



## Zadání bakalářské práce

<b>Název:</b>	Chůze ve velké výšce ve virtuální realitě
<b>Student:</b>	František Vančát
<b>Vedoucí:</b>	Ing. Petr Pauš, Ph.D.
<b>Studijní program:</b>	Informatika
<b>Obor / specializace:</b>	Webové a softwarové inženýrství, zaměření Počítačová grafika
<b>Katedra:</b>	Katedra softwarového inženýrství
<b>Platnost zadání:</b>	do konce letního semestru 2023/2024

### Pokyny pro vypracování

Cílem práce je vytvořit aplikaci pro virtuální realitu (VR), která bude simulovat zážitek z chůze ve velké výšce.

1. Analyzujte software (herní engine) vhodný pro tvorbu aplikací ve VR.
2. Analyzujte dostupné VR aplikace, které se snaží navodit silný pohlcující zážitek.
3. Prozkoumejte problematiku simulace strachu z výšek a jeho léčení a simulace ve VR.
4. Pomocí metod softwarového inženýrství navrhněte prototyp aplikace ve zvoleném herním enginu.
5. Sestavte alespoň jednu vhodnou, co nejrealističtější testovací 3D scénu.
6. Prototyp implementujte.
7. Proveďte a vyhodnoťte testování prototypu (z hlediska imerze) na několika uživatelích.

Bakalářská práce

# CHŮZE VE VELKÉ VÝŠCE VE VIRTUÁLNÍ REALITĚ

František Vančát

Fakulta informačních technologií  
Katedra softwarového inženýrství  
Vedoucí: Ing. Petr Pauš, Ph.D.  
11. ledna 2024

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta informačních technologií

© 2023 František Vančát. Všechna práva vyhrazena.

*Tato práce vznikla jako školní dílo na Českém vysokém učení technickém v Praze, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna právními předpisy a mezinárodními úmluvami o právu autorském a právech souvisejících s právem autorským. K jejímu užití, s výjimkou bezúplatných zákonných licencí a nad rámec oprávnění uvedených v Prohlášení, je nezbytný souhlas autora.*

Odkaz na tuto práci: Vančát František. *Chůze ve velké výšce ve virtuální realitě*. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta informačních technologií, 2023.

# Obsah

<b>Poděkování</b>	<b>vi</b>
<b>Prohlášení</b>	<b>vii</b>
<b>Abstrakt</b>	<b>viii</b>
<b>Seznam zkratek</b>	<b>ix</b>
<b>Úvod</b>	<b>1</b>
<b>Cíl práce</b>	<b>2</b>
<b>1 Analýza</b>	<b>3</b>
1.1 Herní engine . . . . .	3
1.1.1 Práce s osvětlením a se zvukem . . . . .	4
1.1.2 Podpora 3D prostředí a importování modelů . . . . .	4
1.1.3 Podpora virtuální reality . . . . .	4
1.1.4 Unity . . . . .	4
1.1.5 Unreal Engine . . . . .	5
1.1.6 CryEngine . . . . .	6
1.2 UI & UX – Uživatelské rozhraní a zážitek . . . . .	7
1.2.1 GUI – Grafické uživatelské rozhraní . . . . .	8
1.3 Imerze . . . . .	8
1.4 Strach z výšek . . . . .	9
1.4.1 Expoziční terapie . . . . .	9
1.4.2 Výhody a nevýhody VR . . . . .	9
1.5 Dostupné VR aplikace . . . . .	10
1.5.1 Richie's Plank Experience . . . . .	10
1.5.2 Chůze po prkně ve virtuální realitě . . . . .	11
1.5.3 Plank not included . . . . .	12
1.5.4 Další hry . . . . .	13
<b>2 Návrh</b>	<b>14</b>
2.1 Použitý software . . . . .	14
2.1.1 Herní engine . . . . .	14
2.1.2 Modelovací software . . . . .	16
2.1.3 Podpůrné aplikace pro VR . . . . .	16
2.1.4 2D grafický software . . . . .	17
2.2 Dotazníkové šetření . . . . .	17
2.2.1 Persony . . . . .	17
2.2.2 Sada otázek . . . . .	17
2.2.3 Testování . . . . .	20
2.2.4 Závěr . . . . .	22
2.3 Uživatelské rozhraní . . . . .	23

