus.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA UN AVOTI

[1] M. Salovaara-Hiltunen, K. Heikkinen, & J. M. Koivisto, "User experience and learning experience in a 4D virtual reality simulation game. International Journal of Serious Games" vol 6(4), pp. 49 - 66., (2019) [atsauce 20.01.2020]. Pieejams:

<https://journal.seriousgamesociety.org/index.php/IJSG/article/view/305/349>

[2] Eurostat, "Accidents at work - statistics by economic activity" (2020) [atsauce 24.01.2021]. Pieejams: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Accidents at work - statistics by economic activity](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Accidents_at_work_-_statistics_by_economic_activity)

[3] Eurostat, "Accidents at work statistics" (2020) [atsauce 24.01.2021]. Pieejams: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Accidents at work statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Accidents_at_work_statistics)

[4] J. Bardi, "What is Virtual Reality? [Definition and Examples]", Marxent-Patents Pending, 21 Sep 2020 [tiešsaiste]. – [atsauce 17.01.2020]. Pieejams:

<https://www.marxentlabs.com/what-is-virtual-reality>

[5] Z. Zheng, Z. Zhang W. Pan, "Virtual prototyping- and transfer learning-enabled module detection for modular integrated construction", Automation in Construction, vol 120, (2020) [atsauce 24.01.2021]. Pieejams:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580520309675>

[6] P.S.P. Wong, T. Perera, B. Abbasnejad, A. Ahankoob "Towards Applying Virtual Reality Techniques in Fostering Blended Learning of the Construction Technology", In C.M. Wang, V. Dao, S. Kitipornchai, (Eds) EASEC16. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 101, (2021) [atsauce 24.01.2021]. Pieejams :

https://doi.org/10.1007/978-981-15-8079-6_193

[7] S. Yangming, D. Jing, D. A. Worthy, "The impact of engineering information formats on learning and execution of construction operations: A virtual reality pipe maintenance experiment", Automation in Construction, vol 119, (2020) [atsauce 24.01.2021]. Pieejams:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092658052030947X>

[8] K. Tcha-Tokey, O. Christmann, E. Loup-Escande, G. Loup, Simon Richir, "Towards a Model of User Experience in Immersive Virtual Environments", Advances in Human-Computer Interaction, vol. 2018, (2018) [atsauce 19.01.2020]. Pieejams:

<https://www.hindawi.com/journals/ahci/2018/7827286/>

[9] Y. Bian, C. Yang, F. Gao et al. "A framework for physiological indicators of flow in VR games: construction and preliminary evaluation." Pers Ubiquit Comput, vol 20, pp. 821–

832 (2016) [atsauce 20.01.2020]. Pieejams : <https://link.springer.com/article/10.1007/s00779-016-0953-5>

[10] C. Mitchell “Virtual reality” (2020) [atsauce 24.01.2021]. Pieejams: <https://www.investopedia.com/terms/v/virtual-reality.asp>

[11] S. Stein, “The best VR headset for 2021” (2020) [atsauce 24.01.2021]. Pieejams: <https://www.cnet.com/news/the-best-vr-headset-for-2021/>

[12] B. Mesquita, “Emotions as dynamic cultural phenomena.” In R. J. Davidson, K. R. Scherer, & H. H. Goldsmith (Eds.), “Series in affective science. Handbook of affective sciences” Oxford University, p. 871–890,(2003) [atsauce 24.01.2021]. Pieejams: [Press.https://www.researchgate.net/publication/232542944_Emotions_as_dynamic_cultural_phenomena](https://www.researchgate.net/publication/232542944_Emotions_as_dynamic_cultural_phenomena)

[13] F. Rebelo, P. Noriega, E. Duarte and M. Soares. “Using Virtual Reality to Assess User Experience”, Human Factors, vol 54, pp. 964-982 [atsauce 18.01.2020]. Pieejams: https://www.researchgate.net/publication/235518864_Using_Virtual_Reality_to_Assess_User_Experience

[14] G. R. S. Murthy, R. S. “A review of vision based hand gestures recognition”, International Journal of Information Technology and Knowledge Management, vol 2, pp. 405-410., (2009) [atsauce 24.01.2021]. Pieejams : http://www.csjournals.com/IJITKM/PDF/34-G.R.S.Murthy_R.S.Jadon.pdf

