

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra geoinformatiky

**TECHNICKÉ MOŽNOSTI BRÝLÍ PIMAX 4K VR V
OBLASTI GEOINFORMATIKY**

Bakalářská práce

Ondřej HUBÁČEK

Vedoucí práce: Mgr. Rostislav Nétek, Ph.D.

Olomouc 2019
Geoinformatika a geografie

ANOTACE

Bakalářská práce se zaměřuje na testování technických možností brýlí Pimax 4K VR v oblasti geoinformatiky. V teoretické části práce je popsána základní teorie fungování virtuální reality se zaměřením na náhlavní zařízení pro virtuální realitu. Cílem praktické části práce je testování konfigurací počítačů, instalace samotného zařízení Pimax 4K VR a dalších dostupných hardwarových ovladačů a následné testování dostupných aplikací. Výstupem z tohoto zkoumání je vytvoření třech případových studií s vlastní vizualizací pro brýle Pimax 4K VR.

KLÍČOVÁ SLOVA

Virtuální realita; Pimax 4K VR; Geoinformatika

Počet stran práce: 61

Počet příloh: 5 (z toho 2 volné a 3 elektronické)

ANOTATION

The primary focus of the Thesis is on testing of technological possibilities of Primax 4K VR eyeglasses in the sphere of geoinformatics. The empirical part of the thesis defines basis of virtual reality and mainly on gadgets used for virtual reality. The task of the practical part is to test different configurations and installation of the PrimaxK VR system along with other accessible hardware drivers. This is followed by testing of applications from Accessible sources and as a result there are three case studies with its own visualization and comparison to other two studies.

KEYWORDS

Virtual reality; Pimax 4K VR; Geoinformatics

Number of pages: 61

Number of appendixes: 5

Prohlašuji, že

- bakalářskou práci, včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu,

- jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 –školní dílo,

- beru na vědomí, že Univerzita Palackého v Olomouci (dále UP Olomouc) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou/diplomovou práci užívat (§ 35 odst. 3),

- souhlasím, aby jeden výtisk bakalářské práce byl uložen v Knihovně UP k prezenčnímu nahlédnutí,

- souhlasím, že údaje o mé bakalářské práci budou zveřejněny ve Studijním informačním systému UP,

- v případě zájmu UP Olomouc uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít výsledky a výstupy mé bakalářské práce v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona,

- použít výsledky a výstupy mé bakalářské práce nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem UP Olomouc, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly UP Olomouc na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Olomouci dne

Ondřej Hubáček

Děkuji vedoucímu práce Mgr. Rostislavu Nétkovi, Ph.D. za podněty, připomínky a cenné rady při vypracování práce. Dále děkuji RNDr. Janu Brusovi, Ph.D. za konzultaci ve věci brýlí Oculus Rift.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ondřej HUBÁČEK**
Osobní číslo: **R16392**
Studijní program: **B1301 Geografie**
Studijní obor: **Geoinformatika a geografie**
Název tématu: **Technické možnosti brýlí Pimax 4K VR v oblasti geoinformatiky**
Zadávací katedra: **Katedra geoinformatiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je otestovat hardwarové, softwarové, technologické a vizualizační možnosti brýlí pro virtuální realitu Pimax 4K VR. Student provede testování různých konfigurací PC, na kterých lze brýle použít pro prohlížení, stanoví minimální a doporučenou konfiguraci a potřebné kroky k instalaci, ověří možnost připojení dalších (např. ručních sensorů, 3D myši apod) HW ovladačů, kombinaci se zvukem/hudbou apod. V druhé části ověří a sestaví přehled zdrojů a aplikací (mapových i nemapových) vhodných pro vizualizaci ve VR brýlích, sestaví několik scénářů pro využití VR brýlí např. při popularizačních akcích Katedry geoinformatiky. V této části se zaměří jednak přímo na specializované VR aplikace (Steam VR apod.), ale i na propojení s konvenčními aplikacemi typu Google Earth či webovými vizualizacemi. V poslední části student provede pilotní studii jejíž cílem bude návrh vlastní VR vizualizace pro brýle Pimax 4K VR na základě zjištěných aspektů a limitů.

Student vyplní údaje o všech datových sadách, které vytvořil nebo získal v rámci práce, do Metainformačního systému katedry geoinformatiky a současně vytvoří zálohu údajů ve formě validovaného XML souboru. Celá práce (text, přílohy, výstupy, zdrojová a vytvořená data, XML soubor) se odevzdá v digitální podobě na CD (DVD) a text práce s vybranými přílohami bude odevzdán ve dvou svázaných výtiscích na sekretariát katedry. O diplomové práci student vytvoří webovou stránku v souladu s pravidly dostupnými na stránkách katedry. Práce bude zpracována podle zásad dle Voženílek (2002) a závazné šablony pro diplomové práce na KGI. Povinnou přílohou práce bude poster formátu A2.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **max. 50 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Rebelo, Francisco; Noriega, Paulo; Duarte, Emilia; et al. Using Virtual Reality to Assess User Experience. HUMAN FACTORS Volume: 54 Issue: 6 Pages: 964-982 Published: DEC 2012

Germes, R; Van Maren, G; Verbree, E; et al. A multi-view VR interface for 3D GIS.COMPUTERS & GRAPHICS-UK Volume: 23 Issue: 4 Pages: 497-506 Published: AUG 1999

Pimax VR. <https://www.pimaxvr.com/en/>

Sabir, M.; Prakash, J. Virtual Reality: A Review. P 2 INT C ADV TRENDS Published: 2014

Tingoy, O.; Gulluoglu, S.; Yengin, D. The use of virtual reality as an educational tool. P 3RD INT TECHN ED D Published: 2009

Verbree, E; Van Maren, G; Germes, R; et al. Interaction in virtual world views - linking 3D GIS with VR. INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOGRAPHICAL INFORMATION SCIENCE Volume: 13 Issue: 4 Pages: 385-396 Published: JUN 1999

Voženílek, Vít. Diplomové práce z geoinformatiky. Univerzita Palackého, 2002.

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Rostislav Nėtek, Ph.D.**
Katedra geoinformatiky

Datum zadání bakalářské práce: **11. května 2018**
Termín odevzdání bakalářské práce: **13. května 2019**

doc. RNDr. Martin Kubala, Ph.D.
děkan

L.S.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA GEOINFORMATIKY
17. listopadu 50, 771 46 Olomouc

prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.
vedoucí katedry

V Olomouci dne 15. května 2018

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	9
ÚVOD	10
1 CÍLE PRÁCE.....	11
2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ.....	12
3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY.....	13
3.1 Definování virtuální reality.....	13
3.2 Historie.....	14
3.3 Systém VR	19
3.3.1 Vstupní zařízení.....	20
3.3.2 Výstupní zařízení	21
3.3.3 Software.....	22
3.3.4 Počítač	23
3.4 Virtuální realita a GIS	23
3.5 Další Aplikace VR	23
3.6 Současný stav na trhu s headsety pro VR.....	26
3.6.1 Desktopové.....	26
3.6.2 Konzolové.....	27
3.6.3 Mobilní	28
4 STANOVENÍ MINIMÁLNÍ A DOPORUČENÉ KONFIGURACE.....	29
4.1 Minimální konfigurace.....	29
4.2 Utility na testování konfigurací.....	29
4.3 Doporučená konfigurace.....	30
5 SESTAVENÍ MANUÁLU	32
5.1 Připojení brýlí do PC.....	32
5.2 Instalace software.....	32
5.3 Připojení hardware	34
5.4 Časté problémy	36
6 SEZNAM APLIKACÍ	38
7 PŘÍPADOVÉ STUDIE	43
7.1 První Případová studie	43
7.2 Druhá Případová studie	45
7.3 Třetí Případová studie	48
8 VÝSLEDKY.....	52
9 DISKUZE	54
10 ZÁVĚR.....	55
POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE	
PŘÍLOHY	

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Význam
AMOLED	active-matrix organic light-emitting diode
CLPL	customized low persistence liquid
DOF	degree of freedom
FOV	field of view
FPS	frames per second
GIS	Geografický informační systém
HDMI	high-definition multi-media interface
HMD	head-mounted display
MTP	motion to photons
OLED	Organic light-emitting diode
px	pixel
VE	virtual environment
VR	virtuální realita

ÚVOD

Virtuální realitě se v dnešní době dostává čím dál větší popularitě. Zařízení pro virtuální realitu jsou čím dál dostupnější a tím se otevírají nové příležitosti pro její využití, jak v akademické sféře, tak v praktickém životě. V oblasti geoinformatiky a GIS technologií zatím virtuální realita nenaplňuje možný potenciál svého využití.

Cílem práce je otestovat headset pro virtuální realitu Pimax 4K VR, jeho technické a vizualizační možnosti a jeho využití v oblasti geoinformatiky.

Zařízení, které vytváří, co nejrealističtější zážitek z virtuální reality, má ten největší potenciál k úspěchu mezi uživateli. Práce se proto po technické stránce zaměřuje především na úplné zprovoznění zařízení, testování doplňujícího hardwaru pro ovládání a další funkce působící na smysly uživatele virtuální reality.

Vizualizační možnosti jsou testovány v hlavně případových studiích, kde je vybráno více možností, které mají za cíl důkladněji prozkoumat využitelnost headsetu. Výsledky případových studií mohou být taky využity při popularizačních akcích Katedry Geoinformatiky Univerzity Palackého.

1 CÍLE PRÁCE

Cílem práce je otestovat hardwarové, softwarové, technologické a vizualizační možnosti brýlí pro virtuální realitu Pimax 4K VR.

První část zahrnuje sestavení odborné rešerše o virtuální realitě, která samostatně popíše definici virtuální reality, její vývoj, aplikace, fungování a současný stav na trhu s brýlemi pro virtuální realitu.

V druhé budou provedeny všechny potřebné kroky k připojení a instalaci brýlí, což bude popsáno v podrobném manuálu. Otestovány budou různé konfigurace, a to na více zařízeních PC a za pomoci specializovaného software. Z tohoto podrobného testování bude stanovena minimální a doporučená konfigurace. Dále ověříme možnosti připojení dalších HW zařízení určené především k ovládání.

V další části bude ověřen a sestaven přehled zdrojů a aplikací (mapových i nemapových), které jsou volně dostupné (tyto aplikace mohou být vhodné i pro vizualizaci ve VR). Poté dojde ke srovnání s dalšími brýlemi, které jsou dostupné na Katedře Geoinformatiky.

Náplní poslední části je provedení pilotní studie, jež má za cíl navrhnout vlastní VR vizualizaci, při níž bude kladen důraz na již zjištěné aspekty a limity brýlí. Sestaveny budou z tří scénářů z prostředí Katedry Geoinformatiky a okolí. Tyto vizualizace budou vytvořeny s možností následného využití na popularizačních akcích Katedry Geoinformatiky.

Budou vyplněny údaje o všech datových sadách, které byly vytvořeny nebo získány v rámci práce, do Metainformačního systému katedry geoinformatiky, a současně bude vytvořena záloha údajů ve formě validovaného XML souboru. Celá práce (text, přílohy, výstupy, zdrojová a vytvořená data, XML soubor) bude odevzdána v digitální podobě na CD (DVD) a text práce s vybranými přílohami odevzdám ve dvou svázaných výtiscích na sekretariát katedry.

O diplomové práci bude vytvořena webová stránka v souladu s pravidly dostupnými na stránkách katedry. Práce bude zpracována podle zásad dle Voženílek (2002) a závazné šablony pro diplomové práce na KGI. Povinnou přílohou práce bude poster formátu A2.

2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

Použité metody

Jako zdroj odborných poznatků o virtuální realitě bylo použito velké množství prací od různých autorů. Využívány byly databáze odborných článků Google Scholar a Mendeley. Data byla sbírána na kameru Niceboy PANO 360. Testování konfigurací počítačů probíhalo na vícero zařízeních a za pomoci specializovaného software na měření výkonu. Instalace a tvorba manuálu byla provedena po nastudování dostupného materiálu na internetu. Případové studie byly popsány i s postupem tvorby a následným hodnocením každé případové studie.

Použitá data

Data pro druhou případovou studii byly pořízeny na kameru Niceboy PANO 360, později pak došlo k jejich zpracování. Na tvorbu modelu v třetí případové studii byla použita data z Open Street Map, přičemž ke zpracování došlo v softwaru CityEngine.

Použité programy

Text práce byl psán v softwaru Microsoft Office Word, tabulky a grafy jsem pak v Microsoft Office Excel. K tvorbě citací pomáhá software Mendeley.

Testování konfigurací počítačů probíhalo za pomoci programů DrPi, Steam VR Performance a VRmark. Pro instalaci brýlí a následný přístup k aplikacím jsem použil softwaru PiPlay, SteamVR a OculusHome, přičemž ke zprovoznění hardwarových ovladačů byly použity nástroje DS4Windows a WalkinVR. Aplikace pro virtuální realitu jsou uvedeny v seznamu aplikací.

Ve druhé případové studii byl použit software na úpravu videí DaVinci Resolve. Ve třetí případové studii, týkající se tvorby modelu okolí Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého, jsem použil CityEngine. Pro budování aplikace se použil software Unity 2019 s rozšířeními v podobě pluginů. Všechny programy byly spuštěny na operačním systému Windows 10.

Postup zpracování

První fáze začala studiem odborné literatury, která se zabývá problematikou virtuální reality. Ze získaných znalostí došlo k sestavení rešerše, jež se zabývá základy fungování virtuální reality a poznatky o náhlavních zařízeních.

Po studiu a seznámení se s virtuální realitou bylo v další fázi nutné připojení brýlí a instalace software pro základní fungování. Informace o instalaci jak už hardwaru, tak i softwaru, byly získávány především z fór jako je PimaxForum. Po instalaci nastalo testování konfigurací počítačů. S konfigurací pro správné fungování začalo testování hardware ovladačů. Na dokončenou instalaci a konfiguraci navazovalo testování aplikací pro virtuální realitu a sestavení seznamu těchto aplikací.

V poslední fázi byly vytvořeny tři případové studie. Každá z těchto případových studií využívá jiného řešení využití brýlí Pimax 4K VR v geoinformaticce. Při tvorbě těchto studií bylo vycházeno ze znalostí o technických a vizualizačních možnostech brýlí získaných v předchozí fázi.

3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

3.1 Definování virtuální reality

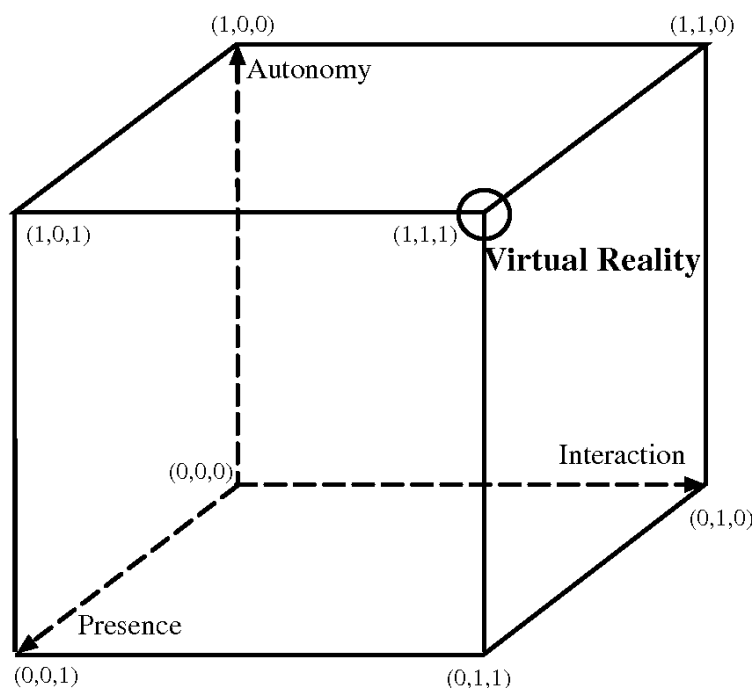
Definováním virtuální reality (VR) se již zabývalo velké množství autorů a odborných prací. Existuje množství různých definicí, přičemž nelze určit jedinou, která by přesně vystihovala VR se všemi jejími aspekty.

Rebello a kol. v roce 2012 doslova uvedli, že „ve velmi širokém smyslu je VR způsob, jak přesunout člověka do reality (tj. do virtuálního prostředí), ve kterém není fyzicky přítomen, ale má pocit, jako by tam byl“ (Rebello a kol. 2012). Cambridge Business English Dictionary na svých stránkách uvádí definici „VR je soubor obrazů a zvuků tvořených počítačem, které vytváří dojem, že reprezentují místo nebo situaci, na které se člověk může nacházet“ (Cambridge Business English Dictionary, 2019). Podle LaValle (2017) používá VR k indukci cíleného chování senzory, pomocí kterých uměle stimuluje organismus, aniž by měl povědomí o vnější stimulaci (LaValle 2017). Vzdělávací webová stránka o IT technologiích Techopedia uvádí, že se VR týká prostředí generovaného počítačem nebo vztahy, které jsou navrženy tak, aby simulovaly fyzickou přítomnost osoby ve specifickém prostředí. Toto prostředí je navrženo tak, aby navozovalo dojem skutečnosti. VR umožňuje lidem pohybovat se ve virtuálním prostředí a manipulovat s ním tak, jako by se jednalo o skutečný svět. Nejlepší virtuální realita je schopna uživatele zcela ponořit. Virtuální realita by neměla být zaměňována s prostými 3D prostředími, jako jsou ta, která se nacházejí v počítačových hrách, kde se můžete naučit a manipulovat s prostředím prostřednictvím avatara, nikoli se osobně stát součástí virtuálního světa (Techopedia, 2019). Dle Arnaldi a kol. (2018) „je možné definovat VR jako kapacitu přidělenou jednomu (nebo více) uživateli (uživatelům) provádět soubor reálných úkolů ve virtuálním prostředí. Tato simulace je zakládá na ponoření uživatele do tohoto virtuálního prostředí prostřednictvím interaktivní zpětné vazby a interakce se systémem“ (Arnaldi a kol. 2018).