<b>3 Implementace</b>	<b>24</b>
3.1 Tvorba scény . . . . .	24
3.1.1 Modelování . . . . .	24
3.1.2 Texturování . . . . .	27
3.2 Export a import modelů . . . . .	28
3.3 Použití cizích textur a modelů . . . . .	29
3.4 Propojení Unity s VR . . . . .	29
3.5 Vývoj v Unity . . . . .	30
3.6 Testování . . . . .	37
3.6.1 Testování během vývoje . . . . .	37
3.6.2 Závěrečné testování . . . . .	37
3.7 Komplikace a poznatky . . . . .	39
3.7.1 Sestavení aplikace . . . . .	39
3.7.2 Průhlednost PNG . . . . .	39
<b>4 Závěr</b>	<b>41</b>
<b>A Unity projekt</b>	<b>43</b>
<b>B Blender modely</b>	<b>44</b>
<b>C Sestavená aplikace</b>	<b>45</b>

## Seznam obrázků

1.1	Richies Plank Experience menu [38]	11
2.1	Dotazník	19
2.2	Návrh uživatelského rozhraní	23
3.1	Budovy v Blenderu – Drátěný model	26
3.2	Menší objekty v Blenderu	26
3.3	Ukázka scény – Ptáci	31
3.4	Ukázka scény – Menu	32
3.5	Ukázka scény – Den	34
3.6	Ukázka scény – Noc	34
3.7	Ukázka scény – Široký záběr	34
3.8	Ukázka scény – Nová Budova	35
3.9	Ukázka scény – Nová Budova detail	35
3.10	Ukázka scény – Budova C	35
3.11	Ukázka scény – Plošina	36
3.12	Ukázka scény – Budova A	36
3.13	Ukázka scény – Místo dopadu	36
3.14	SuperPNG plugin	40

## Seznam tabulek

1.1	Výhody a nevýhody VR	10
2.1	Srovnání herních enginů	16
2.2	Úvodní dotazník – Počet odpovědí	21
2.3	Úvodní dotazník – Poměr odpovědí	21
2.4	Úvodní dotazník – Otevřené otázky	21
3.1	Stažené textury	29
3.2	Stažené modely	29
3.3	Stažené skyboxy	30
3.4	Stažené zvuky	32
3.5	Závěrečný dotazník – Počet odpovědí	38
3.6	Závěrečný dotazník – Poměr odpovědí	38
3.7	Závěrečný dotazník – Otevřené otázky	38

*Tímto bych chtěl poděkovat především Ing. Petru Paušovi, Ph.D. za jeho cenné rady, pozitivní přístup, trpělivost a velkou ochotu během vedení této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat rodině a přátelům za cennou podporu a trpělivost.*

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací. Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona, ve znění pozdějších předpisů, zejména skutečnost, že České vysoké učení technické v Praze má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 citovaného zákona.

V Praze dne 11. ledna 2024

  
.....

## Abstrakt

Bakalářská práce se zaměřuje na tvorbu aplikace využívající virtuální realitu. V této aplikaci uživatel chodí po prkně ve velké výšce.

Součástí práce je průzkum podobných existujících her, včetně dotazníku, jehož výsledky jsou analyzovány a případně zabudovány do aplikace. Další část se věnuje strachu z výšek a metodám, které mohou pomoci v jeho léčbě. Dále se v práci rozebírá vhodné prostředí pro tvorbu aplikace. Pomocí vhodných metod je navržen koncept aplikace. Součástí vývoje aplikace je i propojení s virtuální realitou a modelování scény.

Výsledná aplikace se na konci práce testuje a zkoumá se, zda splnila svůj účel.

**Klíčová slova** VR (virtuální realita), Blender, Unity, strach z výšek, akrofobie

## Abstract

The bachelor thesis focuses on the creation of an application using virtual reality. In this application, the user walks on a board at a great height.