[15] S. Purwar, “Designing User Experience for Virtual Reality (VR) applications” [atsauce 19.01.2020]. Pieejams: <https://uxplanet.org/designing-user-experience-for-virtual-reality-vr-applications-fc8e4faadd96>

[16] H. Kharoub, M. Lataifeh and N. Ahmed “3D user interface design and usability for immersive VR.” Applied Sciences (2019) [atsauce 24.01.2021]. Pieejams: <https://www.mdpi.com/2076-3417/9/22/4861/htm>

[17] S. Applebee, A. Derutte “Getting started with VR interface Design” (2017) [atsauce 24.01.2021]. Pieejams: <https://www.smashingmagazine.com/2017/02/getting-started-with-vr-interface-design>

[18] R. Brongo, “How to Design the Best UI for Room-Scale VR”, (2017) [atsauce 24.01.2021]. Pieejams: <https://virtualrealitypop.com/designforroomscalevr-a41e646444e7>

[19] C. Sik-Lányi, “Styles or Cultural Background does Influence the Colors of Virtual Reality Games?”, vol 11, (2014) [atsauce 24.01.2021]. Pieejams: https://pdfs.semanticscholar.org/0324/09b82c329f2734c44dcb85e79dec00c4498a.pdf?_ga=2.40277093.631255058.1611482354-2068937498.1611482354

[20] B. Shneiderman, C. Plaisant, M. Cohen, S. Jacobs et. al. *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*, Pearson, Essex, England, vol 6, pp. 444-446, (2016)

[21] Elliot A.J. Color and psychological functioning: a review of theoretical and empirical work, 2015, [tiešsaiste]. [skatīts 07.04.2021.]. Pieejams:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4383146/>

[22] S. Kamppari-Miller, “VR Paper Prototyping” (2017) [atsauce 24.01.2021]. Pieejams: <https://blog.prototypr.io/vr-paper-prototyping-9e1cab6a75f3>

[23] M.Epstein, “VR for UX Dsigners: What I Learned During My Fist Project” (2017) [atsauce 24.01.2021]. Pieejams: <https://lullabot.com/articles/vr-for-ux-designers-what-i-learned-during-my-first-project>

[24] Adobe, (2021), [atsauce 24.01.2021]. Pieejams: <https://www.adobe.com>

[25] SketchUp, Trimble Inc, (2020) [atsauce 25.01.2021]. Pieejams: <https://www.sketchup.com/>

[26] VR Sketch (2019) [atsauce 25.01.2021]. Pieejams: <https://vrsketch.eu/>

[27] EYEcad, Digital Atom SRL (2015-2020) [atsauce 25.01.2021]. Pieejams: <https://eyecadvr.com/>

[28] Unity, Unity Technologies (2021) [atsauce 25.01.2021]. Pieejams: <https://unity.com/features/editor/art-and-design>

[29] J. Toff, “Blocks: easily create 3D objects vr” Google AR and VR, [atsauce 25.01.2021]. Pieejams: <https://blog.google/products/google-ar-vr/blocks-easily-create-3d-objects-vr/>

[30] D. Carson “Visual Designing: Google Blocks”, (2017) [atsauce 25.01.2021]. Pieejams: <http://themedenvironments.blogspot.com/2017/07/virtual-designing-google-blocks.html>