Arnaldi a kol (2018) dále uvádí poznámky k této definici:

- „Skutečné úkoly“: skutečnost je taková, že úkol je skutečným, i přes to, že je vykonáván ve virtuálním prostředí. Například, můžete se začít učit pilotovat letadlo v simulátoru, protože rozvíjíte dovednosti, které budou následně použity v reálném letadle.
- „Zpětná vazba“: jedná se o informace získané ze sensorů (např. vizuální, sluchové, haptické), počítač tyto informace transformuje do digitální formy pomocí digitálních modelů, tj. tabulkových popisů, jako je vzhled objektu, intenzita zvuku, nebo síly.
- „Interaktivní zpětná vazba“: tyto syntetické operace vyplývají z relativně složitého zpracování softwarem, a proto to trvá určitou dobu. Pokud je tato doba příliš dlouhá, pak mozek vnímá okolí jako pevný obraz, což má za důsledek, že nevnímá žádnou vizuální kontinuitu. Proto je nezbytné, aby byla zpětná vazba interaktivní (nepostřehnutelná) – aby navozovala pocit ponoření.

- „Interakce“: tento termín označuje funkce nabízené uživateli jednat podle pravidel systému, pohybem, manipulací, či uspořádáním objektů ve virtuálním prostředí a podle toho přijímat informace, které jsou pak dodány z virtuálního prostředí k uživateli, ať už ve vizuální, sluchové, nebo haptické formě. Pokud neexistuje žádná interakce, nemůžeme odkazovat na zkušenost jako zkušenost s VR.



Obr. 1: Zeltrova AIP kostka (Mazuryk a kol, 2014)

3.2 Historie

Pro lepší porozumění problematice VR je dobré znát průběh historie jejího vzniku. I když VR tak, jak ji známe, je fenoménem posledních let, vývoj předchůdců započal již o desítky, či stovky let dříve.

19.století

Statická verze dnešních stereoskopických 3D televizorů se nazývá stereoskop a byla vynalezena před objevením fotografie v 1832 sirem Charlesem Wheatstonem. David Brewster, který dříve vynalezl kaleidoskop, použil čočky, aby vytvořil menší ruční stereoskop pro spotřebitele. Jeho stereoskop demonstroval v roce 1851 na výstavě u Crystal Palace a v roce 1856 Brewster odhadoval, že bylo prodáno přes půl miliónu stereoskopů. Tato první 3D verze lepenkového stereoskopu obsahovala samo-pohyblivé obrazy ovládané rukama. Brewsterův design je koncepčně stejný jako design View-Master z 20. století a dnešní Google Cardboard. (Jason Jerald, 2016).



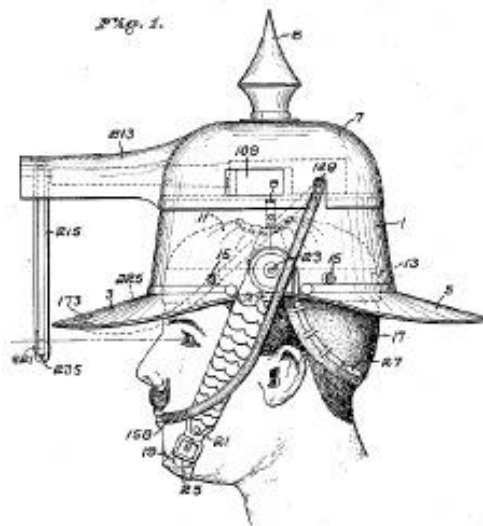
Obr. 2: Brewsterův stereoskop (*i.pining.com*)

Bylo to v roce 1895, kdy se stal film součástí společenského hlavního proudu (mainstreamu), a když diváci uviděli virtuální vlak, který na ně projel přes obrazovku v krátkém filmu „L'Arrivée d'un train en gare de La Ciotat“, někteří lidé údajně křičeli a utíkali dozadu kinosálu. I když je tato událost spíše pověstí než ověřenou zprávou, byl jistě kolem toho humbuk, vzrušení a strach o nové médium. Podobný tomu, co se dnes děje s VR. (Jason Jerald, 2016).

20.století

Inovace související s VR pokračovala ve 20. století a přesahovala pouhé promítání vizuálních obrazů. Objevily se nové koncepty interakcí, které by mohly být zvažovány za dnešní VR systémy. (Jason Jerald, 2016).

V roce 1916 byl patentován první náhlavní periskop. Patent byl udělen Albertu B. Prattovi. (Sherman & Craig, 2003).



Obr. 3: První náhlavní display (Jason Jerald, 2016)

Po několika letech letového výcviku prostřednictvím „tučňáků“ (letadla se zkrácenými křídly, která se nedokázala dostat ze země), vyvíjí Edward Link jednoduchý mechanický

letový simulátor pro trénování pilota na stacionárním (vnitřním) místě. Uživatel se může naučit létat a navigovat pomocí nástrojů ve cvičném kokpitu tzv. „Link Trainer“. Tato simulace letu se považuje jako předčasné přijetí technologie virtuální reality. Piloti mohou cvičit v umělém prostředí, které se chová tak, že navozuje pocit, jako by doopravdy létali. První simulátory používaly mechanické propojení s cílem zajistit kontrolu a zpětnou vazbu. I když letové simulátory předběhly moderní digitální počítač, dnes se už používají vysoce vyspělé počítače, simulátory, sledování pohybu a promítací technologie. (Sherman & Craig, 2003).



Obr. 4: link trainer (Sherman & Craig, 2003)

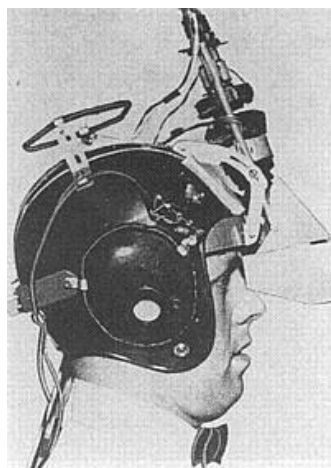
V padesátých letech navrhl Morton Heilig jak projekční helmu (HMD), tak zařízení Sensoramu. Morton Heilig tvrdil, že patentovaná HMD obsahuje objektivy, které umožňují horizontální a vertikální zorné pole 140°, stereofonní sluchátka a trysky pro vypouštění vzduchu, které poskytují pocit větrnosti při různých teplotách. Druhé zařízení Sensorama bylo vytvořeno pro pohlcující filmový zážitek a využívá stereoskopického barevného obrazu se širokým zorným polem, stereofonními zvuky, naklápěním sedadel, vibrací, simulací vůně a proudění vzduchu. (Jason Jerald, 2016).



Obr. 5: sensorama (LaValle 2017)

V roce 1961 postavili inženýři společnosti Philco Corporation první skutečné HMD se sledováním pohybů, které umožňovalo především sledování pohybů hlavy. Když uživatel

pohnul hlavou, kamera v jiné místnosti kopírovala tento pohyb, což simulovalo, jako by uživatel byl na jiném místě. Toto byl první funkční systém teleprezence na světě. O rok později získala společnost IBM patent na první vstupní zařízení pro rukavice. Tyto rukavice byly navrženy jako alternativa ke vstupu klávesnicí a senzor pro každý prst mohl rozpoznat více poloh prstů. Čtyři možné pozice pro každý prst s rukavicí v každé ruce vyústil v 1048575 možných kombinací vstupu. Vstup rukavic, i když s velmi odlišnými implementacemi, se později stal běžným vstupním zařízením pro VR v 90. letech. (Jason Jerald, 2016).



Obr. 6: Philco Corporation HMD (Jason Jerald, 2016)

Ivan Sutherland v roce 1965 vysvětluje koncept „ultimate display“ ve své prezentaci pro Mezinárodní federaci pro zpracování informací (IFIP). Sutherland vysvětluje koncept displeje, ve kterém může uživatel interagovat s objekty v nějakém světě, který nemusí dodržovat fyzikální zákony reálného světa: „je to okno do světa matematických divů.“ Sutherlandův popis zahrnuje kinestetické (haptické) i vizuální podněty. (Sherman & Craig, 2003).

V roce 1985, Scott Fisher, spolu s dalšími vědci z NASA vyvinuli první komerčně životaschopnou, stereoskopickou HMD se širokým zorným polem (FOV), nazvané „Virtual Visual Environment Display“ (VIVED). Zařízení VIVED bylo založeno na potápěčské masce se dvěma TV displeji. Scott Foster a BethWenzel poté postavili systém nazvaný Convolvotron, který poskytoval lokalizované 3D zvuky. Systém VR byl bezprecedentní, protože HMD mohlo být vyráběno za relativně přijatelnou cenu a v důsledku toho se zrodilo VR odvětví jako takové i v průmyslu. (Jason Jerald, 2016).



Obr. 7: zařízení VIVED (s.aolcdn.com)

VR trh explodoval v 90. letech s různými společnostmi zaměřujícími se převážně na profesionální výzkumný trh a trh zábavy. Příklady známých nově vzniklých společností VR byly Virtuality, Division a Fakespace. Existující společnosti jako Sega, Disney a General Motors, stejně jako mnoho dalších univerzit a různé armády, také nastartovaly výzkum v oblasti VR technologií. Byly natočeny filmy, byly napsány mnohé knihy, objevily se časopisy, a konaly se konference, které byly vytvořené se zaměřením výhradně na VR. V roce 1993 časopis Wired předpověděl že během pěti let bude více než jeden z deseti lidí nosit HMD při cestování autobusem, vlakem a letadlem. V roce 1995 New York Times uvedl, že ředitel společnosti Virtuality, Jonathan Waldern, předpověděl, že trh VR dosáhne velikosti 4 miliard dolarů do roku 1998. Zdálo se, že VR se chystá změnit svět a nebylo nic, co by tento fenomén mohlo zastavit. Bohužel, rozvoj technologie nebyl dostatečný a VR nemohla uspokojit trh. V roce 1996 vrcholil průmysl VR a pak začala pomalu většina společností, včetně Virtuality, ztrácet postavení. (Jason Jerald, 2016).



Obr. 8: Nintendo virtualboy z 90. let (LaValle 2017)

21.století

První desetiletí 21. století se nazývá „VR zimou“. Je to především způsobeno malou pozorností médií věnovanou VR od roku 2000 do roku 2012. Výzkum VR v tomto období pokračoval do hloubky ve firemních, vládních, akademických a vojenských výzkumných laboratořích po celém světě. Komunita VR začala směřovat k designu zaměřenému na pohodlí člověka s důrazem na studium uživatelů a stalo se těžkým obdržet přijetí s VR na konferenci bez zahrnutí nějakého formálního hodnocení. Tisíce „VRrelated“ výzkumných studií z této doby obsahují velké množství poznatků, které jsou dnes bohužel do značné míry neznámé. (Jason Jerald, 2016).

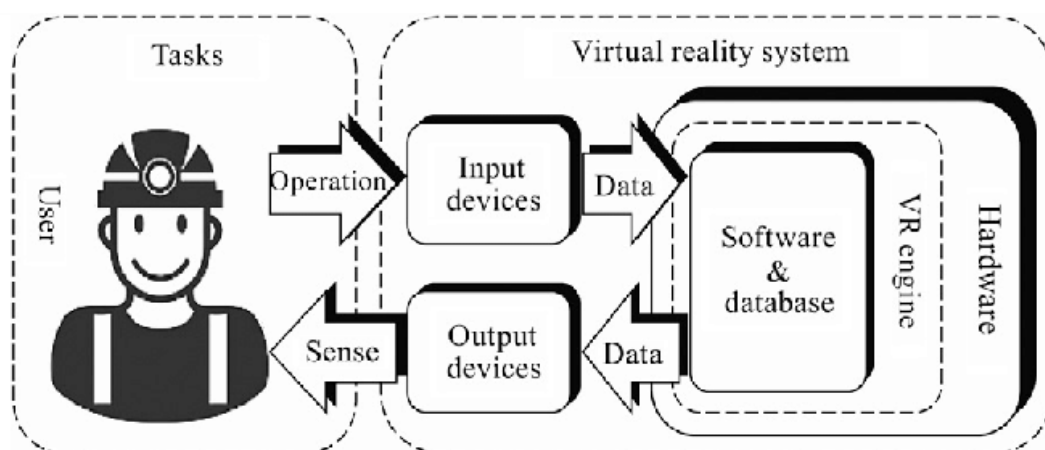


Obr. 9: Oculus rift dk1 (techcrunch.com)

V roce 2006 Mark Bolas z USC MxR Lab a Ian McDowall z Fakespace Labs vytvořili 150° zorné pole HMD Wide5, které bylo později použito ke studiu účinků zorného pole na uživatele a jeho chování. Výzkum týmu vedl k levnému poli FOV2GO (Field of View To Go), které bylo představeno na konferenci IEEE VR 2012 v Orange County v Kalifornii, kde zařízení získalo ocenění Best Demo Award jako součást projektu MxR Lab Open-source, který je předchůdcem většiny dnešních spotřebních HMD. V tom čase, člen téhož vývojářského týmu, konkrétně Palmer Luckey, začal sdílet svůj prototyp na Meant to be seen (mtbs3D.com), kde byl moderátorem fóra. Tam se poprvé setkal s Johnem Carmackem (nyní CTO Oculus VR) a společně vytvořili Oculus VR. Krátce poté vypustil Oculus Rift na server Kickstarter. Komunita hackerů a média znovu zachytili VR. Firmy začínající od start-upů až po platformu Fortune 500 si všimly hodnoty VR a začaly poskytovat zdroje pro vývoj VR, včetně Facebooku, který získal Oculus VR v roce 2014 za 2 miliardy dolarů. Tak se narodila nová éra VR. (Jason Jerald, 2016).

3.3 Systém VR

Systémem virtuální reality je hardware a operační systém, na jehož fungování jsou postaveny smyslové zážitky. Úkolem systému virtuální reality je efektivně komunikovat mezi obsahem aplikace a uživatelem intuitivním způsobem, jako by uživatel komunikoval s reálným světem. Lidé a počítače nemluví stejným jazykem, takže realistický systém musí mezi nimi fungovat jako překladatel nebo prostředník. V ideálním případě nebude technologie vůbec vnímána, aby uživatelé zapomněli na rozhraní a byly ponořeni do umělé reality, jako by byla skutečná. Komunikace mezi člověkem a systémem je zprostředkována pomocí hardwarových zařízení. Tato zařízení slouží jako vstup a/nebo výstup. Pro konzistenci je vstup považován za informaci, která putuje od uživatele do systému a výstupem je zpětná vazba, která přechází ze systému zpět na uživatele. Toto tvoří cyklus vstupu/výstupu, který trvá nepřetržitě po celou dobu interakce s VR. (Jason Jerald, 2016).



Obr. 10: systém virtuální reality (researchgate)

Primární výstupní zařízení používaná pro VR jsou vizuální displeje, reproduktory, haptické a pohybové platformy. Exotičtější displeje zahrnují i čichový receptor, simulaci vzduchu, tepla, ba dokonce chutě. Výběr vhodného hardwaru je nezbytnou součástí návrhu VR. Některý hardware může být vhodnější pro některé návrhy než jiné. (Jason Jerald, 2016).

3.3.1 Vstupní zařízení

Vstupní zařízení určují způsob, jakým uživatel komunikuje s počítačem. V ideálním případě by všechna tato zařízení měla být co nejvíce intuitivní a přirozená – měla by být prakticky nepostřehnutelná. Současný stav technologie bohužel není natolik vyspělý, aby to podpořil, takže naprosté přirozenosti lze dosáhnout jen v některých velmi omezených případech. Ve většině případů se stále musí zavádět některé interakční způsoby, které mohou být pro nekvalifikovaného uživatele obtížně pochopitelné. (Mazuryk, Gervautz, & Spol, 2014).

Senzory

U vizuálních a sluchových displejů namontovaných na těle musí být poloha a orientace smyslového orgánu sledována senzory, aby se podnět vhodně přizpůsobil. Orientační část se obvykle provádí pomocí inerciální měřící jednotky IMU. Hlavní složkou je gyroskop, který měří svou vlastní rychlost otáčení (rychlost se označuje jako úhlová rychlost a má tři složky). Měření z gyroskopu jsou integrována v čase, aby se získal odhad kumulativní změny orientace. Výsledná chyba, nazývaná chyba driftu, by postupně rostla, pokud by nebyly použity jiné senzory. Aby se snížila chyba driftu, IMU obsahují akcelerometr a případně magnetometr. Vzhledem k jejich malé velikosti, hmotnosti a ceně mohou být jednotky IMU snadno vloženy do nositelných zařízení. Jedná se o jednu z nejdůležitějších technologií pro současnou generaci náhlavních souprav VR, jež se používají především pro sledování orientace uživatele. (LaValle, 2019).

Digitální fotoaparáty poskytují další kritický zdroj informací pro sledovací systémy. Kamery umožňují sledovat přístupy, které využívají viditelnosti zraku. Cílem je identifikovat prvky nebo značky v obraze, které slouží jako referenční body pro pohybující se objekt nebo stacionární pozadí. Kromě těchto senzorů se spoléháme na mechanické spínače a potenciometry, které zastupují klávesnice a herní ovladače. Obvykle se také používá optická myš. Za jednu z výhod těchto známých zařízení lze označit to, že uživatelé mohou rychle vkládat data, případně ovládat své postavy využíváním svých znalostí ovládání ostatních konvenčních počítačů. (LaValle, 2019).