The thesis includes a survey of similar existing games, including a questionnaire, the results of which are analysed and eventually incorporated into the application. The next section focuses on the fear of heights and possible methods to cure it. Furthermore, the thesis discusses a suitable environment for the creation of the application. Using appropriate methods, the application concept is designed. The development of the application includes interfacing with virtual reality and modelling of the scene.

The resulting app is tested at the end of the thesis to see if it has fulfilled its purpose.

**Keywords** VR (virtual reality), Blender, Unity, fear of heights, acrophobia

## Seznam zkratek

2D	Dvojdimenzionální
3D	Trojdimenzionální
AR	Augmentovaná Realita
XR	Rozšířená Realita (Extended Reality)
VR	Virtuální Realita
UI	Uživatelské Rozhraní (User Interface)
GUI	Grafické Uživatelské Rozhraní (Graphical User Interface)
UX	Uživatelský Zážitek (User Experience)
LOD	Úroveň detailů (Level Of Detail)
FIT	Fakulta Informačních Technologií
NTK	Národní Technická Knihovna
VŠCHT	Vysoká Škola Chemicko-Technologická

# Úvod

Virtuální realita je v dnešní době stále dostupnější. Díky stále klesající ceně a zvyšující se kvalitě, se brýle pro virtuální realitu dostávají stále do více domácností. Hlavním poutačem VR je neobvyklý pocit, který navozuje. Člověk vidí pouze prostředí spuštěného softwaru, a to ve 3D. Dalším poutačem je nevšední ovládání, které je u většiny dnešních VR setů zrealizováno pomocí dvou ovladačů, které slouží nejen k detekování pozice rukou.

Díky zmíněným faktorům lze využít VR jako vhodné médium pro vývoj nových druhů aplikací. Ve velké části těchto aplikací je uživatel vtělen přímo do hlavní postavy a ovládá jí svými pohyby. Tímto vším se dosáhne většího zapojení smyslů uživatele do aplikace. Pravděpodobně největší sekcí aplikací pro VR jsou hry, kde se využívá právě těchto nestandardních metod ovládání a vnímání naplno. Dalším příkladem můžou být propagační aplikace pro společnosti. Ty bývají spíše pasivnější a nenabízejí mnoho interakce, ale soustředí se především na audiovizuální požitek.

Před samotným vývojem aplikace je nejprve potřeba vybrat nejvhodnější herní engine, který umožňuje veškeré požadované funkce. Bude následovat průzkum trhu, konkrétně analýza her navozujících silný pocit pohlcení. Ta se bude soustředit na identifikaci imerzivních prvků. Tato práce se dále bude blíže zabývat vnímáním výšek. Konkrétněji potencionální léčbou strachu z výšek. Bude blíže prozkoumáno fungování člověka v kontextu strachu z výšek, což pomůže zvolit vhodný postup pro dosažení co nejlepšího efektu vytvářeného prototypu. Hlavním poutačem metody léčby strachu z výšek pomocí VR může být například již zmíněná dostupnost VR setu, lepší vnímání vzdáleností díky 3D obrazu, lepší kontrola podmínek v aplikaci oproti realitě, nebo snížení rizika zranění uživatele. Pro dosažení co nejlepších výsledků během vývoje se analýza dále zaměří na pocit imerze. Ta přímo ovlivní sílu požitku během užívání aplikace.

Praktická část práce bude zaměřena na tvorbu samotné aplikace. Bude proveden průzkum formou dotazníkového šetření na podobné aplikaci vytvořené v rámci bakalářské práce absventa. Po zpracování všech dat bude zvolen adekvátní postup a vymodelované vhodné prostředí. Importem vymodelovaného prostředí do zvoleného herního enginu započne vývoj prototypu. Po dokončení scény a implementaci všech herních mechanismů bude prototyp podroben testování různými uživateli. Závěr práce se zaměří na vyhodnocení výsledků testování.