[31] Figma, Figma, Inc (2020) [atsauce 05.04.2021] Pieejams: www.figma.com

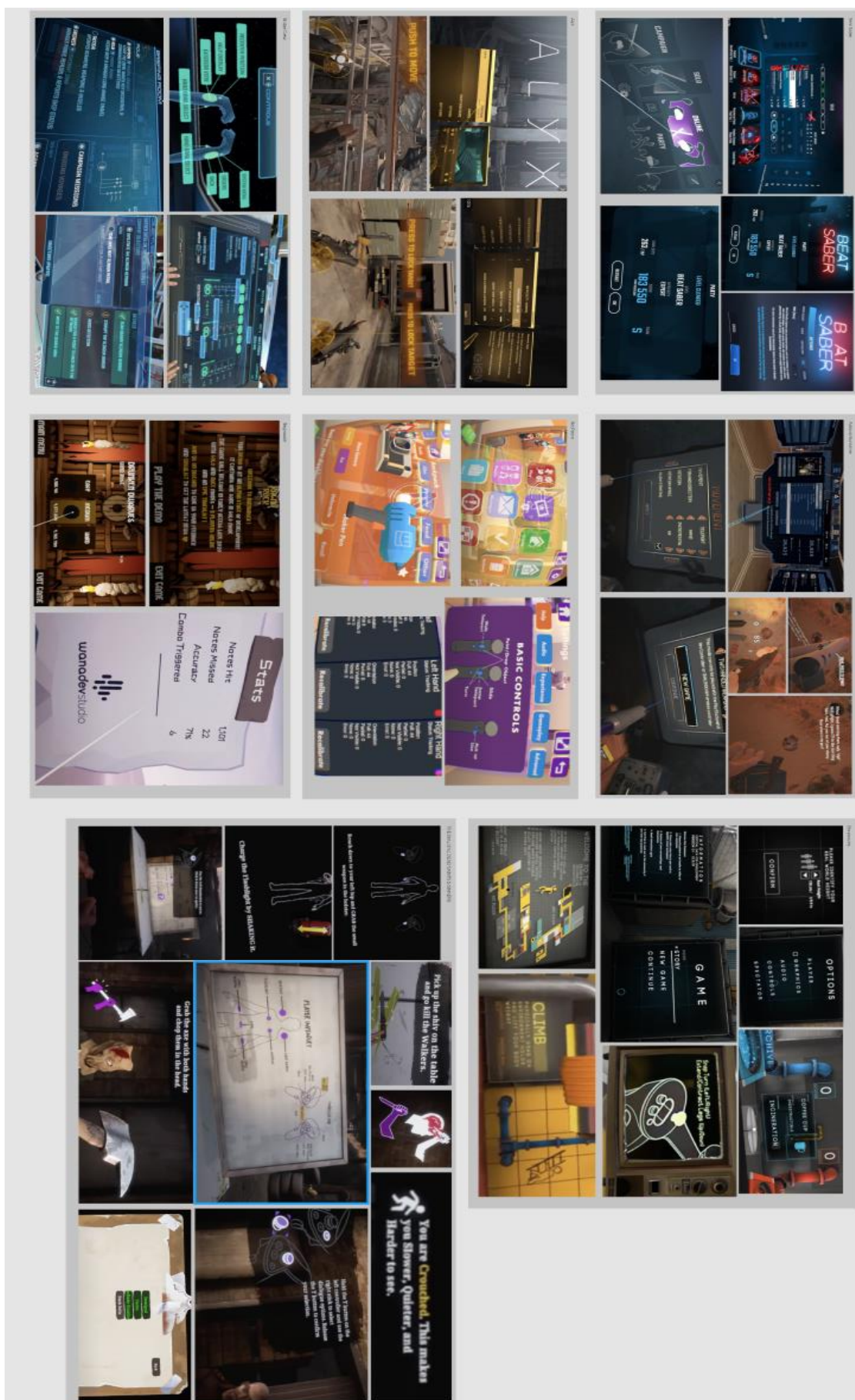
[32] Figma un Sketch, Figma, Inc (2020) [atsauce 06.04.2021] Pieejams: <https://www.figma.com/figma-vs-sketch/>

[33] Figma un Adobe, Figma, Inc (2020) [atsauce 06.04.2021] Pieejams <https://www.figma.com/figma-vs-adobe-xd/>