Obr. 11: vstupní zařízení VIVE a Oculus (roadtovr.com)

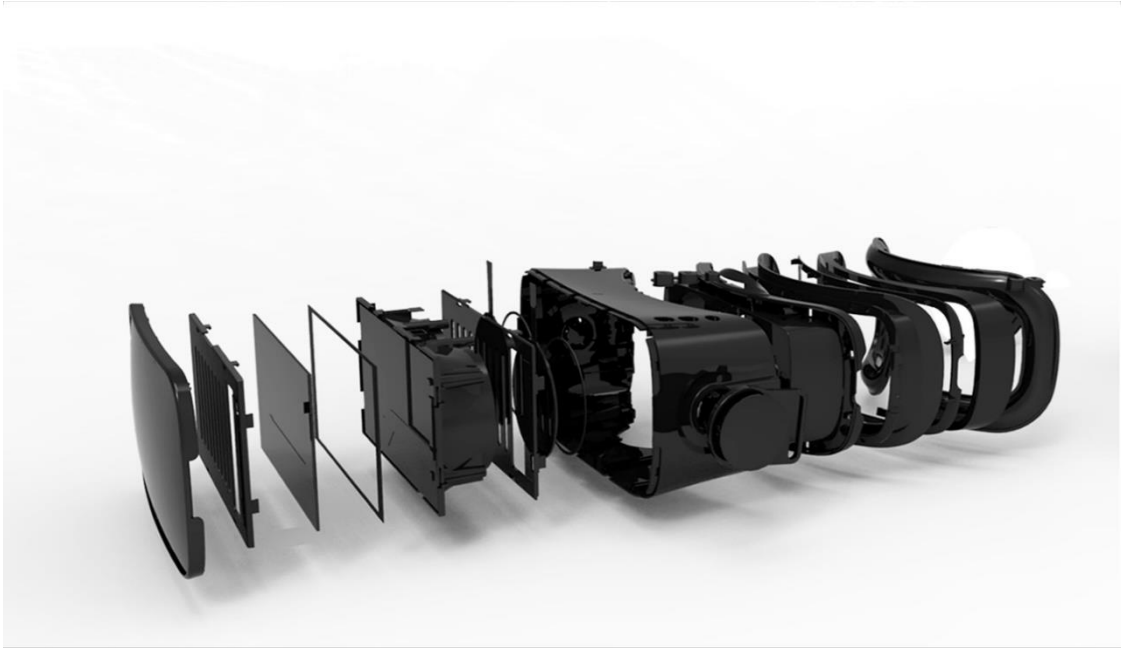
3.3.2 Výstupní zařízení

Výstupní zařízení jsou zodpovědná za prezentaci virtuálního prostředí a jeho jevů uživateli – přispívají k vytváření pohlcujícího pocitu. Mezi ně patří vizuální, sluchové nebo haptické displeje. Stejně jako v případě vstupu jsou výstupní zařízení také nedostatečně vyvinutá. Současný stav technologie neumožňuje dokonale stimulovat lidské smysly, protože výstupní zařízení VR nejsou zdaleka ideální: jsou těžké, mají nízkou kvalitu a nízké rozlišení. Ve skutečnosti většina systémů podporuje vizuální zpětnou vazbu a pouze některé z nich ji vylepšují zvukovými nebo haptickými informacemi. (Mazuryk, Gervautz, & Spol, 2014).

HMD

Headed Mounted Display (HMD), také známý jako Helmet Mounted Display, je výstupní obrazové zařízení, které uživatel VR nosí na hlavě, opatřené jedním nebo dvěma optickými displeji v souladu s jedním nebo dvěma očima. Možnost přijmout odlišné zobrazení pro každé oko umožňuje vytvořit různé obrazy zvláště pro levé a pravé oko, tak, aby bylo dosaženo hloubkového vjemu. HMD je považován za vrchol počátečních vizí VR. Ve skutečnosti, první systém VR také dal do povědomí první HMD. (Saggio & Ferrari, 2012).

Sledování polohy a orientace HMD je nezbytné pro VR, protože displej a sluchátka se pohybují s hlavou. Aby virtuální objekt vypadal stabilně v prostoru, musí být displej odpovídajícím způsobem aktualizován jako funkce aktuální pozice hlavy (například, když uživatel otočí hlavu doleva, obraz generovaný počítačem na displeji by se měl pohybovat doprava, aby se obraz virtuálních objektů v prostoru zobrazoval jako stabilní). Dobře implementované HMD obvykle poskytují největší množství ponoření. Nicméně, vytvořit dokonalý zážitek se skládá z mnoha výzev, jako je přesné sledování, nízká latence a pečlivá kalibrace. (Jason Jerald, 2016).



Obr. 12: rozložené HMD pimax 4k (vrbites.com)

Audio

Spatializovaný zvuk poskytuje pocit, že zvuk přichází z nějaké strany ve 3D prostoru. Reproduktoři lze upevnit v prostoru nebo se mohou pohybovat s hlavou. Sluchátka jsou preferována pro plně pohlcující systém, protože blokují více zvuku z reálného světa. (Jason Jerald, 2016).

3.3.3 Software

Kromě vstupního a výstupního hardwaru hraje velmi důležitou roli základní software. Je zodpovědný za správu vstupních/výstupních zařízení, analýzu příchozích dat a generování správné zpětné vazby. Rozdíl oproti konvenčním systémům spočívá v tom, že zařízení VR jsou mnohem složitější než zařízení používaná na pracovní ploše – vyžadují totiž extrémně přesné ovládání a odesílají do systému velká množství dat. Navíc, celá aplikace má velmi omezenou dobu aktuálnosti a software ji musí spravovat: vstupní data musí být zpracována včas a odezva systému, která je odeslána na výstupní displeje, musí být pohotová, aby nedošlo k degradaci pocitu ponoření. (Mazuryk, Gervautz, & Spol, 2014).

Z hlediska vývojáře by bylo ideální naprogramovat systém VR poskytnutím kódu na vysoké úrovni a nechat software automaticky naprogramovat všechny nízké detaily. V dokonalém světě by existoval engine VR, který by sloužil účelu podobnému herním enginům, které jsou dnes k dispozici pro vytváření videoher. Pokud vývojář postupuje podle již dříve zavedených postupů, pak je možné vyhnout se mnoha komplikovaným detailům používáním funkcí z dobře navržené softwarové knihovny. Pokud však developer chce zkusit něco originálního, pak by musel navrhovat program od nuly. Bohužel jsme v současné době daleko od toho, abychom měli plně funkční, všeobecně použitelné enginy VR. Vzhledem k tomu, že se aplikace VR rozšiřují, je pravděpodobné, že se objeví i specializované enginy VR. (LaValle, 2019).

3.3.4 Počítač

Počítač provádí generátor virtuálního světa. Je-li k napájení systému zapotřebí samostatný počítač, musí být mezi headsetem a počítačem zajištěna rychlá a spolehlivá komunikace. Toto spojení je v současné době tvořeno dráty, což vede k nepříjemnému uvázání; aktuální bezdrátové rychlosti nejsou dostačující. Většina potřebných senzorů se nachází na smartphonu, stejně jako na středně výkonném počítači. Smartphone tak může být upuštěn do pouzdra s objektivy, aby poskytoval zážitek VR s malými přidanými náklady. Omezení však spočívá v tom, že generátor virtuálního světa musí být jednodušší než v případě samostatného PC, protože běží na méně výkonném počítačovém hardwaru. V blízké budoucnosti jsou očekávány bezdrátové náhlavní soupravy, které obsahují všechny podstatné části ze smartphonů pro poskytování zážitků VR. Ty budou eliminovat zbytečné komponenty smartphonů, a místo toho budou mít vlastní optiku, mikročipy a senzory pro VR. (LaValle, 2019).

3.4 Virtuální realita a GIS

Gerloni a kol. definuje technologii VR-GIS jako kombinaci VR a GIS technologie, využívá tedy schopnost VR modelovat prostor s jeho interakcemi s okolím, kde je uživatel přímým účastníkem interakcí v tomto virtuálním prostředí a zobrazuje GIS informace v tomto prostředí. (Gerloni a kol. 2019). Kamel Boulos a kol. ve své práci poukazuje na to, že ve srovnání s tradičním GIS spočívá hlavní síla VR-GIS ve zdokonalené interakci mezi uživateli a systémem, což zlepšuje dojem uživatele jako takového a činí ho ponořenějším. (Kamel Boulos & kol. 2017).

Využití technologie VR-GIS může být různého charakteru. Spar3d uvádí, že VR-GIS se v dnešní době používá především pro vzdělávání, plánování a školení. (Spar3d 2017). Další využití doplňuje ve své práci Kamel Boulos a kol. Jedná se především o využití v doménách souvisejících se smart city a správou města, s dopravou, e-governmentem, e-businessem a v neposlední řadě jde o správu oceánů a ostrovů, virtuální komunity, geografii vzdělávání, vedení podzemního potrubí, a další. (Kamel Boulos et al., 2017).

3.5 Další Aplikace VR

Virtuální realita nacházela využití v různých oborech lidské činnosti již v průběhu jejího vývoje. S boomem, který nastal po prvním desetiletí 21. století, se její využití ještě umocnilo. Díky současné dostupnosti VR zařízení, se navíc otevřely dveře do odvětví, ve kterých to dříve nebylo možné.

Architektura a vizualizace dat

Po dlouhou dobu lidé shromažďují velké množství různých dat. Správa megabajtů nebo dokonce gigabajtů informací není snadný úkol. Aby bylo možné plně využít, byly vyvinuty speciální vizualizační techniky. Jejich cílem je učinit data vnímatelnými a snadno přístupnými pro lidi. Stolní počítače vybavené vizualizačními balíčky a jednoduchými rozhraními nejsou zdaleka optimálním řešením pro prezentaci a manipulaci s daty. Virtuální realita slibuje intuitivnější způsob interakce. Pocit přítomnosti a smysl pro prostor ve virtuální budově,

kteřou nelze dosáhnout ani nejrealističtějšími statickými obrazy nebo animacemi. Lze ho sledovat a vnímat v různých světelných podmínkách, stejně jako v reálných zařízeních. Lze dokonce procházet neexistujícími domy. (Mazuryk, Gervautz, & Spol, 2014).

Další disciplína, kde je VR také velmi užitečná, je vědecká vizualizace. Navigace obrovským množstvím vizualizovaných dat v trojrozměrném prostoru je téměř stejně snadná jako chůze. (Mazuryk, Gervautz, & Spol, 2014).



Obr. 13: využití VR v architektuře (*champagnesoda.com*)

Modelování a design

Při modelování virtuální realita nabízí možnost sledování v reálném čase a v reálném prostoru, jak bude modelovaný objekt vypadat. Jako příkladem mohou být nástroje virtuální kuchyně pro interiérových designérů, kteří si mohou představit své náčrty. Mohou měnit barvy, textury a pozice objektů a okamžitě sledovat, jak bude následně vypadat celé okolí. VR byl také úspěšně aplikován na modelování povrchů. Výhodou této technologie je, že uživatel může vidět, a dokonce i cítit tvarovaný povrch pod konečky prstů. Ačkoliv tyto práce jsou čistě laboratorními experimenty, je třeba se domnívat, že VR může mít velké využití v průmyslu, například při konstrukci nebo zlepšení tvarů karoserií automobilů či letadel přímo ve virtuálním aerodynamickém tunelu. (Mazuryk, Gervautz, & Spol, 2014).

Archeologie a historie

Využití VR v historii a archeologii má obrovský potenciál v použití v muzeích a návštěvnických centrech. Došlo k mnoha historickým rekonstrukcím. Tyto rekonstrukce jsou prezentovány v pre-renderovaném formátu na sdílené obrazovce, což umožňuje více než jedné osobě prohlížet počítačem generovaný svět. Omezuje však interakci, kterou plnohodnotná VR může poskytnout. (Okechukwu & Udoka, 2012).

Výcvik a vzdělávání

Použití letových simulátorů má dlouhou historii a můžeme je považovat za předchůdce dnešní VR. První takové aplikace se objevily koncem padesátých let a byly neustále zlepšovány v mnoha výzkumných ústavech, především pak pro vojenské účely. V současné době jsou využívány i mnoha civilními společnostmi, protože nabízejí nižší provozní náklady než skutečný letecký výcvik letadel, navíc jsou mnohem bezpečnější. (Mazuryk, Gervautz, & Spol, 2014).

Kromě výcviku má VR velké uplatnění ve vzdělávání. LaValle (2019) ve své knize uvádí: Pohled na první osobu by mohl znamenat revoluci v mnoha oblastech vzdělávání. V inženýrství, matematice a vědách nabízí VR možnost vizualizovat geometrické vztahy v obtížných pojmech nebo datech, které je těžké interpretovat. Motivace je zvláště vysoká, je-li reálné prostředí nákladné poskytovat nebo představovat zdravotní rizika. Možná největší příležitosti pro vzdělávání VR leží v humanitních oborech, včetně historie, antropologie a výuce cizích jazyků.



Obr. 14: Izraelský voják používá VR při výcviku (Rina Castelnuovo/Bloomberg.com)

Zdravotní péče

V tomto odvětví je rostoucí trend k distribuované medicíně, ve kterém lékaři budou cvičit lidi vykonávat rutinní lékařské procedury ve vzdálených společenstvích po celém světě. V jiném využití VR se lékaři mohou ponořit do 3D orgánových modelů, které byly vytvořeny z lékařských skenovacích dat. To jim umožňuje lépe naplánovat a připravit se na lékařskou proceduru studováním těla pacienta bezprostředně před operací. V dalším použití může VR přímo poskytovat terapii na pomoc pacientům. Příklady zahrnují překonání fobií a stresových poruch prostřednictvím opakované expozice, zlepšení, nebo udržení kognitivních schopností navzdory stárnutí a zlepšení motorických dovedností k překonání rovnováhy, svalových nebo nervových poruch. (LaValle, 2019).

3.6 Současný stav na trhu s headsety pro VR

3.6.1 Desktopové

Pimax 4K

Brýle pro virtuální realitu od Čínské firmy Pimax, která má své ústředí v Šanghaji. Do prodeje byly vypuštěny v dubnu roku 2016. Instalace funguje přes ovladač PiPlay (aktuální verze 3.0.0.85), který podporuje operační systémy Windows 7, 8.1, 10. Navíc je kompatibilní s aplikacemi SteamVR a Oculus Home. Připojení do počítače funguje přes USB 2.0/3.0 a DP 1.4/ HDMI. Jak už název brýlí napovídá, obraz disponuje rozlišením 4k (3840 x 2160 px), zorné pole (FOV) dosahuje 110°, obsahuje duální gyroskop, 18 ms MTP, spoléhá se také na duální 53 mm asférickou optickou čočku redukující závratě. Headset je vytvořen tak, aby zajišťoval ochranu očí před modrým paprskem. Brýle se dočkaly lehkého a ergonomického designu, hmotnost se pohybuje kolem 500 g. Brýle jsou prodávány v balení se sluchátky podporujícími virtuální 5.1 stereo audio systém. Žádné ovládací zařízení není součástí balení brýlí.

Pimax 5K

Další brýle pro virtuální realitu z dílny firmy Pimax. Jde o vylepšený model, vycházející z poznatků modelu Pimax 4K a v současnosti je ve fázi předprodeje. Softwarová podpora je podobná jako u předchozího modelu. Obraz se dočkal vylepšení na 5k (2 x 2560 x 1440 px), zorné pole bylo rozšířeno ze 110° na celých 200°, což by mělo zajistit nejen větší přehled při užívání, ale také větší zážitek z virtuálního světa. Vylepšení se také dočkala konstrukce, kde byla vylepšena ergonomie a byl vyhrazen dostatek místa, aby si uživatel během použití případně mohl nasadit i dioptrické brýle.



Obr. 15: Pimax 5K (roadtovr.live.com)

Pimax 8K

Nejvýkonnější headset pro virtuální realitu od Pimaxu. Už na první pohled se od Pimax 5K nijak výrazně designově neodlišuje, rozdíly najdeme především ve výkonu zařízení. Obraz tentokrát zvládá rozlišení 8k (2 x 3840 x 2160 px), což se nejvíce projeví na požadovaném

výkonu počítače, ke kterému bude headset připojen. Kompatibilita je prakticky stejná jako u Pimax 5K. Stejně tak jsou brýle ve fázi předprodeje.

Oculus Rift

Headset pro virtuální realitu od firmy Oculus VR, která spadá pod korporaci Facebook. První verze brýlí byla vydána v březnu roku 2016. Brýle jsou podporovány na platformách Windows, mac OS, Linux. Konektivita s PC zařízením je zajištěna pomocí USB 2.0/3.0, HDMI 1.3. Obraz si zakládá na OLED displeji s rozlišením 1080 × 1200 na oko (2 x 1080 × 1200 px), zorné pole snímá prostor 110° a obnovovací frekvence byla nastavena na 90 Hz. Oculus plně podporuje 6 DOF (degrees of freedom). Sluchátka, podporující 3D audio systém, jsou přímo integrována do zařízení. Oculus podporuje ovladače Xbox One controller od firmy Microsoft, stejně tak vlastní zařízení Oculus Touch. Firma Oculus VR postupně vydává nové modely pro virtuální realitu, jako vylepšení Oculus Riftu – Oculus Rift S nebo Oculus Go.

HTC vive

Brýle pro virtuální realitu, které vznikly spoluprací HTC a Valve (společnost vlastníci např. platformu Steam) a byly vydány v červnu roku 2016. Podporovány jsou na platformách Windows a Linux, přičemž podpora na platformě mac OS by měla přijít v budoucnu. Připojení k PC zařízení je zajištěno technologií USB 3.0, HDMI 1.4 a DisplayPort 1.2. K obrazu jsou využívány dva AMOLED displeje s rozlišením 1080×1200 na oko (2 x 1080 x 1200 px), zorné pole soustředí se na úhel 110° a obnovovací frekvence nastavena na 90 Hz. Sluchátka nejsou součástí balení headsetu, nicméně headset disponuje standardním konektorem 3.5 mm jack. Firma pak nabízí sluchátka k samostatnému dokoupení. Ovládání zařízení je možné pomocí Multifunction trackpad, Grip buttons, dual-stage trigger, System button a Menu button.

3.6.2 Konzolové

Playstation VR

Dalším headsetem pro virtuální realitu jsou brýle Playstation VR od Japonského výrobce Sony. Zařízení, vydané v říjnu roku 2016, bylo navrženo tak, aby fungovalo především s konzolí od stejného výrobce, a sice Playstation 4. OLED panely zajišťují obraz v rozlišení FullHD (2 x 960 x 1080 px), zorné pole pak dosahuje 100°. Jako hlavní ovládací prvky jsou podporovány zařízení Playstation Move, ovladač ke konzoli Playstation 4 – Dualshock 4 a zaměřovací ovladač PS VR. Na brýlích je konektor 3.5 mm jack pro připojení audio zařízení. Nechybí ani podpora 3D zvuku a vestavěný mikrofón. Headset funguje spolu se zařízením PlayStation Camera, pomocí níž sleduje polohu headsetu, pohybového ovladače PlayStation Move a světelné lišty ovladače Dualshock 4.