## Cíl práce

Cílem práce je vytvořit aplikaci pro virtuální realitu, která bude simuloval zážitek z chůze ve velké výšce. Součástí aplikace bude vymodelované 3D prostředí. Samotná aplikace bude realizovaná pomocí vhodného herního enginu. Hotový prototyp bude otestován a na základě výsledků bude vyvozen závěr.

# Kapitola 1

## Analýza

V této kapitole proběhne analýza požadavků, s důrazem na zkoumání vhodných herních enginů pro vytvoření prototypu aplikace pro VR. Podrobněji budou zkoumány klíčové prvky nutné pro vytvoření prototypu, jako je uživatelské rozhraní a imerze. Další část práce bude věnována studiu strachu z výšek, aby bylo dosaženo lepšího porozumění esenciálních aspektů nadcházejícího vývoje. Lepší pochopení tohoto tématu umožní vhodný výběr řešení a prioritizaci jeho různých složek. Konečně bude provedena analýza dostupných aplikací s podobnou tématikou.

### 1.1 Herní engine

Nedílnou součástí tohoto projektu je implementace prototypu. Na prototyp jsou kladeny různé požadavky, které musí být zváženy a podle nich musí být zvoleno správné prostředí. Ty nejpodstatnější jsou zde popsány:

- práce s osvětlením,
- práce se zvukem,
- podpora 3D prostředí,
- možnost importování modelů,
- podpora virtuální reality.

Dle výše zmíněných bodů je nasnadě pro implementaci prototypu použít herní engine. Existuje mnoho herních enginů podporujících většinu zmíněných bodů, jako je práce s osvětlením, či zvukem. Beze sporu největším omezením při výběru vhodného herního enginu bude podpora virtuální reality.

Krom technických požadavků ovlivný výběr i jiné faktory jakou jsou například cena a licencování.

Poslední fázi výběru také ovlivní osobní preference. Největší roli bude hrát programovací jazyk, ve kterém se píší skripty v daném herním enginu.

### 1.1.1 Práce s osvětlením a se zvukem

Cílem prototypu je mít co nejrealističtější scénu. Realismu lze docílit více způsoby, od detailních modelů po uvěřitelně sestavenou scénu. Živější scéna z pohledu přítomnosti zvuků a světel vyvolá autentičtější zážitek a dovolí uživateli hlouběji pocítit méně atmosféru. Ovšem aby toto fungovalo, musí být zvolené světlo a zvuk podle očekávání uživatele. Tedy například pro městskou scénu očekáváme světlo z oblohy jako je například slunce, světla veřejného osvětlení, odrazy světel od budov, stínů apod. Mezi zvuky můžeme očekávat například zvuk okolní dopravy. [1]

Z toho tedy vyplívá, že se hledá takový herní engine, který podporuje základní ozvučení a osvětlovací model alespoň s podporou odlesků a stínů.

### 1.1.2 Podpora 3D prostředí a importování modelů

Vzhledem k povaze práce je vyžadován takový herní engine, který podporuje 3D prostředí. Je potřeba zobrazit takové prostředí, ve kterém lze vnímat vzdálenosti, hloubky.

Velkou částí práce bude tvorba takového prostředí. Je vhodné, aby ve scéně bylo více modelů v různých vzdálenostech tak, aby uživatel správně vnímal hloubku. S ohledem na větší množství objektů, které budou mít netriviální geometrii, je vhodné využít k modelování software k tomu určený. I přesto, že některé herní enginy umožňují modelování, lepších výsledků bude dosaženo specializovaným softwarem.

K docílení co největšího realismu budou na modely aplikovány textury, tudíž je potřebné mít možnost zobrazit textury modelů.

Hledaný herní engine musí podporovat 3D prostředí a import modelů s texturami a materiály.

### 1.1.3 Podpora virtuální reality

Nejdůležitější vyžadovanou vlastností herního enginu je podpora virtuální reality, jak již název práce napovídá. Hledá se takový herní engine, který bude podporovat běžně dostupné headsetsy pro virtuální realitu. Od aplikace je vyžadován pohyb brýlí v prostoru a jednoduché ovládání (například pomocí ovladačů, které často bývají součástí VR headsetů).