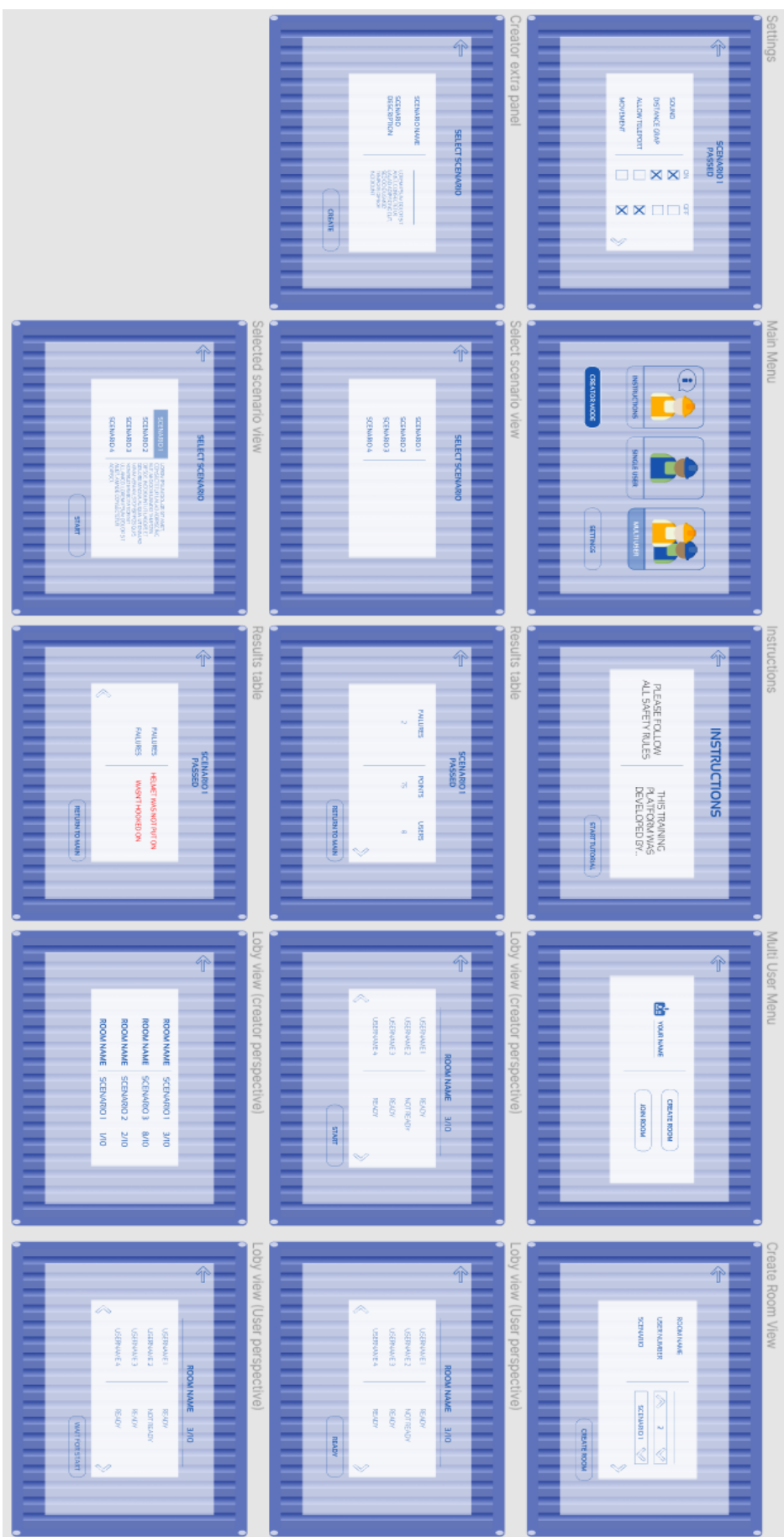
[34]_Certified Tester Foundation Level Syllabus (2018) [atsauce 06.05.2021] Pieejams <https://www.istqb.org/downloads/send/2-foundation-level-documents/281-istqb-ctfl-syllabus-2018-v3-1.html>

PIELIKUMI

2. pielikums. Dažādi virtuālās realitātes risinājumi



3. pielikums. Dizaina skati



Maģistra darbs “**Dizaina un struktūrskices izstrāde virtuālās realitātes platformai**”
izstrādāts LU Datorikas fakultātē.

Darba teksta galīgā versija izgatavota **23.05.2021.**

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tikai tajā norādītie informācijas avoti un iesniegtā darba elektroniskā kopija atbilst izdrukai.

Autore: Ina Ābola
(Autora paraksts)

Ar savu parakstu apliecinu, ka esmu lasījis augstāk minēto maģistra darbu un atzīstu to par **p i e m ē r o t u / n e p i e m ē r o t u** (nevajadzīgo svītrot) aizstāvēšanai Latvijas Universitātes datorzinātņu maģistrantūrā.

Darba vadītājs: profesors Dr. Phil. Jurgis Šķilters
(Vadītāja paraksts)

Darbs iesniegts maģistratūras sekretariātā _____.
(Iesniegšanas datums)

Ar šo es apliecinu, ka darba elektroniskā versija ir augšupielādēta LU informatīvajā sistēmā.

Studiju metodiķe: Ella Arša
(Metodiķes paraksts)

Recenzents: profesors Dr.habil.sc.comp. Juris Borzovs
(Akad.amats, zin.grāds, vārds, uzvārds)

Darbs aizstāvēts maģistra gala pārbaudījuma komisijas sēdē

_____ prot. Nr. _____
(Darba aizstāvēšanas datums)

Komisijas sekretārs: _____
(Sekretāra paraksts)