Obr. 16: PSVR (playstation.com)

3.6.3 Mobilní

Samsung Gear VR

Brýle od firmy Samsung. Fungují po připojení smartphonu, se kterým jsou kompatibilní. Mezi kompatibilní telefony patří výhradně modely od výrobce brýlí (Galaxy Note9, S9, S9+, Note8, Note FE, S8, S8+, S7, S7 edge, Note5, S6 edge+, S6, S6 edge, A8(2018), A8+(2018), A8 Star). Připojení je možné pomocí konektorů Micro USB či USB-C. Brýle jsou vybaveny následujícími senzory: Akcelerometrem, gyroskopickým senzorem a senzorem přiblížení. Pro ovládání je možné použít Gear VR Controller. Obsahem pro použití by mělo být podle výrobce přes 800 aplikací, které je možné stáhnout.

Google Cardboard

Jednoduchá platforma pro používání mobilní VR. Funguje na principu jednoduchých brýlí z kartonu, které si může uživatel sám poskládat. Do těchto brýlí vloží svůj smartphone a nainstaluje aplikaci Cardboard. Společnost Google zajišťuje podporu aplikaci Google Cardboard jak pro android, tak i pro iOS.

4 STANOVENÍ MINIMÁLNÍ A DOPORUČENÉ KONFIGURACE

4.1 Minimální konfigurace

Minimální konfigurace, kterou udává výrobce, je následující: operační systém Windows 7 nebo vyšší verze, procesor Intel i5 nebo lepší, paměť 4 GB RAM nebo více, grafická karta NVIDIA GeForce GTX 960/AMD R9 290 nebo lepší.

V průběhu testování bylo vyzkoušeno více zařízení PC s různou konfigurací HW. Tou nejméně výkonnou, na které bylo ještě možné použít brýle Pimax 4K, se stala následující: operační systém Windows 7, procesor Intel i5, paměť 4 GB RAM, grafická karta NVIDIA GeForce GT 620.

4.2 Utility na testování konfigurací

Dr.Pi

Aplikace přímo od výrobce Pimax. Zkontroluje komponenty počítače a porovná je s oficiální minimální konfigurací. Dále pak vyhodnotí, zda je počítač připraven pro zařízení Pimax 4K, případně Pimax 8K.

Steam VR Performance Test

SteamVR Performance Test je aplikace dostupná zdarma na platformě Steam, která má za úkol zjistit, zda PC sestava, na které se test provádí, technicky zvládne fungování virtuální reality. Testování je založeno na obsahu dema Aperture Science Robot Repair a funguje tak, že na základě technologie zvané Dynamic Fidelity měří snímkové frekvence a porovnává je s frekvencí, která je zadána jako optimální (90fps). Po sběru dat vyhodnotí, zda je systém připravený na virtuální realitu. Nástroj taky může pomoci určit, která část počítače potřebuje upgradovat pro zlepšení výsledků testu. Výhodou je, že při testu nemusí být zařízení (brýle) připojeno k počítači a test tedy může být proveden ještě před zakoupením zařízení.

VRMark

Benchmark od Futuremarku vyvinutý speciálně pro systémy virtuální reality. Obsahuje tři testy, a to Orange room test, Cyan room test a Blue room test. Zdarma je pouze první z testů Orange room, jenž využívá kombinaci softwaru a hardwaru za tím účelem, aby měřil výkon, latence a přesnost. Aby daná PC sestava prošla tímto testem, musí dosáhnout cílového počtu 109 snímků (v desktopovém módu, HMD módu stačí 88.9) za sekundu, ale zároveň nikdy během testování nesmí pod tuto úroveň spadnout. Test z hodnocení vytvoří vlastní skóre, které se řídí velikostí výkonu testované PC sestavy.

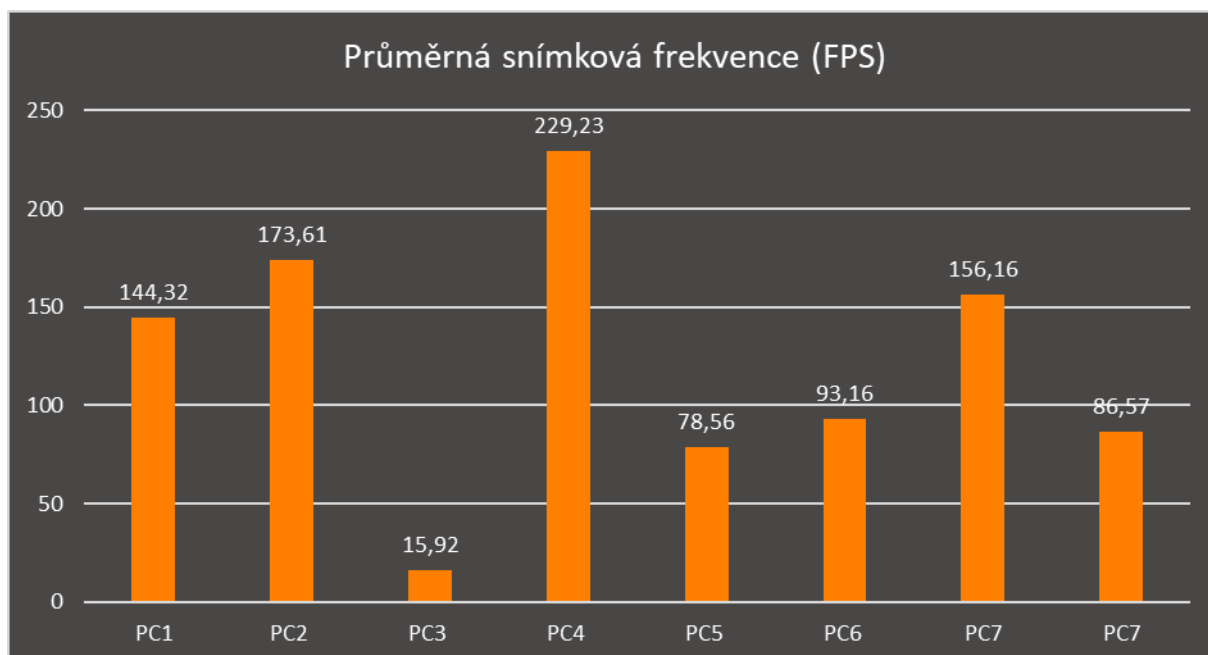
4.3 Doporučená konfigurace

Doporučená konfigurace pro bezproblémový chod brýlí Pimax 4K byla ověřována za pomoci softwaru VRMark, konkrétně pomocí Orange room testu. Nejdůležitějším parametrem testu byl ukazatel „Průměrná snímková frekvence“ v průběhu testu. Hlavním mezníkem pro to, aby zařízení prošlo testem, je, aby průměrná snímková frekvence přesahovala 109 fps. Pokud zařízení projde testem takovým způsobem, mělo by být schopné bezproblémově zvládnout chod brýlí Pimax 4K.

PC sestava	Grafická karta	Procesor	RAM
PC1	NVIDIA GeForce GTX 1060 (3 GB)	Intel Core i5 6500	16 GB
PC2	NVIDIA GeForce GTX 1070 Ti	Intel Core i5 7400	32 GB
PC3	NVIDIA GeForce GT 750M	Intel Core i5 3230M	6 GB
PC4	NVIDIA GeForce GTX 1080 Ti	Intel Core i7 4790k	32 GB
PC5	NVIDIA GeForce GTX 770	Intel Core i7 6700k	16 GB
PC6	NVIDIA GeForce GTX 970	Intel Core i7 4590k	16 GB
PC7	NVIDIA GeForce GTX 1060 (6 GB)	Intel Core i5 6500k	16 GB
PC8	NVIDIA GeForce GTX 1050	Intel Core i9 7920x	32 GB

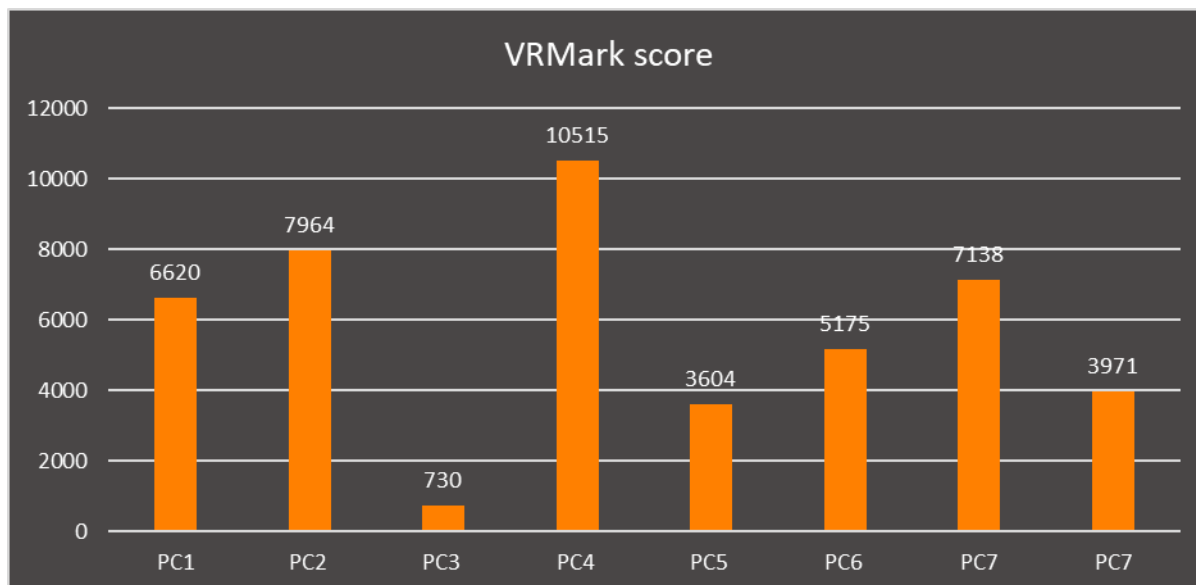
Tab. 1: Zařízení, které vstupovaly do Orange room testu

V tabulce výše jsou vypsaný všechny počítače a jejich parametry, které vstupují do testování testu Orange room.



Obr. 17: Graf testování průměrné snímkovací frekvence

Graf výše ukazuje výslednou průměrnou snímkovací frekvenci z osmi zařízení testovaných v Orange room testu.



Obr. 18: Graf testování s výsledným VRMark score

V dalším grafu je celkové skóre (VRMark score) testovaných zařízení v Orange room testu (čím vyšší skóre testu, tím výkonnější PC sestava).

Výsledkem je, že k dosažení průměrné snímkovací frekvence 109 fps je zapotřebí sestavy s procesorem Intel i5, pamětí RAM 16 GB a grafickou kartou NVIDIA GeForce 1060 (3 GB).

5 SESTAVENÍ MANUÁLU

5.1 Připojení brýlí do PC

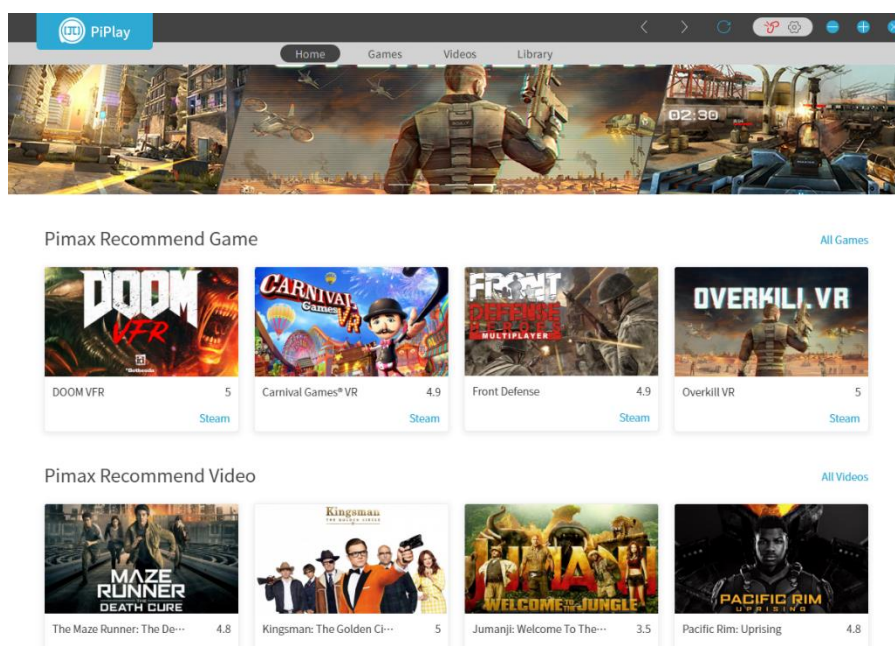
Prvním krokem je samotné připojení brýlí do zařízení PC. Z brýlí vycházejí dva kabely. První kabel slouží k vedení nekomprimovaného obrazového a zvukového signálu v digitálním formátu HDMI. Druhý je datový kabel USB. HDMI kabel musí být připojený v příslušném slotu nacházejícím se na grafické kartě (karta musí odpovídat minimálním požadavkům uvedeným výše). Připojení HDMI kabelu do slotu na základní desce pak vede k tomu, že software zařízení neidentifikuje.

5.2 Instalace software

Piplay

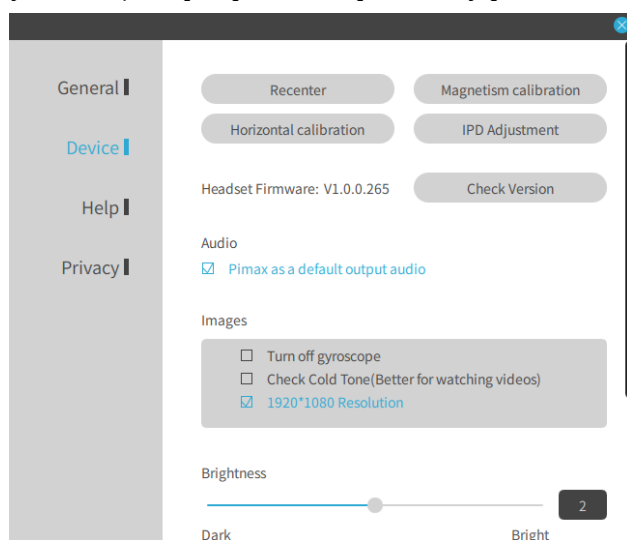
Po připojení je nutné nainstalovat software Piplay. Nejnovější verze (3.0.0.85) je dostupná na oficiálních stránkách <https://pimaxvr.com/pages/pitool>, při kliknutí na tlačítko Download Piplay. Instalace probíhá standardním způsobem. Vyžaduje se potvrzení licenčních podmínek, dále výběr adresáře, do kterého bude Piplay nainstalován. Posléze instalátor doporučí, aby byla během zbytku instalace pozastavena činnost antivirového softwaru, a to z toho důvodu, aby antivirus omylem nevymazal nějaký soubor při instalaci. Jediná věc, která může během instalace překvapit, je jen částečný překlad instalátoru do anglického jazyka.

Po instalaci se následně spustí samotný program. V hlavní nabídce obsahuje panely Home, Games, Videos a Library, které se používají pro práci s obsahem. V horním rohu se nachází tlačítko pro přepínání režimů a nastavení. Tlačítko pro přepínání režimů nabízí možnost přepnutí mezi Pimax Mode a Video Mode. Pimax Mode podporuje hry, panoramatický pohled, 2D a 3D video. Video Mode si naopak zakládá na přehrávači Kodi pro sledování 2D a 3D videa.



Obr. 19: hlavní stránka Piplay

Tlačítko menu otevírá okno se záložkami General, Device, Help a Privaci. V záložce General najdete základní nastavení, jako třeba nastavení jazyka, nastavení složky pro stahování, odkazy na VR přehrávače a další. Záložka device pak nabízí pokročilejší nastavení. Součástí je také kalibrace brýlí, do které řadíme určení středu, magnetickou kalibraci, horizontální kalibraci, či kalibraci IPD (vzdálenost měřená v milimetrech mezi středy zorniček). Dalšími nastaveními jsou možnost vypnutí gyroskopu, snížení rozlišení (na polovinu ze 4K rozlišení), nastavení jasu a nastavení kvality renderovaného obrazu. Zbylé dvě záložky Help a Privacy odkazují na podporu a na podmínky použití.

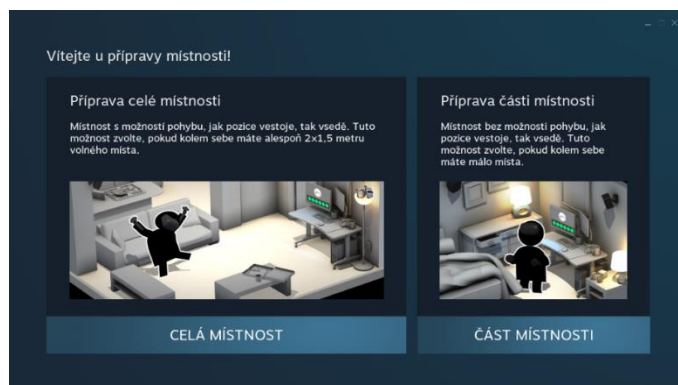


Obr. 20: Piplay–nastavení

Steam VR

SteamVR je software, který umožňuje používat velké množství aplikací pro VR z knihovny Steam. Prvním krokem instalace je založení Steam účtu a stažení aplikace Steam. Po nainstalování aplikace a přihlášení se na vytvořený účet nás čeká nalezení a nainstalování SteamVR ze Steam obchodu. Po instalaci SteamVR je nutná instalace místnosti.

Příprava místnosti se spustí v menu kliknutím na „Spustit přípravu místnosti“. V prvním kroku je nutné vybrat, jestli bude využívána celá místnost nebo jen její část. V důsledku omezení pohyblivosti kabelem připojeným k PC doporučuji vybrat možnost „Část místnosti“. Dalším krokem je umístění brýlí do prostoru, poté umístění brýlí do základní polohy, která bude nastavena jako výchozí při spuštění jakékoliv aplikace, a následně kalibrovat střed. Posledním krokem se rozumí položit brýle na stabilní povrch, kalibrovat podlahu a následně doplnit údaj, jak vysoko nad podlahou byly brýle při kalibraci.