### 1.1.4 Unity

Unity je herní engine vydán v roce 2005 a lze v něm vytvářet 2D i 3D aplikace. Myšlenka za tvorbou Unity je mít herní engine, který lze velmi snadno používat na amatérské i profesionální úrovni. Tato vize se stala skutečností z mnoha ohledů. Jedním z nich je velmi přívětivé uživatelské rozhraní, které si lze velmi rychle osvojit. Vyvinut byl v jazyce C++, ale jako skriptovací jazyk využívá C#. To je pro mnoho lidí velmi poutavé, protože je pro mnohé práce s jazykem C# přívětivější. Nevyžaduje například oproti C++, dalšímu populárnímu jazyku mezi herními enginy, z počátku tak hluboké znalosti a je velmi čitelný, proto je vhodnější například pro začátečníky. [2] [3] [4] [5]

Unity jako alternativu klasického skriptování nabízí vizuální skriptování, příhodně pojmenované Visual Scripting. Jedná se o skládání boxů na plochu a jejich vzájemné propojování. Pro některé vývojáře je to snazší než se učit celý programovací jazyk, ale je nutné podotknout, že nebude mít takovou kontrolu, jako přímo se psaným kódem. Vizuální skriptování je vhodné například pro rychlé prototypy a spolupráci s designéry. [6]

Velkým důvodem popularity Unity je licencování. Při menším výdělku než 100 000 \$ ročně lze využívat Unity zdarma. V nedávné době se objevily případy, kdy Unity nevhodně či zavádějícím způsobem měnilo podmínky ohledně poplatků. To vedlo k poklesu popularity, ale i přesto je tento engine stále aktivní a hojně využívaný. [4] [7]

Unity nabízí Asset Store. Jedná se o službu pro sdílení assetů mezi vývojáři. Některé assety jsou placené, jiné jsou zase nabízeny bez poplatku. Mezi assety lze najít drobné věci jako jsou například modely, zvuky, nebo třeba skripty. Také lze nalézt spousty větších balíčku, kde je velké množství obsahu v jednom. Unity Asset Store nabízí obrovské množství obsahu. Ale kvantita samozřejmě není všechno. Hodně obsahu není nejlepší kvality a při každé větší Unity aktualizaci je možné, že některé assety přestanou fungovat, dokud je tvůrci neaktualizují. [3] [4]

Unity podporuje XR, rozšířenou realitu. Krom potřebné podpory pro VR, podporuje i AR, augmentovanou realitu. Co se týče samotné virtuální reality, Unity podporuje většinu VR headsetů. Navíc lze testovat svou hru rovnou v Unity, bez potřeby přenášet sestavenou hru přímo do headsetu. Lepší podporu interakcí VR headsetu s herními prvky zajišťuje XR Interaction Toolkit. Ten ve své podstatě zastřešuje vstupy ze všech podporovaných headsetů do jednoho schématu, jehož využívá pro interakci v herní scéně. [3] [4] [8]

Výhodou, proč využívat Unity může být velká komunita, díky které je snadné přijít na řešení různých problémů, které během vývoje nastanou. Mezi nevýhody ale může patřit například větší náročnost Unity na systém. [4]

Mezi známější tituly vytvořené v Unity patří následující:

- Cult of the Lamb – rougelike s tématikou temného kultu,
- Beat Saber – rytmická hra na VR,
- Hollow Knight – metroidvania hra ze světa brouků,
- Rimworld – budovatelská kmenová hra,
- Subnautica – dobrodružná hra na přežití,
- Cities: Skylines – budovatelská hra,
- Hearthstone – karetní hra pro více hráčů.