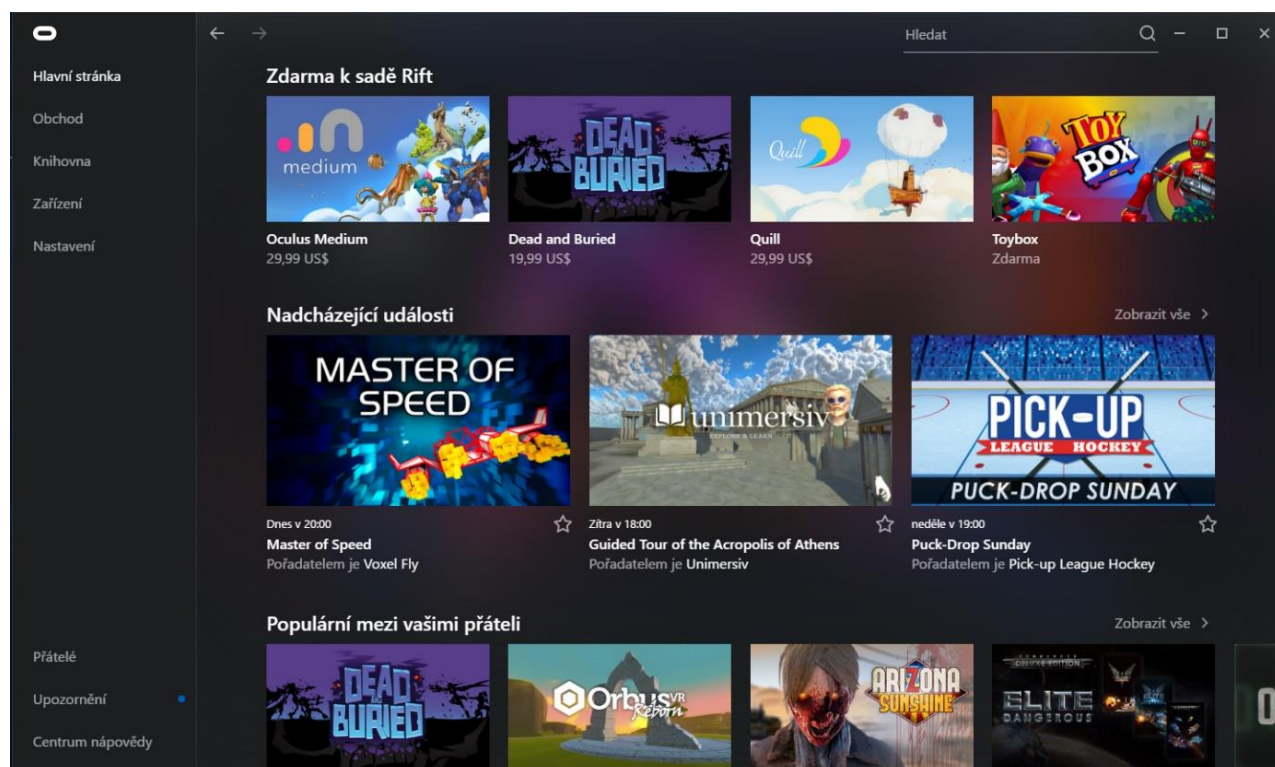


Obr. 21: SteamVR–příprava místnosti

Oculus Home

Za další software, který umožňuje dostat se k aplikacím pro VR, bych rád označil Oculus Home. Jedná se o software od konkurenční společnosti Oculus, pro jejíž zařízení je také primárně vytvořen. Nicméně, používat jej můžeme i pro headset Pimax4K, nicméně bez oficiální podpory.

K instalaci potřebujeme mít účet na stránkách zařízení Oculus (odkaz na registraci: <https://secure.oculus.com/sign-up/>). Po registraci lze stáhnout a nainstalovat aplikaci Oculus Home. Následně se vyžaduje předem stáhnout a nainstalovat aplikace, které budou dále používány. Dále je nutné restartovat Oculus home otevřít Pisplay a v záložce Library se zobrazí aplikace z platformy Oculus Home, jež následně můžeme spustit.



Obr. 22: Oculus home hlavní stránka

5.3 Připojení hardware

Sluchátka

Sluchátka jsou součástí balení brýlí Pimax4K. Jejich připojení je velmi jednoduché, poněvadž se jedná o pouhé připojení do jack 3,5 mm konektoru, který se nachází na brýlích. Poté je nutné zkontrolovat v ovládacím panelu počítače „zvuk“, jestli jsou sluchátka nastavena jako výchozí zařízení.

Klávesnice+myš

Klávesnice a myš nemá nativní podporu pro rozhraní SteamVR. Toto rozhraní bylo naprogramováno pouze pro ovládání pohybovým ovladačem, jako třeba HTC Vive nebo

Oculus Touch. Pro použití klávesnice a myši se vyžaduje použití softwaru třetí strany, který tento problém vyřeší.

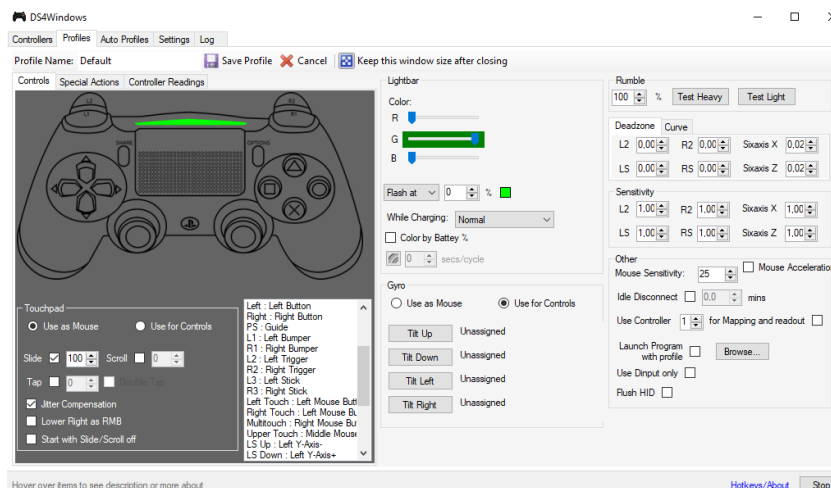
V tomto případě byl vybrán Driver4VR (odkaz na stažení <https://www.driver4vr.com/download/>). Tento program dokáže emulovat zařízení jako myš nebo klávesnici do prostředí Steam VR, tak aby se chovala jako pohybový ovladač HTC Vive (mimo to zvládá program práci s dalšími hardwarovými ovladači).

Před instalací je nutná registrace a výběr verze (placená a trial verze). Poté lze daný program spustit, společně se Steam VR. Před celkovým spuštěním je ještě nutné nastavit zařízení otevřením položky „tracker manager“. V levém okně se objeví původní ovladače a v pravém okně ovladače, které jsou připojeny k počítači. Dále je nutné přiřadit k původním ovladačům, tedy k levému a pravému ovladači, ovladače z pravého okna (může to být například klávesnice + myš nebo myš + myš). Tlačítko assign potvrdí přiřazení. V dalším kroku tlačítkem open toggle device support window přiřadíme hodnotu „on“ k emulaci myši a klávesnic (pokud byla zvolena varianta myš + myš, tak přiřazujeme pouze k emulaci myši. Pro zjištění přednastavených funkcí jednotlivých tlačítek myši či klávesnici použijeme „vr configuration“, kde mimo přednastavené funkce najdeme také možnost nastavení vlastních. V posledním kroku se tlačítkem „Start Driver4VR“ spustí celý proces.

Dualshock 4

Gamepad pro zařízení Playstation 4. Pro aplikace SteamVR nemá podporu, lze však nainstalovat software, který umožní používat toto zařízení jako ovladač pro SteamVR.

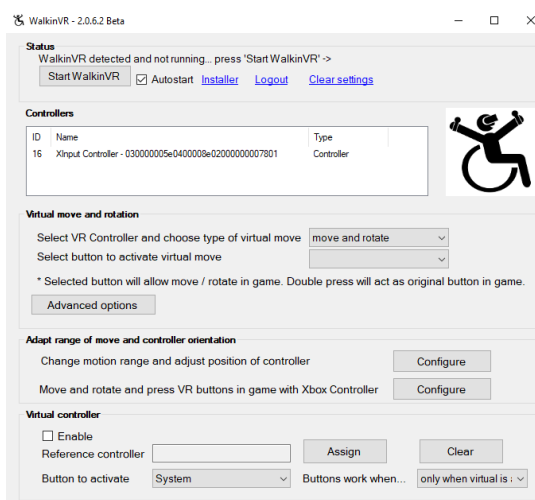
Protože Dualshock 4 nemá podporu Steamu, je nutné nainstalovat software DS4Windows (odkaz na stažení: <https://github.com/Jays2Kings/DS4Windows/releases>). Po instalaci je nutné najít zařízení Dualshock 4 a po nalezení lze provádět velké množství nastavení. Software DS4Windows předělá gamepad Dualshock 4 na Xbox Controller, se kterým je možné dále pracovat. Pro nastavení ovládání pro jednotlivé aplikace na platformě Steam je potřeba zapnout režim Big Picture, který má nativní podporu pro Xbox controller.



Obr. 23: DS4Windows

Aplikace GoogleEarthVR podporuje pouze pohybové ovladače. Ovládání pohybu pomocí Dualshock4 není možné. Existuje však možnost použít aplikaci určenou primárně pro handicapované WalkinVR (odkaz na stažení: <http://www.walkinvrdriver.com/download/>). Tato aplikace umožňuje použít Dualshock 4, a to jako pomocný ovladač k pohybu. Instalace

vyžaduje nejdřív registraci. Po instalaci je potřeba zapnout SteamVR, WalkinVR se po této akci sám zapne a vyžaduje přihlášení. Dalším krokem po zapnutí je spuštění StartWalkinVr a nastavení pro jaký typ pohybu bude ovladač využit. Posléze se nabízí spuštění GoogleEarthVR a Dualshock 4 používat k pohybu v prostoru.



Obr. 24: WalkinVR

3Dconnexion SpaceMouse Compact

Po zapojení je nutné nainstalovat ovladač 3DxWare 10 for Windows. Po instalaci bylo zahájeno testování zařízení v prostředí SteamVR. Zařízení však nebylo rozpoznáno a instalace se tak nezdařila.

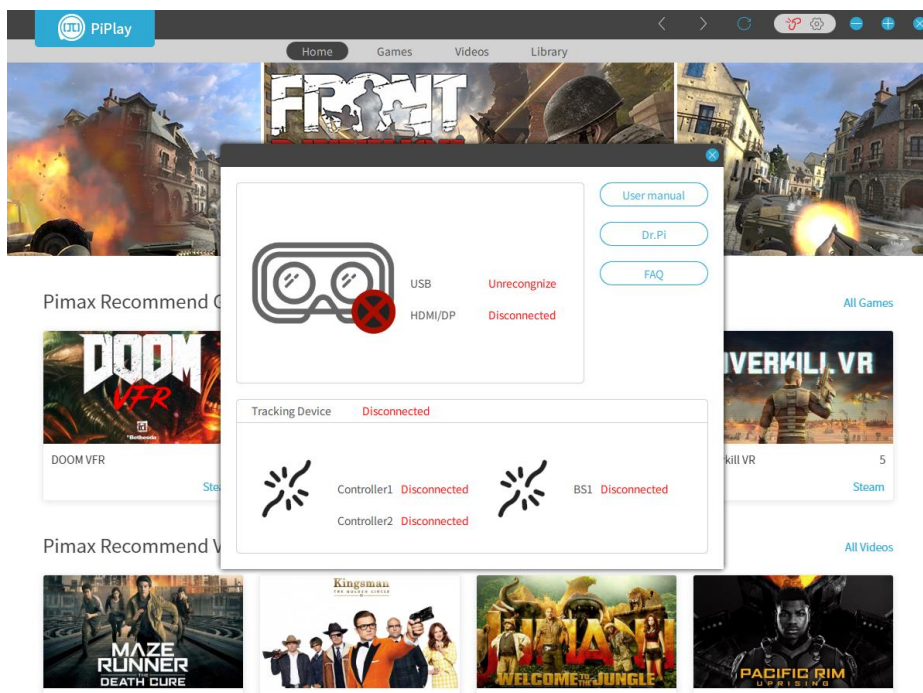
Xbox 360 controller

Instalace probíhá jako u gamepadu Dualshock 4, není však zapotřebí instalovat software ds4windows. Nastavení ovládání aplikací probíhá na Steamu v režimu Big Picture.

5.4 Časté problémy

Chyba při rozpoznání brýlí softwarem Piplay

Při připojení brýlí přes USB do základní desky a HDMI do grafické karty se rozsvítí ukazatele na brýlích a při nasazení je vidět plocha připojeného počítače. Nicméně, v softwaru Piplay není žádné připojené zařízení rozpoznáno. Aplikace Steam VR také žádné zařízení nerozpoznala. První důležitou věcí je kontrola připojených zařízení přes ovládací panel počítače správce zařízení. Pokud ve správci zařízení není rozpoznáno zařízení Pimax4K, potom jsou buďto brýle špatně připojeny do počítače, nebo je na nich nějaká technická závada. Jestliže jsou rozpoznány, pak je chyba na straně softwaru. Primárně se doporučuje restartování počítače, dalším krokem může být přeinstalování Piplay. V případě, že problém přetrvává, tak jako při testování, se ukázalo jako řešení přejít na starší verzi Piplay (konkrétně verze 2.0.7.54, která je dostupná na odkazu: <https://forum.pimaxvr.com/t/release-piplay-download/17>).



Obr. 25: Piplay–nerozponané zařízení

Steam VR nelze spustit

SteamVR byl stažen na platformě Steam a nainstalován bez jakýchkoli komplikací. Problém nastává při samotném spuštění SteamVR. Aplikace opakovaně ukazuje chybové hlášení a oznámení o nepovedené konfiguraci. Pokus o ruční nastavení selhává v momentě, kdy aplikace ukazuje, že nebylo nalezené žádné připojené VR zařízení. Jako řešení se ukázalo zapínat samotnou aplikaci SteamVR a jiné aplikace z platformy Steam přímo přes nabídku aplikací v Piplay. Po tomto kroku aplikace SteamVR úspěšně našla zařízení a začal samotný proces spouštění aplikace.

6 SEZNAM APLIKACÍ

K vytvoření seznamu aplikací využitelných pro vizualizaci, výukové potřeby nebo jako ukázková aplikace při popularizačních akcích katedry byly využity všechny dostupné zdroje, které se podařilo propojit s brýlemi Pimax 4K. Především byly použity aplikace z platformy Steam a Oculus home. Všechny aplikace jsou dostupné zdarma, popřípadě ve svých demo verzích.

Google Earth VR

Verze aplikace Google Earth určená pro VR. Umožňuje prozkoumat Svět v prostředí VR pomocí dvou pohybových ovladačů, které jsou nastaveny pro intuitivní ovládání. Průzkum Světa může probíhat po vlastní ose, nebo pomocí přednastavených scénářů. Tyto scénáře najdeme v hlavní nabídce v záložkách Tours, Cities a Nature. V hlavní nabídce funguje také vyhledávání míst pomocí adresy. Prohlížení povrchu Země může probíhat v 2D pohledu, případně můžeme přepnout do 3D pohledu za účelem lepšího zobrazení 3D objektů. Do pozdějších verzí aplikace byla přidána i funkce Street View. Tedy služba, která umožňuje zkoumání míst pomocí panoramatických snímků. Aplikace je dostupná na platformě Steam i Oculus home.



Obr. 26: aplikace Google Earth VR

1943 Berlin Blitz

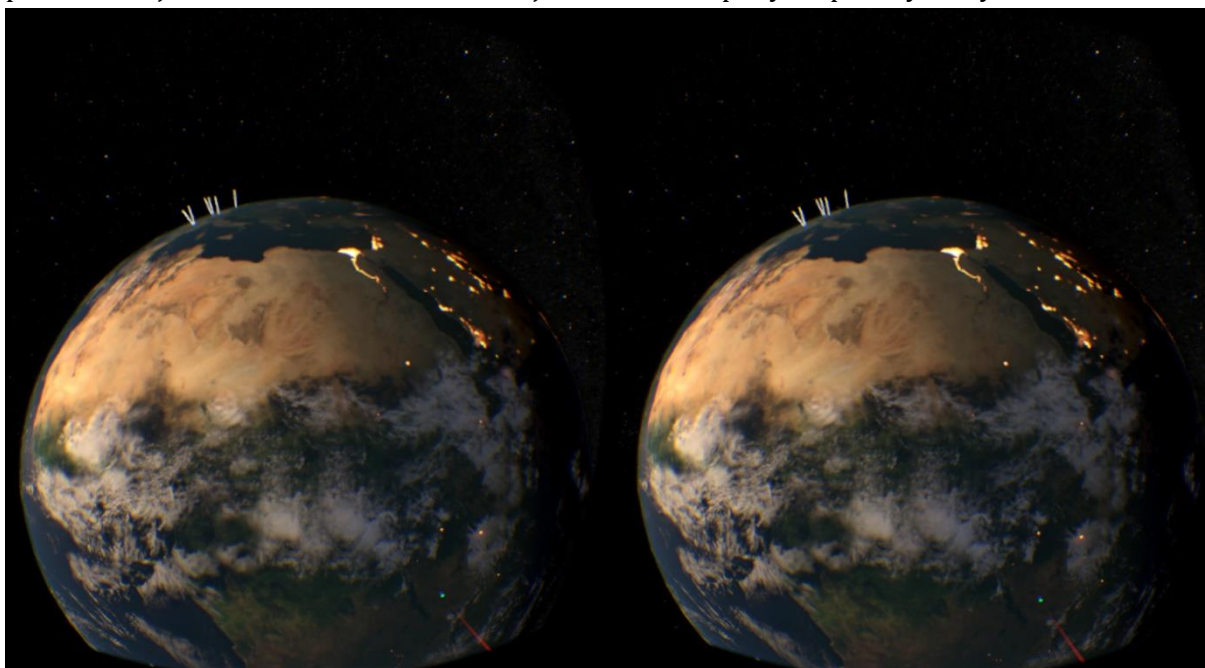
Aplikace, v níž se uživatel stane válečným reportérem BBC, letící v letadle Lancaster při náletu na Berlín v roce 1943. Důležitým úkolem aplikace je simulovat atmosféru leteckého náletu na Berlín. K ovládání se obejdeme bez jakýchkoli pohybových ovladačů. Obsaženy jsou autentické audio nahrávky přímo z letu.

Red Bull 360

Série čtrnácti panoramatických videí, které uživatele zavedou po různých zajímavých místech z celého Světa. Videá jsou v rozsahu jedné až sedmi minut a dostupné na platformě Steam.

Realities

Po startu aplikace se uživatel nachází před velkým modelem Země, na kterém si pomocí ovládacího zařízení vybírá místo virtuální prohlídky. Po stažení základní verze není dostupné žádné místo, a proto je nutné prohlídky stáhnout jako obsah DLC. Touto cestou nabízí aplikace šest DLC zdarma ke stažení. Mezi stažitelný obsah patří Terres d'Exploration, Cologne Cathedral, Death Valley, Beelitz Heilstätten, Bonus Locations a glückauf! Prostředí prohlídek je interaktivní a umožňuje uživateli pohyb po vybraných místech.



Obr.27: aplikace Realities

Under the Canopy

Výukové 360stupňové video z prostředí Amazonského deštného pralesa. Video zachycuje průchod pralesem a nevyhýbá se problémům, se kterým se tento prales potýká. Budeme tak moci sledovat procesy odlesňování, neudržitelný zemědělský rozvoj, ale také místní těžbu surovin.

Pixvana 360 Production Series

Série pěti panoramatických videí z různých odvětví lidské činnosti. Dostupné na platformě Steam.

Ghost Ship

Asi dvě minuty dlouhý klip v 360stupňovém videu z prostředí plavby lodě. Video bylo vytvořeno na základě výzkumných účelů kompletně v CGI prostředí.

Bear Island

Panoramatická aplikace, která sleduje život medvědů. Vytvořena byla v produkci stanice BBC a slouží především výukovým a poznávacím účelům. Dostupná na platformě Oculus home.

DeoVR Video Player

DeoVR je přehrávač videí pro virtuální realitu, umožňující přehrávat 2D, 3D, 180°, 360° video. Dostupný na platformě Steam i Oculus home.

Bigscreen Beta

Aplikace, která umožňuje provádět různé úkony ve virtuální místnosti. Virtuální místnost nabízí možnost sledovat filmy a televizi, hrát hry, nebo třeba sledovat zprávy. Za přednost této místnosti se sluší označit že, ji lze sdílet i mezi ostatní uživatele (až dvanáct). Pro využití místnosti s více uživateli aplikace nabízí možnost přizpůsobit si svého avatara podle vlastního uvážení. Vzhled virtuální místnosti samotné lze také přizpůsobit. Aplikace je dostupná jak na platformě Steam, tak i na Oculus home.



Obr. 28: aplikace Bigscreen Beta

Go Guess

V této aplikaci uživatel najde prohlídku pěti míst, u nichž musí uhádnout, kde se nachází. Po prohlídce místa otevře uživatel mapu, na níž vybere místo, kde si myslí, že se právě nachází. Aplikace to vyhodnotí a odešle zpětnou vazbu, jak daleko je jeho tip od místa, které bylo ukázáno.

EF EVE™ - Volumetric Video Platform

Aplikace, ve které je možné nahrát objekty zachycené v reálném světě a vizualizovat je ve virtuálním prostředí. K dispozici je celá řada nástrojů pro úpravu virtuálního prostředí a objektů, které jsou v něm vizualizovány. Aplikace je dostupná na platformě Steam.

Virtual Space

Aplikace, která promění počítač ve virtuální prostředí. Umožňuje prohlížení 360° snímků nebo videa, streamovat 360° video (např. pomocí YouTube), přehrávání 3D videa, ale také hraní her ve virtuálním prostředí.

War Thunder VR

Populární hra z válečného prostředí ve virtuální realitě. Umožňuje nahlédnout a stát se součástí obrovského virtuálního světa. Na výběr je zde simulace pilotování letadel nebo simulace řízení tanků. Dostupná na platformě Steam.

CINEVR - The Movie Theater

Aplikace, která přetvoří virtuální prostředí v kino. Umožňuje sledovat 3D i 360° video. Dostupné na Oculus home i Steam.

Connect – Virtual Home (3D or VR)

Vytvoří dům ve virtuálním prostředí. V tomto prostředí je možné využívat multimédia, používat sociální sítě a další věci. Je možné nahrávat 3D vizualizace a prohlížet je. Aplikace je dostupná na platformě Steam i Oculus home.

DCS World Steam Edition

Simulátor vojenské techniky, především stíhacích letounů. Zdarma nabízí simulaci stíhacích letounů Su-25T "Frogfoot" a TF-51D "Mustang". Další simulace je nutné zakoupit.

Greenland Melting

Aplikace, která má především výukový potenciál. Přenáší uživatele VR do prostředí Grónska, kde sleduje tání místních ledovců. Svým komentářem k situaci okolo tání ledovců provázejí aplikací dva vědci z NASA, kteří objasňují, proč k tomu dochází. Aplikace je volně dostupná na platformě Steam.

Seznam Aplikací				
Aplikace	Platforma	Oficiální podpora zařízení	Vstupní zařízení	Mapy
Google Earth VR	Steam VR, Oculus home	Oculus Rift, HTC Vive	Pohybové ovladače	Ano
Realities	Steam VR	Oculus Rift, HTC Vive, Windows Mixed reality	Pohybové ovladače, Gamepad	Ano
1943 Berlin Blitz	Steam VR	Oculus Rift, HTC Vive	Gamepad	Ne
Red Bull 360	Steam VR	Oculus Rift, HTC Vive	Pohybové ovladače, Gamepad, Klávesnice a myš	Ne
Bigscreen Beta	Steam VR	Oculus Rift, HTC Vive, Windows Mixed reality	Pohybové ovladače, Klávesnice a myš	Ne
Youtube VR	Steam VR	Oculus Rift, HTC Vive	Pohybové ovladače	Ne
Under the Canopy	Steam VR	Oculus Rift, HTC Vive	Pohybové ovladače, Gamepad, Klávesnice a myš	Ne
Pixvana 360 Production Series	Steam VR	Oculus Rift, HTC Vive	Pohybové ovladače, Gamepad, Klávesnice a myš	Ne
Red vs Blue 360	Steam VR	Oculus Rift, HTC Vive	Pohybové ovladače, Gamepad, Klávesnice a myš	Ne
Ghost Ship	Steam VR	Oculus Rift, HTC Vive	Pohybové ovladače, Gamepad, Klávesnice a myš	Ne
Minecraft	Oculus home	Oculus Rift	Gamepad	Ne
Bear Island	Oculus home	Oculus Rift	Pohybové ovladače, Gamepad	Ne
Go Guess	Steam VR	Oculus Rift, HTC Vive, Windows Mixed reality	Pohybové ovladače	Ano
EF EVE™ - Volumetric Video Platform	Steam VR	-	Gamepad	Ne
Virtual Space	Steam VR	Oculus Rift, HTC Vive	Klávesnice a myš	Ne
DeoVR Video Player	Steam VR	Oculus Rift, HTC Vive, Windows Mixed reality	Pohybové ovladače, Gamepad, Klávesnice a myš	Ne
CINEVR - The Movie Theater	Steam VR	Oculus Rift, HTC Vive, Windows Mixed reality	Pohybové ovladače, Gamepad	Ne
connect - Virtual Home (3D or VR)	Steam VR	HTC Vive	Pohybové ovladače, Klávesnice a myš	Ne
DCS World Steam Edition	Steam VR	Oculus Rift, HTC Vive	Gamepad, Klávesnice a myš	Ne
Greenland Melting	Steam VR	HTC Vive	Klávesnice a myš	Ne
War Thunder VR	Steam VR	Oculus Rift, HTC Vive	Gamepad, Klávesnice a myš	Ne

Tab. 2: Seznam aplikací

7 PŘÍPADOVÉ STUDIE

Jako výstup bakalářské práce byly vytvořeny tři případové studie zaměřené na využití brýlí pro virtuální realitu Pimax 4K VR v oblasti geoinformatiky. Každá z nich zkoumá rozličnou možnost vizualizace v prostředí VR. Během tvorby těchto studií jsem vycházel z poznatků o technických a vizualizačních možnostech brýlí získaných v předchozích částech práce. Hotové studie bude následně možno využít na popularizační akce Katedry Geoinformatiky v Olomouci.

7.1 První Případová studie

Pro první případovou studii bylo vybráno prostředí aplikace Google Earth VR. Jak už bylo v práci uvedeno, Google Earth VR disponuje omezeným množstvím scénářů z různých částí světa, které mají za cíl tyto zajímavá místa uživatelům přiblížit. Cílem této případové studie je tedy vytvoření vlastního scénáře prohlídky, pro kterou bylo vybráno devět míst v České republice.

Postup řešení

K vytvoření prohlídky posloužil online nástroj Google Earth VR Custom Tour Generator (dostupný na adrese: <https://earthvr-custom-tours.appspot.com>). Tento nástroj je dostupný zdarma a umožňuje vytvoření vlastního scénáře pro Google Earth VR.

Prvním krokem k vytvoření scénáře je výběr libovolného počtu míst (maximální počet, který nástroj povoluje, je 100). V tomto případě bylo vybráno devět míst, jež se nachází na území České republiky. Tato místa je nutné nalézt v prostředí aplikace Google Earth VR a pomocí tlačítka na ovladači přidat do oblíbených míst. Tímto krokem se ke každému místu zároveň vytvoří screenshot ve formátu JPEG. Tyto screenshoty jsou ukládány ve složce "%Username%/Pictures/Google Earth VR" v počítači. Dalším krokem je vybrat tyto screenshoty a nahrát je do nástroje Google Earth VR Custom Tour Generator stisknutím tlačítka zvolit soubory.



Brno-střed

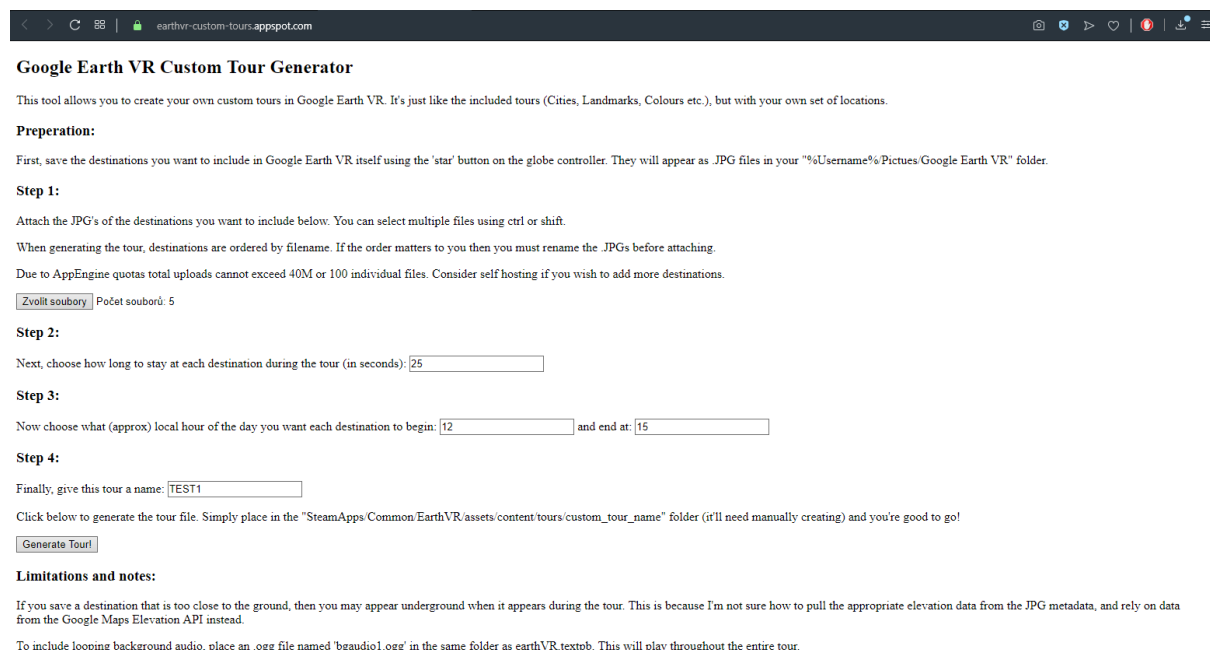
Google Earth VR

Imagery ©2016 Google, DigitalGlobe, GEODIS Brno, Landsat / Copernicus

Obr. 29: screenshot k uloženému místu

Ve druhém kroku je potřeba nastavit na jak dlouhou dobu se prohlídka v každém místě pozastaví. Pro účel první případové studie, bylo zvoleno 25 vteřin, které jsou dostatečné k prohlídce.

Třetím krokem bylo zvoleno, v jaký čas (nástroj počítá s lokálním časem) bude v každém místě prohlídka uskutečněna. V tomto případě byl zvolen čas mezi 12. a 15. hodinou z důvodu nejlepších světelných podmínek pro prohlídku.



Obr. 30: nástroj Google Earth VR Custom Tour Generator

Nakonec v posledním kroku je nutné scénář pojmenovat a akci dokončit tlačítkem Generate Tour! Poté následuje stažení souboru do počítače. Před spuštěním je nutné vytvořit složku s názvem scénáře, v tomto případě "První případová studie" v adresáři "Steam/SteamApps/Common/EarthVR/assets/content/tours" a zde uložit vygenerovaný scénář. Poté je scénář připraven ke spuštění v nabídce Tours aplikace Google Earth VR.

Hodnocení studie

Výsledkem této studie je scénář prohlídky v aplikaci Google Earth VR. Samotná tvorba scénáře byla z technického hlediska jednoduchá, což umožňuje širší využití. Výhodou tohoto řešení jsou především kvalitně zpracované vizualizace v prostředí aplikace Google Earth VR a možnost výběru kteréhokoliv místa pro přidání do scénáře. Za nevýhody se sluší označit nejen nemožnost vlastního pohybu v místech prohlídky, ale také nemožnost vlastního přizpůsobení míst (například přidání vlastního objektu).

Hodnocení první případové studie	
Klady:	Zápory:
jednoduché vytvoření	nemožnost pohybu
kvalitní vizualizace prostředí	nemožnost přizpůsobení
možnost nastavení času prohlídky	

Tab. 3: Hodnocení první případové studie

7.2 Druhá Případová studie

Úkolem druhé případové studie bylo využití 360° videa pro vizualizaci v brýlích pro virtuální realitu Pimax 4K VR. Pro vizualizaci byly vybrány prostory Katedry Geoinformatiky v Olomouci.

Nastavení kamery

Pro pořizování dat byla využita kamera Niceboy PANO 360. Tato kamera patří cenou i výkonem do nižší třídy (cena v rozmezí 2 500–3 000 Kč,- v srpnu 2019) na poli kamer s funkcí natáčet 360° videa.



Obr. 31: Nastavení kamery Niceboy PANO 360

Při samotném nastavení je prvním krokem vybrat mód videa. Kamera má na výběr hned několik módů, a sice „Rybí oko“, „Panorama 180“, „Panorama 360“, „4 v 1“, „3 v 1“, „2 v 1“ a „Youtube 360 mód“. Pro tuto studii byl z těchto módů vybrán „Youtube 360 mód“ z důvodu nejlepší vhodnosti pro zobrazení snímaného prostoru ve VR. Snímkovou frekvenci jsem nastavil na 60 Hz, přičemž rozlišení natáčení videa bylo již přednastaveno na Full HD 1080p.

Pořizování dat

Pořizování dat probíhalo v prostorách Katedry Geoinformatiky v Olomouci. Kamera byla pro lepší záběr při natáčení připevněna na selfie tyč. Po pořízení záběrů byla data zkopírována do počítače a připravena ke zpracování.

Zpracování dat

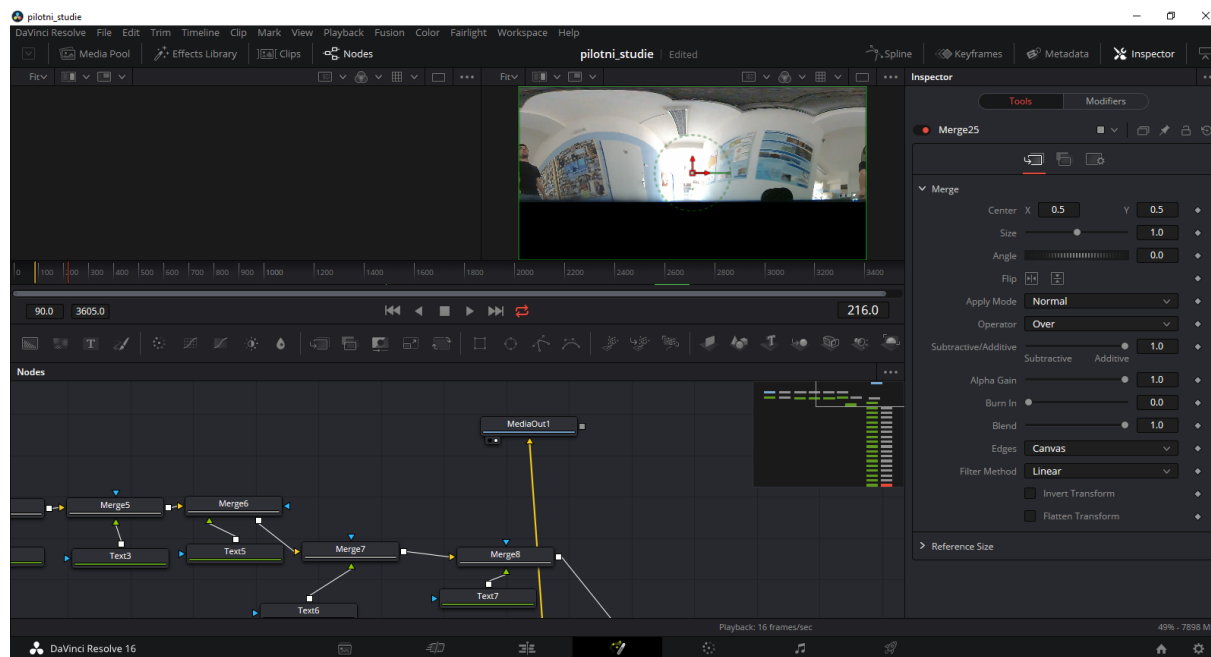
Pořízená data je potřeba před exportem do VR upravit v softwaru k tomu určenému. Pro úpravu dat pro tuto studii byl vybrán software DaVinci Resolve. Tento software je zdarma a nabízí širokou škálu možností pro úpravu 360 VR videí. Další výhodou DaVinci Resolve je intuitivní prostředí a rychlá orientace uživatele ve funkcích tohoto softwaru.