[9]

### 1.1.5 Unreal Engine

Historie Unreal Enginu je o něco delší. První hra s tímto enginem byla vydána již v roce 1998 a nesla název Unreal. Tvůrcem Unreal Enginu je studio Epic Games. Epic Games s Unreal Enginem slavilo velký úspěch, neboť první licence poskytlo jiným společnostem ještě před vydáním své vlastní hry a několik dalších vývojářů velmi brzy přešlo na Unreal Engine z jiných enginů, a to dokonce přímo během vývoje již rozpracované hry. S každou další verzí se Unreal Engine zlepšuje a rozrůstá. Od roku 2022 nese Unreal Engine číslovku 5. [10]

Unreal Engine byl napsán v C++. Ve stejném jazyce se píší i jeho skripty. To může být pro mnoho lidí překážkou, protože je C++ považován za jeden z náročnějších jazyků. Ovšem s používáním C++ máte větší kontrolu. Mnoho lidí si oblíbilo vizuální skriptování, které není tak náročné na naučení. V Unreal Engine se pro vizuální skriptování používá pojem Blueprints. Stejně jako v Unity může sloužit k rychlému prototypování díky snadnému a přehlednému řešení. Ovšem mnoho lidí varuje před přílišným užíváním Blueprintů, protože to může vést k problémům s výkonem, nebo třeba problémům s jinými platformami, než je PC. Naštěstí se z Blueprintů dá vygenerovat C++ kód, což může pomoci spojit oba světy (klasické skriptování a vizuální skriptování) dohromady. [5] [11] [12] [13]

Licencování je pro mnohé velmi lákavé. Používání Unreal Enginu je kompletně zdarma s výjimkou projektů, které vydělali více než 1 000 000 \$. Tyto projekty musí zaplatit 5 % z výdělku jako licenční poplatky. Výjimka je také na projekty, které nepřenáší kód. Těmi jsou lineární díla jako videa apod. [11] [12]

Podobně jako v Unity je i zde obchod pro assety. Zde se nazývá Marketplace. Princip je velmi podobný. Marketplace nabízí širokou škálu assetů pro Váš projekt. Od modelů, přes shadery, až po optimalizační nástroje. Některé jsou zdarma, jiné zase placené. [11] [13]

I Unreal Engine plně podporuje XR. A to díky OpenXR Working Group, které je Epic Games součástí. Snaha OpenXR je sjednotit podporu pro XR a nastavit standard mezi platformami. [14]

Díky popularitě Unreal Enginu lze mezi komunitou najít odpověď na mnoho otázek a problémů. Komunita měla čas vzkvétat dlouhá léta. Navíc je Unreal Enginu přisuzován velký realismus scény. Často se stává, že se lidé ohání jménem Unreal Enginu jako známkou kvality. To přivádí také nové vývojáře a komunita se ještě více rozrůstá. Ovšem úroveň fotorealismu nepřivádí pouze vývojáře, ale i producenty filmů a seriálů, kteří využívají Unreal Engine pro tvorbu speciálních vizuálních efektů. [11] [12] [13]

Je třeba podotknout, že Unreal Engine se spíše doporučuje pro větší projekty kvůli své komplexnosti. Dalším důvodem může být pomalejší editor, který malé projekty může výrazně zpoždit. Některí lidé doporučují pro menší projekty a hry na mobil použít spíše Unity. [11]

Mezi známé hry z posledních pár let patří:

- Borderlands – postapokalyptická střílečka,
- Star Wars Jedi: Fallen Order – akční dobrodružná hra,
- Hellblade: Senua's Sacrifice – akční dobrodružná hra na VR,
- Fortnite – střílečka pro více hráčů,
- Batman Arkham Knight – příběhová bojová hra,
- Final Fantasy 7 Remake Intergrade – příběhová bojová hra.

[15]

Naopak v televizním světě vynikají tato díla:

- The Mandalorian – seriál ze světa Star Wars,
- The Matrix Resurrections – akční film,
- WestWorld – sci-fi western thriller seriál.