V prvním kroku při úpravě je nutné importovat záběry do pracovní plochy programu. Jak už zde bylo uvedeno, rozhraní softwaru je intuitivní a pro tento krok postačí pouhé přetažení souboru do prostoru pracovní plochy.

Dalším krokem je vystřížení nepovedených částí videa. Pro tuto akci je nutné se přesunout ve spodní liště do záložky „Cut“. V dolní části, v časové ose videa, je posunutím

ukazatele, vybráním daného časového úseku a použitím klávesy „Delete“ vystřižena vybraná část videa.

V další části řešení byl k videu přidán úvod a popisky místností katedry. Pro tyto akce je nutné použít nástroje ze záložek Edit, popřípadě Fusion. V záložce Edit byl přidán úvod videa. Těto akce dosáhneme přetažením do vybraného času videa v časové ose. Textové popisky je možné přidat v záložce Fusion použitím nástroje Text+. U přidávaných textových popisků nastavíme prostor ve videu, ve kterém se budou nacházet a čas videa, ve kterém budou viditelné. Dalším krokem je nastavení formátování textu (font, barva, velikost písma) v pravé části záložky.



Obr. 32: přidávání popisků v softwaru DaVinci Resolve

Po dokončení veškerých úprav je nutné video exportovat pomocí nástroje v záložce Deliver. V levé horní části záložky je důležité nastavit parametry exportu videa (rozlišení, formát, kódování videa). Po nastavení parametrů a výběru destinace pro uložení exportovaného souboru je třeba přidat projekt do renderovací řady (Add to Render Queue) a spustit renderování (Start Render). Po těchto krocích je hotové video exportováno a připraveno na import do VR.

Import probíhá v Piplay v záložce „My Contents“ pomocí nástroje „Import“. Vybráním exportovaného videa a přidáním do nabídky je připraveno pro přehrávání ve VR.



Obr. 33: záběr z druhé případové studie

Hodnocení studie

Výsledkem studie je virtuální prohlídka hlavní chodby Katedry Geoinformatiky v Olomouci v podobě 360° videa. Tvorba studie se dá ohodnotit jako středně náročná. Jako nejnáročnější část můžu označit samotnou editaci videa. Výhodou tohoto řešení je možnost natáčet na libovolném místě, jednoduchý import do VR, ale také možnost úpravy v editačním programu. Nevýhody představují především technické možnosti kamery. Jak už bylo ve studii uvedeno, kamera Niceboy PANO 360 patří mezi levná zařízení a pro získání výrazně kvalitnějšího obrazu je potřeba investovat do kamery poměrně značné částky. Další nevýhodou je nemožnost vlastního pohybu při prohlídce.

Hodnocení druhé případové studie	
Klady:	Zápory:
libovolná lokace natáčení	nemožnost pohybu
jednoduchý import do VR	technické možnosti kamery
možnost editace	

Tab. 4: hodnocení druhé případové studie

7.3 Třetí Případová studie

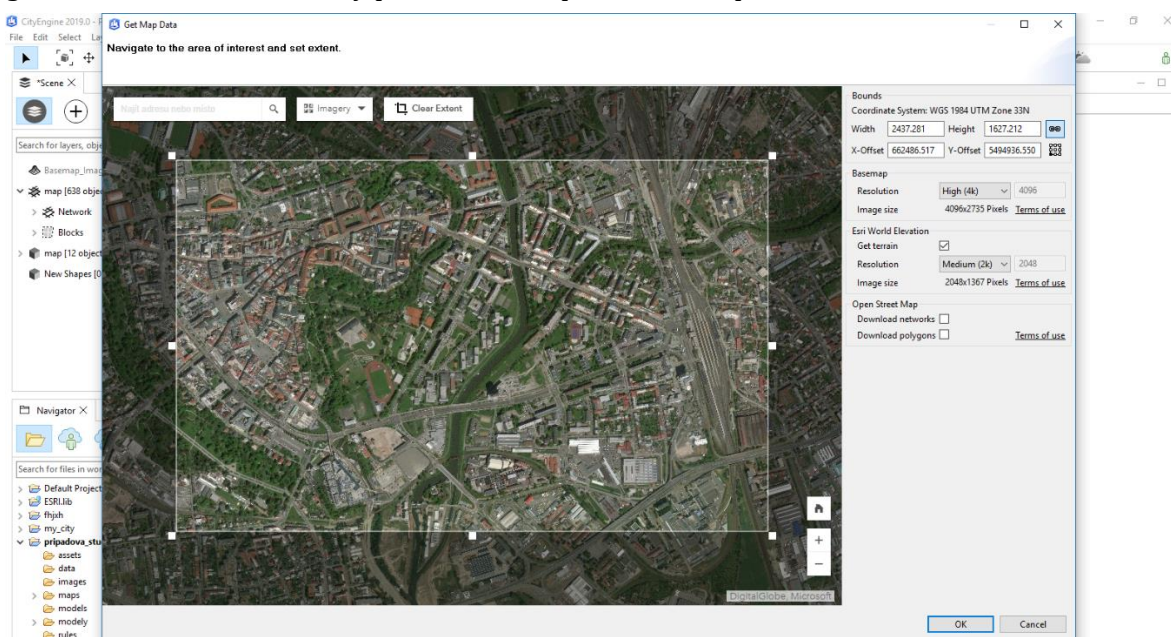
Cílem třetí případové studie bylo vytvořit aplikaci pro VR pomocí softwaru Unity. Tato aplikace je zasazena do prostředí okolí Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého. Úkolem aplikace je průzkum vizualizovaného modelu prostředí podle reálné předlohy.

Tvorba modelu

Tvorba modelu probíhala pomocí software CityEngine. Tento software dokáže vytvářet vizualizace 3D objektů z 2D geografických dat.

Prvním krokem k tvorbě modelu je instalace CityEngine a registrace uživatele pro získání všech funkcí a spuštění trial verze software.

Po instalaci a zprovoznění CityEngine bylo nutné vytvořit 3D model okolí Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého. Software CityEngine disponuje funkcemi, které jsou schopny generovat realistické modely pomocí dat z Open Street Map.



Obr. 34: import dat do CityEnginu

Ze začátku je potřeba vytvořit nový projekt a importovat do něj data. Import dat probíhá přes hlavní menu v záložce „File“ a funkci „Get Map Data“. Funkce Get Map Data má za úkol stáhnout vybraná data a přidat je do projektu. Po spuštění funkce je důležité nastavit souřadnicový systém (v tomto případě byl vybrán WGS 84 / UTM zone 33N), rozlišení podkladové mapy (1k), označit možnost stáhnout data z Open Street Map pro sítě a polygony. Po provedení následuje další dialogové okno s výběrem dat. Ze zaškrtnutých možností je potřeba odebrat možnosti Run Generate Bridges Tool after Import, Run Simplify Graph Tool after Import a Run Graph Cleanup Tool after import.

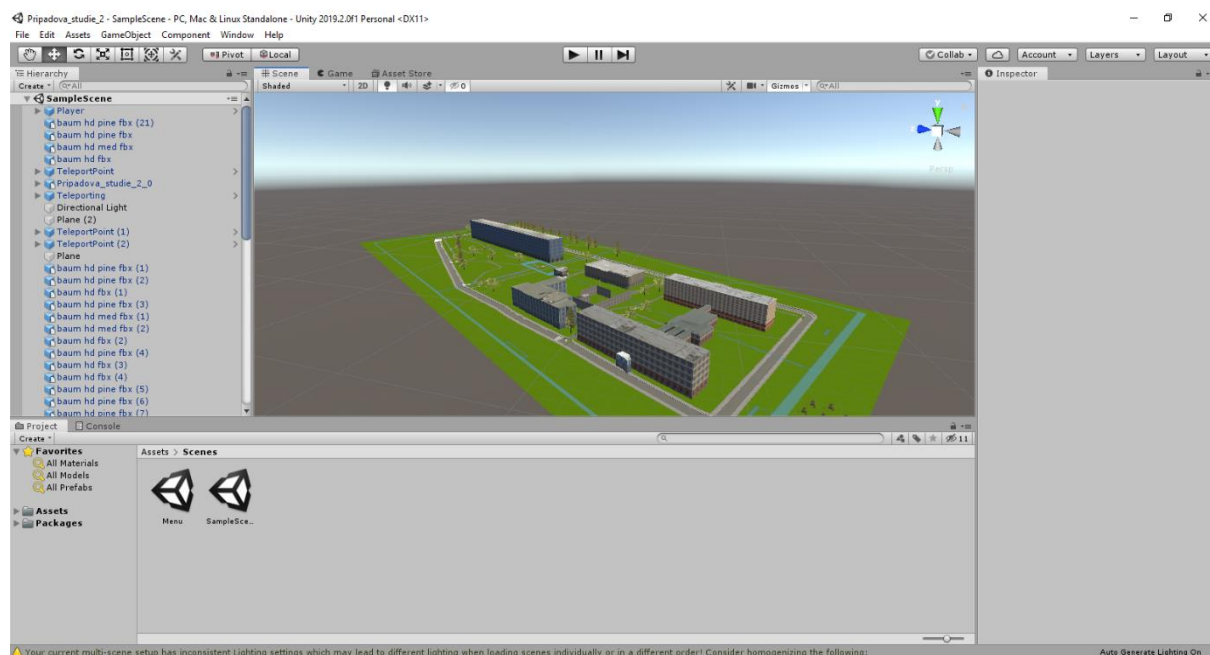
Po stažení a importu dat do projektu následuje generování 3D objektů pomocí nástroje Generate v horní liště nástrojů. Nástroj Generate vygeneruje v prvním kroku pouze bílé 3D modely budov. Pro vytvoření realističtějšího prostředí je nutné do modelu každé budovy přidat textury z fotografií reálných objektů.

Po dokončení úprav je dalším krokem exportovat vytvořený model do softwaru Unity. Pro export byl použit formát Wavefront OBJ, který byl vybrán z důvodu jednoduchosti

a vhodnosti pro export tohoto modelu do Unity. Exportovaný model byl importován do softwaru Unity a připraven pro tvorbu aplikace.

Tvorba aplikace

Prvním krokem tvorby aplikace pro VR je založení nového projektu v prostředí Unity a vytvoření nové scény. Následuje import modelu a spuštění modulu pro podporu VR v aplikaci. Tato akce probíhá přes záložku v hlavním menu „Edit“, kde se nachází další záložka „Player“. V okně „XR settings“, které se otevře po kliknutí na záložku Player je nutné povolit možnost Virtual Reality Supported.

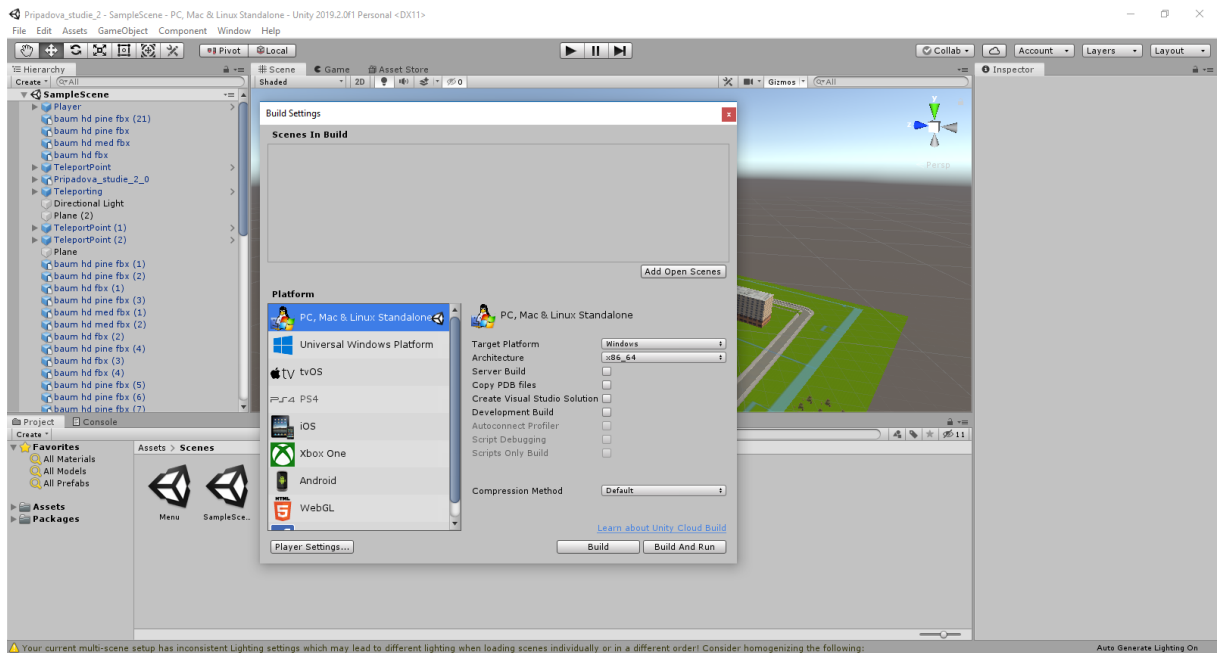


Obr. 35: prostředí softwaru Unity

Dalším krokem je Import SteamVR pluginu z Asset Store. Tento plugin obsahuje knihovnu skriptů s funkcemi pro tvorbu aplikace pro VR. Import probíhá v Asset Store, kde je nejprve nutné plugin vyhledat a poté kliknout na import pluginu.

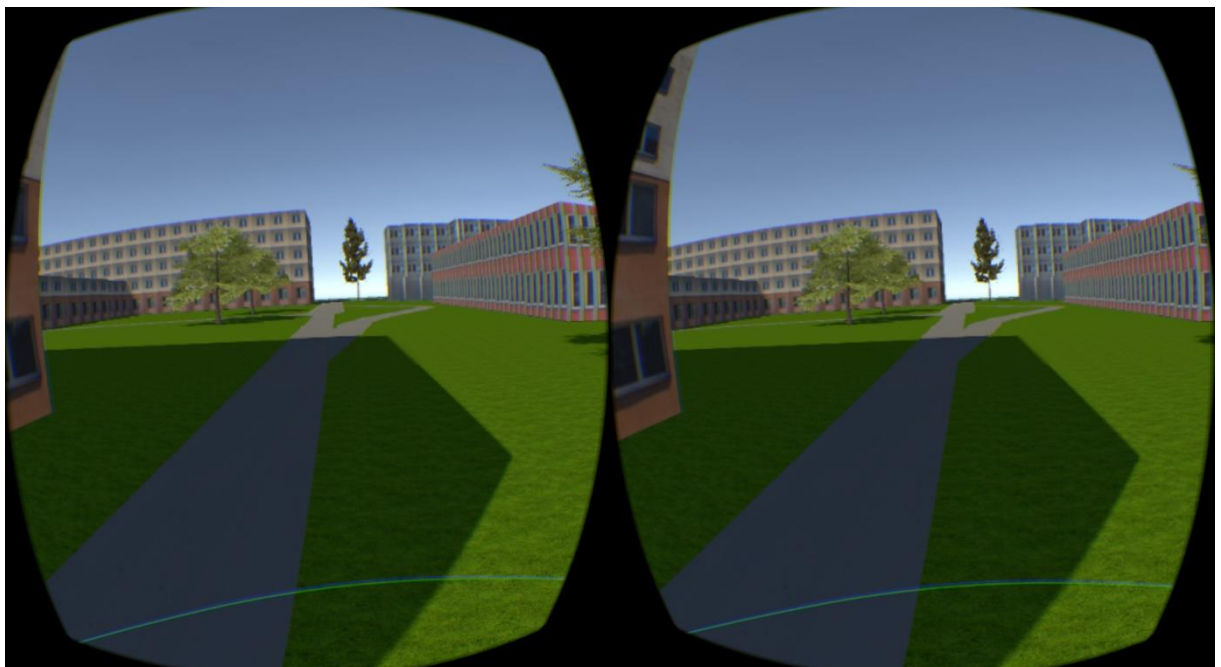
Po importu knihovny je potřeba přidat první skript Player, který představuje avatara ve VR. Tento skript byl přidán do výchozí pozice, kde se uživatel po spuštění aplikace bude nacházet. Po přidání skriptu player je potřeba vymazat položku Main camera.

V dalším kroku následuje přidání funkce teleportu pro usnadnění pohybu v aplikaci. SteamVR plugin obsahuje skripty pro teleportační body a teleportační lokace. Do aplikace byly přidány obě možnosti. Nejprve byl přidán skript „teleporting“, který povoluje teleportaci. Poté přišly na řadu teleportační místa (skript „Teleport point“), jež posléze byly rozmístěny po cestách. Pro vytvoření teleportační lokace je nutné z nabídky přidání 3D modelů vygenerovat plošinu a tu poté přizpůsobit požadovaným rozměrům. K této plošině je pak nutné pomocí tlačítka „add component“ přidat skript teleport area. Tento skript umožňuje libovolnou teleportaci po plošině.



Obr. 36: budování aplikace v softwaru Unity

Po dokončení programování funkcionality je aplikace připravena k exportu. Pro export aplikace je potřeba v hlavní nabídce, v záložce „File“ otevřít Build Settings. Otevře se okno, kde je nutné nastavit parametry exportu. V tomto případě nastavit platformu na Windows a vybrat cílovou složku, kde se aplikace uloží. Po tomto kroku je aplikace nachystána pro použití.