[11] [12]

### 1.1.6 CryEngine

CryEngine vznikl v roce 2004. Společnost Crytek, tvůrci Cryenginu, už v této době navázali spolupráci s velkými společnostmi jako je Ubisoft a EA. Jejich první hry ohromily lidi po celém světě díky své úžasné vizuální stránce. První hrou od Cryteku na tomto enginu byl Far Cry právě ve spolupráci s Ubisoftem, což původně mělo být technické demo na Nvidia grafické karty. [16]

CryEngine je napsán v C++. Ovšem jako skriptovací jazyk byl zvolen jazyk Lua. Lua jazyk se syntaxí podobá Číku, ale má několik rozdílů a vylepšení. Například za zmínku stojí to, že je to dynamicky psaný jazyk, nebo třeba to, že má automatickou správu paměti a vlastní garbage collector. Díky tomu je snadný pro začátečníky. Alternativou k Lua jazyku může být Flowgraph editor, což je forma vizuálního skriptování pro CryEngine. Stejně jako v Unity a Unreal Enginu i zde je systém podobný. Slouží k rychlému a přehlednému prototypování a spolupráci s méně technickými spolupracovníky. [16] [17] [18]

Licencování se velmi podobá systému nastaveném pro Unreal Engine. I zde musíte odvádět 5 % z výdělku jako licenční poplatky. Ovšem hranice, od kdy se poplatek platí je 5 000 \$ ročně. CryEngine poskytuje svůj C++ zdrojový kód. [19]

I s assety není CryEngine pozadu oproti své konkurenci. Nabízí vlastní marketplace s tisíce assety. Nabídka assetů je obdobná. Lze nalézt jak modely, skripty, tak třeba i shadery, animace a různé pluginy. [16]

CryEngine má podporu pro VR, ale ta není tak univerzální jako u jiných konkurentů. To samo o sobě ovšem neubírá na kvalitě. V tuto chvíli CryEngine podporuje Oculus Rift, OSVR, PSVR, a HTC Vive. [16]

Co se týče komunity, na internetu se míší různé názory. Některí tvrdí, že komunita je přívětivá a nápomocná, druzí zase opak. Na čem se ovšem téměř všichni shodují je to, že CryEngine má oproti konkurenci velmi malou komunitu. To může vést k problémům během vývoje, kdy se nebude možné na někoho obrátit s žádostí o pomoc.

CryEngine lidé opakovaně vyzdvihují díky své vizuální stránce, která je podle mnohých nepřekonaná. Profesionálové prahnují po vizuálním zážitku proto často sahají právě po CryEnginu. Většina lidí si spojí CryEngine právě se skvělým vizuálem a nadčasovými hrami jako jsou Far Cry a Crysis. Ovšem CryEngine má i své stinné stránky. Mnoho vývojářů CryEnginu vytýká velmi špatnou a neobsáhlou dokumentaci. Názory nejsou jednotné. Některí zase tvrdí, že je dokumentace dobrá, ale po širším průzkumu se spíše musí přiklonit k první straně, že dokumentace CryEnginu má své mouchy a vyžaduje větší péči od CryTeku. Další velkou nevýhodou, zejména pro menší týmy, můžou být těžké začátky. CryEngine k nováčkům není příliš přívětivý. Ovšem Crytek si tento nedostatek uvědomuje a snaží se na tomto aspektu zapracovat. [16] [17] [20]

Mezi známe tituly využívající CryEngine patří následující:

- Crysis série – sci-fi střílečka,
- Far Cry (1. díl) – střílečka s abnormálními prvky,
- Hunt: Showdown – střílečka pro více hráčů s tématikou westernu a monster,
- Kingdom Come: Deliverance – historické RPG,
- Prey – horrorová střílečka.

[21]

## 1.2 UI & UX – Uživatelské rozhraní a zážitek

Dobré uživatelské rozhraní (UI) je pro aplikací nedílnou součástí. Pokud uživatel nepochopí, jak se aplikace ovládá, nebo kde ovládací prvky najít, nemůže využít plný potenciál aplikace. Pro tuto aplikaci je důležité zejména grafické uživatelské rozhraní neboli GUI, a ovládání VR pomocí headsetu a ovladačů. [22] [23]

Uživatelský zážitek (UX) zase mluví o tom, jaký pocit má uživatel z interakcí s aplikací skrze UI. Pro UX chceme navrhnout takové uživatelské rozhraní, aby odezva byla co nejvíce intuitivní, rychlá a jednoznačně komunikovala změnu. [22] [23]

V první řadě před návrhem je třeba analyzovat, pro koho bude aplikace určena. Podle cílového publikum lze upravit návrh tak, aby čitelnost a použitelnost umožnila plynulý a intenzivní zážitek. Mladší publikum může ocenit uspokojivý vzhled, starší publikum pak třeba rozložení podobné jiným aplikacím stejného typu. [22] [23]

Pro účely této bakalářské práce zde bude rozebráno uživatelské rozhraní z pohledu her, neboť prototyp této aplikace typově odpovídá hře pro VR.