Obr. 37: hotová aplikace spuštěná ve VR

Hodnocení studie

Výsledkem třetí případové studie je vytvoření aplikace pro VR umožňující virtuální prohlídku okolí Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého. Aplikace je postavená na enginu Unity a funguje na platformě Windows. Tvorba aplikace se ukázala jako časově i technicky náročná. Výhodami tohoto řešení možnost tvorby vlastní vizualizace prostředí aplikace, import modelů z prostředí CityEngine, pohyb v aplikaci, přidání funkcionality ve formě pluginů. Nevýhodami jsou především časová a technická náročnost pro vytvoření aplikace.

Hodnocení třetí případové studie	
Klady:	Zápory:
vlastní vizualizace prostředí	časová náročnost
import z prostředí CityEngine	technická náročnost
pohyb v aplikaci	
funkcionalita v podobě pluginů	

Tab. 5: hodnocení třetí případové studie

8 VÝSLEDKY

První část výsledků je sestavení literární rešerše o problematice VR (viz kapitola 3 Současný stav řešené problematiky). Rešerše obsahuje stručný přehled o problematice rozdělený do šesti podkapitol. První dvě podkapitoly se zabývají definováním VR (viz kapitola 3.1 Definování virtuální reality) a historií VR (viz kapitola 3.2 Historie). Třetí podkapitola se zabývá systémem VR (viz kapitola 3.3 Systém VR). Tato kapitola vypovídá o tom, jak funguje vstupní zařízení, výstupní zařízení, software, počítač v systému VR i VR jako celek. V další kapitole se práce věnuje využití VR-GISu (viz kapitola 3.4 Virtuální realita a GIS), na což navazuje dalšími aplikacemi VR (viz kapitola 3.5 Další aplikace VR). V poslední kapitole je rozebrán současný stav trhu s headsety pro VR s rozdělením na desktopové, konzolové a mobilní (viz kapitola 3.6 Současný stav na trhu s headsety).

Po dokončení teoretické části následovala práce na praktické části. Nejprve byla zjištěna minimální a doporučená konfigurace počítače pro fungování brýlí Pimax 4K VR. (viz kapitola 4 Stanovení minimální a doporučené konfigurace). K tomu byl využit specializovaný software pro měření výkonu počítačových komponentů při provozu brýlí pro VR. Především se jedná softwarové utility Steam VR performance test a VRmark s testem orange room.

Se zjištěnou konfigurací byly brýle připojeny do počítače a pro spuštění byl nainstalován příslušný software. Všechny důležité kroky byly zaznamenávány, aby vznikl stručný manuál zapojení a instalace (viz kapitola 5 Sestavení manuálu). Následovalo zapojení a testování dalšího hardwaru (viz kapitola 5.3 Připojení hardware). Připojeny a otestovány byly jak zvuková zařízení (sluchátka), tak zařízení pro pohyb ve VR (Dualshock4, Xbox360 controller, klávesnice a myš). Z negativních zkušeností při práci byly sepsány návody, jak opravit různé chyby či problémy (viz kapitola 5.4 Časté problémy).

Po zprovoznění hardwaru a softwaru důležitého pro správné fungování byly testovány různé aplikace volně dostupné z knihoven PiPlay, SteamVR a Oculus Home. Po testování byl vytvořen seznam aplikací využitelných pro vizualizaci, výukové potřeby nebo jako ukázková aplikace při popularizačních akcích katedry a ke každé byl sepsán stručný popis (viz kapitola 6 Seznam aplikací).

Nejdůležitější částí bylo vytvoření třech případových studií, kdy každá studie zkoumá rozličnou možnost vizualizace v prostředí VR (viz kapitola 7 Případové studie).

V první případové studii byl vytvořen scénář prohlídky devíti míst v České republice (viz kapitola 7.1 První případová studie). Tento scénář doplňuje původní scénáře v Google Earth VR, které jsou dostupné v hlavní nabídce. Pro vytvoření tohoto scénáře jsem použil online nástroj Google Earth VR Custom Tour Generator. Tvorba tohoto scénáře nebyla nijak zvlášť náročná, přičemž i konečný výsledek fungoval bez potíží.

V druhé případové studii byla vytvořena virtuální prohlídka Katedry Geoinformatiky v Olomouci (viz kapitola 7.2 Druhá případová studie). Virtuální prohlídka je vytvořena v módu 360° videa. Pro natočení záběrů 360° videa z katedry byla použita kamera Niceboy PANO 360, která se ukázala být negativem této případové studie. Pořízená videa byla zpracována a upravena v softwaru DaVinci Resolve. Při editaci byl přidán úvod videa, vystřiženy nepovedené části videa a přidány jednotlivé popisky místností. Tvorba této případové studie se ukázala jako středně těžká, nejvíce náročná byla editace v softwaru DaVinci Resolve.

V poslední, tedy třetí případové studii, byla budována aplikace určená k průzkumu vizualizovaného modelu prostředí podle reálné předlohy okolí Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého (viz kapitola 7.3 Třetí případová studie). Zjednodušený model okolí Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého byl vytvořen v softwaru CityEngine. Data pro vytvoření byla stažena z datové sady Open Street Map. Ze stažených dat byly vytvořeny nejprve bílé 3D modely budov a modely silnic, poté byla přidána textura objektů podle reálných fotografií. Objekty byly vyexportovány do softwaru Unity, kde byly nejprve doplněny o zeleň. V softwaru Unity byly přidány prvky pro ovládání pohybových ovladačů ve VR. Dále byly přidány funkce jako teleporty pro usnadnění pohybu. Hotová aplikace byla vyexportována na platformu Windows. Tvorba třetí případové studie se ukázala, jako časově i technicky náročná.

Všechny tři případové studie se podařilo dokončit. I přes velké množství překážek problémů související jak s chybami s brýlemi, tak i s dalším hardwarem, se podařilo splnit všechny hlavní úkoly i většinu dílčích úkolů.

Celá práce poukázala na náročnost problematiky VR a na možnosti využití v geoinformatice. Také se ukázaly konkrétní nedostatky headsetu Pimax 4K VR.

9 DISKUZE

Virtuální realita existuje už poměrně dlouhou dobu, ale technologie pořád nejsou na takové úrovni, aby byla ještě více rozšířena (například do oblasti geoinformatiky). Respektive cenově dostupné technologie ještě nedosáhly takové úrovně. Uživatelé omezují nekvalitní obraz headsetů, nedostatečné zorné pole. Dokud nebudou vyřešeny tyto problémy, tak nebude uživatel cítit celkové ponoření do virtuální reality.

Během sestavování minimální a doporučené konfigurace se ukázalo, že výrobce uvádí trochu jiné údaje. Minimální konfigurace, kterou uvádí výrobce se ukázala jako výkonnější, než která vyšla v testování, a naopak doporučená se ukázala, jako méně výkonná. Testem prošlo osm počítačových sestav, avšak pro ještě věrohodnější výsledky by bylo potřeba daleko větší množství.

Při zapojení hardwaru a instalaci brýlí bylo zjištěno, že Pimax 4K VR má velké množství chyb. Připojené brýle někdy nebyly rozpoznány softwarem a musel být restartován počítač. Někdy nastalo dokonce samovolné odpojení brýlí.

Asi největším nedostatkem je absence pohybového ovladače k brýlím. Pohybovým ovladačem se ovládá většina aplikací a umožňuje daleko větší zážitek z VR. Během práce byl tento problém opakovaně řešen v podobě testování různých hardwarových ovladačů. Postupně byly vyzkoušeny různé gamepady (Dualshock 4, Xbox 360 controller), 3D myš. Jako nejlepší řešení se nicméně ukázalo použití softwaru Driver4VR, který emuluje myš a klávesnici na pohybový ovladač HTC Vive.

Dalším velkým nedostatkem Pimax 4K VR je pravděpodobně technická podpora. Při velkém výskytu chyb je téměř minimální podpora ze strany výrobce, jak tyto chyby opravit. Nejvíce návodů a doporučení lze získat na internetových fórech, ale při srovnání množství informací o Pimaxu s dalšími headsety jako je Oculus Rift a HTC Vive si vede Pimax o dost hůře.

Tvorba případových studií probíhala dobře aniž by se vyskytlo velké množství problémů. První případová studie ukázala, jak kvalitní je aplikace Google Earth VR, a že by mohla najít dobré využití v oblasti geoinformatiky. V druhé případové studii největší problém s nekvalitním kamerou Niceboy PANO 360, jejíž záběry snižují kvalitu vizualizace ve VR. V poslední, třetí studii byla vytvořena VR aplikace v softwaru unity. Funkce softwaru unity umožňují, aby výsledná aplikace byla kvalitnější a s větším množstvím funkcionality, což by ale vyžadovalo daleko větší časovou náročnost na tvorbu.

Virtuální realita má dobrou schopnost zobrazovat prostorové informace, a proto má potenciál, aby více pronikla do geoinformatiky.

10 ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývala technickými možnostmi brýlí Pimax 4K VR a využitím v oblasti geoinformatiky. Hlavním cílem práce bylo sestavení odborné rešerše, určení minimální a doporučené konfigurace, sestavení manuálu, sestavení seznamu aplikací a v neposlední řadě vytvoření tří případových studií.

Pro teoretický základ práce byla studována odborná literatura. Ze získaných poznatků následovalo sestavení odborné rešerše, která obsahuje informace o současném stavu problematiky virtuální reality a informace o současném trhu headsetů pro virtuální realitu.

V prvním kroku praktické části byla zjištěna minimální a doporučená konfigurace počítačů pro správné fungování virtuální reality. Z těchto výsledků bylo dále vycházeno při připojení brýlí, instalaci softwaru a zapojení dalších hardwarových zařízení. Po celkovém zprovoznění byl vytvořen manuál obsahující postupný popis kroků při zapojování a rady při výskytu chyb.

Dalším krokem bylo sestavení seznamu aplikací využitelných pro vizualizaci, výukové potřeby nebo jako ukázková aplikace při popularizačních akcích katedry. Tento seznam byl vytvořen z dostupných zdrojů aplikací.

Jako výstupem bakalářské práce došlo k vytvoření tří případové studie, které se zaměřují na různé možnosti vizualizace v prostředí virtuální reality. V první případové studii byl vytvořen scénář pro aplikaci Google Earth VR, ve druhé virtuální prohlídka Katedry Geoinformatiky v Olomouci a ve třetí byla vytvořena funkční aplikace určená k průzkumu vizualizovaného modelu prostředí podle reálné předlohy okolí Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého. Tyto studie mohou najít využití při popularizačních akcích Katedry geoinformatiky.

V závěru práce byl vytvořen poster pro grafické zobrazení bakalářské práce a webové stránky s informacemi o práci.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

ARNALDI, B., GUITTON, P., & MOREAU, G. 2018. Virtual reality and augmented reality. ISBN: 978-1-786-30105-5

GERLONI, I. G., CARCHIOLO, V., LONGHEU, A., BECCIANI, U., SCIACCA, E., & VITELLO, F. 2019. *Vr-GIS and Ar-GIS In Education: A Case Study*. [online; cit. 5. 8. 2019]. Dostupné z: <http://waset.org/publications/10010506/vr-gis-and-ar-gis-in-education-a-case-study>

Jason JERALD. 2016. *The VR book*. [online; cit. 5. 8. 2019]. Dostupné z: <http://www.morganclaypoolpublishers.com/catalog Orig/samples/9781970001136 sample.pdf>

Kamel BOULOS, M. N., LU, Z., GUERRERO, P., JENNET, C., & STEED, A. 2017. From urban planning and emergency training to Pokémon Go: Applications of virtual reality GIS (VRGIS) and augmented reality GIS (ARGIS) in personal, public and environmental health. *International Journal of Health Geographics*. [online; cit. 5. 8. 2019]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s12942-017-0081-0>

LAVALLE, Steven M. *Virtual Reality*. Cambridge University Press, 2017. [online; cit. 5. 8. 2019]. Dostupné z: <http://vr.cs.uiuc.edu/vrbook4.pdf>

MAZURYK, T., GERVAUTZ, M., & Corporation, P. T. 2014. *Virtual Reality History, Applications, Technology and Future Introduction History*. [online; cit. 5. 8. 2019]. Dostupné z: <https://www.cg.tuwien.ac.at/research/publications/1996/mazuryk-1996-VRH/TR-186-2-96-06Paper.pdf>

OKECHUKWU, M., & UDOKA, F. 2012. Understanding Virtual Reality Technology: Advances and Applications. *Advances in Computer Science and Engineering*. [online; cit. 5. 8. 2019]. Dostupné z: <https://doi.org/10.5772/15529>

POWELL, W., GARNER, T., SHAPIRO, S., & PAUL, B. 2017. *Virtual Reality In Entertainment The State Of The Industry PRESENTED TO THE BRITISH ACADEMY FOR FILM AND TELEVISION ARTS*. [online; cit. 5. 8. 2019]. Dostupné z: <http://www.bafta.org/sites/default/files/uploads/vrpaperbaftasept2017.pdf>

REBELO, F., NORIEGA, P., DUARTE, E., & SOARES, M. 2012. Using virtual reality to assess user experience. *Human Factors*. [online; cit. 5. 8. 2019]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/0018720812465006>

SAGGIO, G., & FERRARI, M. 2012. New Trends in Virtual Reality Visualization of 3D Scenarios. *School of Enviromental Sciences*. [online; cit. 5. 8. 2019]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/233758403_New_Trends_in_Virtual_Reality_Visualization_of_3D_Scenarios

SHERMAN, W. R., & CRAIG, A. B. 2003. Understanding Virtual Reality—Interface, Application, and Design. In *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. [online; cit. 5. 8. 2019]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1162/105474603322391668>

Cambridge Business English Dictionary, 2019. [online; cit. 5. 8. 2019]. Dostupné z: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/vr>

Techopedia, 2019. [online; cit. 5. 8. 2019]. Dostupné z: <https://www.techopedia.com/definition/4784/virtual-reality-vr>

Spar3d, 2017. [online; cit. 5. 8. 2019]. Dostupné z: <https://www.spar3d.com/blogs/all-over-the-map/ar-vr-gis-finally-found/>

SEZNAM ILUSTRACÍ

- Obr. 1: Zeltrova AIP kostka (Mazuryk a kol, 2014)
- Obr. 2: Brewsterův stereoskop (i.pinimg.com). [online; cit. 5. 8. 2019]. Dostupné z: <https://i.pinimg.com/originals/36/0d/ca/360dca14810c46cd124f71b8fdb8152e.jpg>
- Obr. 3: První náhlavní display (Jason Jerald, 2016)
- Obr. 4: link trainer (Sherman & Craig, 2003)
- Obr. 5: sensorama (LaValle 2017)
- Obr. 6: Philco Corporation HMD (Jason Jerald, 2016)
- Obr. 7: zařízení VIVED (s.aolcdn.com). [online; cit. 5. 8. 2019]. Dostupné z: https://s.aolcdn.com/hss/storage/adam/8b1338db5a5eb8ce590ae7119bc29dbb/13view_hmd1-630.jpg
- Obr. 8: Nintendo virtualboy z 90. let (LaValle 2017)
- Obr. 9: Oculus rift dk1 (techcrunch.com). [online; cit. 5. 8. 2019]. Dostupné z: <https://techcrunch.com/wp-content/uploads/2014/03/dk1.jpg>
- Obr. 10: systém virtuální reality (researchgate.net). [online; cit. 5. 8. 2019]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/317244129/figure/fig2/AS:500905163149312@1496436505605/Components-of-a-VR-system.png>
- Obr. 11: vstupní zařízení VIVE a Oculus (roadtovr.com). [online; cit. 5. 8. 2019]. Dostupné z: <https://www.roadtovr.com/wp-content/uploads/2016/02/oculus-rift-htc-vive-motion-controllers2.jpg>
- Obr. 12: rozložené HMD pimax 4k (vrbites.com). [online; cit. 5. 8. 2019]. Dostupné z: <https://www.vrbites.com/wp-content/uploads/2017/01/d-1.png>
- Obr. 13: využití VR v architektuře (champagnesoda.com). [online; cit. 5. 8. 2019]. Dostupné z: https://champagnesoda.com.au/wp-content/uploads/2018/04/shutterstock_1031105449-865x487.jpg
- Obr. 14: Izraelský voják používá VR při výcviku (Rina Castelnuovo/Bloomberg.com). [online; cit. 5. 8. 2019]. Dostupné z: <https://assets.bwbx.io/images/users/iqjWHBFdfxIU/i4ZKGMIBmu1U/v0/1600x-1.jpg>
- Obr. 15: Pimax 5K (roadtovrlive.com). [online; cit. 5. 8. 2019]. Dostupné z: <https://roadtovrlive-5ea0.kxcdn.com/wp-content/uploads/2018/10/pimax-8k-5k.jpg>
- Obr. 16: PSVR (playstation.com). [online; cit. 5. 8. 2019]. Dostupné z: [https://psmedia.playstation.com/is/image/psmedia/ps-vr-zvr2-model-product-shots-screen-01-ps4-eu-17nov17?\\$MediaCarousel_Original\\$](https://psmedia.playstation.com/is/image/psmedia/ps-vr-zvr2-model-product-shots-screen-01-ps4-eu-17nov17?$MediaCarousel_Original$)
- Obr. 17: Graf testování průměrné snímkovací frekvence
- Obr. 18: Graf testování s výsledným VRMark score
- Obr. 19: hlavní stránka Piplay
- Obr. 20: Piplay–nastavení
- Obr. 21: SteamVR–příprava místnosti
- Obr. 22: Oculus home hlavní stránka
- Obr. 23: DS4Windows
- Obr. 24: WalkinVR
- Obr. 25: Piplay–nerozponané zařízení
- Obr. 26: aplikace Google Earth VR
- Obr. 27: aplikace Realities
- Obr. 28: aplikace Bigscreen Beta
- Obr. 29: screenshot k uloženému místu
- Obr. 30: nástroj Google Earth VR Custom Tour Generator
- Obr. 31: Nastavení kamery Niceboy PANO 360

Obr. 32: přidávání popisků v softwaru DaVinci Resolve

Obr. 33: záběr z druhé případové studie

Obr. 34: import dat do CityEnginu

Obr. 35: prostředí softwaru Unity

Obr. 36: budování aplikace v softwaru Unity

Obr. 37: hotová aplikace spuštěná ve VR

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Digitální přílohy

Příloha 1 První případová studie

Příloha 2 Druhá případová studie

Příloha 3 Třetí případová studie

Volné přílohy

Příloha 4 Poster

Příloha 5 DVD