Důležitým prvkem her, který odlišuje hry od dalších forem médií je interaktivita. Interaktivitu zřizuje v softwarové části hlavně uživatelské rozhraní. Když uživatel nepochopí, jak se hra ovládá, nemůže s ní interagovat. To ubírá na imerzi a zábavě. A to pak snižuje šanci, že si uživatel hraní užije a hru znova spustí. [22]

### 1.2.1 GUI – Grafické uživatelské rozhraní

Do grafického uživatelského rozhraní patří ovládací prvky jako jsou tlačítka, přepínače, posuvníky, různé indikátory jako jsou informační texty, ukazatele, pomocné ikony, indikátory stavu (pro hry například ukazatel životů) apod.

Texty v GUI by měli být co nejkratší, ale ne za cenu jednoznačnosti a srozumitelnosti. Je velmi důležité volit taková slova, která mají v kontextu naší aplikace jasný a nezaměnitelný význam. Vybraný jazyk textu by měl být přizpůsoben publiku. To se váže i na použitá slova. Například texty pro děti by měli používat jednodušší, méně technický slovník. Krom textu samotného je třeba dbát i na font a jeho velikost. Font by měl být co nejvíce jednotný skrze celou aplikaci. Velikost zase může pomoci ukázat hierarchii a důležitost jednotlivých zpráv a prvků. [23] [24]

Barvy by měli sloužit pouze jako podpůrný rozlišovací prvek, nikoliv hlavní. To z důvodu čitelnosti. Barvy nemusí být stejně čitelné v různých podmínkách. Uživatel může být barvoslepý, tudíž nerozliší možnosti od sebe. Rozdíly v zobrazovací technice také mohou způsobit nečitelnost. Ať už de o jas, kontrast a další nastavení obrazovek, tak i světelné podmínky z okolí (jako je například slunce) mohou zhoršit čitelnost a schopnost rozlišení barev. Barevné schéma by mělo být kontrastní tak, aby bylo čitelné i ve špatných světelných podmínkách a neunavovalo oči. To vše napomůže snadnému užívání aplikace. [23] [25] [24]

Ani na obrázky a ikony by se nemělo příliš spoléhat. Problém obrázků je možný výklad. Výklad se může lišit jak mezi kulturami, tak mezi jednotlivci. Možnosti pro výklad je mnoho. Některé ikony mohou být široce používány (například u her to může být ikona diskety pro uložení herního postupu), ale i tak bývá dobrým zvykem je doplnit o text, nebo další rozpoznávací prvek. [23]

Je třeba dbát na jednoduchost. Přeplňená obrazovka GUI prvky uživatele zahltí. Dobrým způsobem, jak navrhnut GUI, je zvolit minimalistickou cestu. Schovat nepotřebné prvky a ty potřebné navrhnut co nejčitelněji a minimalisticky. Čitelnosti taky pomůže zarovnání a rozmístění prvků jednoho vůči druhému. Logické řazení uživateli ulehčí hledání správného prvku na obrazovce. [23] [25] [24]

## 1.3 Imerze

Imerze neboli pocit vcítění v případě aplikace pro VR říká, jak moc je uživatel vtažen do virtuálního světa. Ale co to vlastně znamená a jak lze imerzi využít k navržení dobré aplikace?

Imerzí rozumíme, jak moc se uživatel vcítí do virtuálního prostředí. Pojem nelze snadno jednoznačně definovat. Na jiné lidi a kultury můžou některé prvky fungovat, zatímco jiné mohou pocit imerze snížit. V zásadě se ale jedná o lidský pocit přítomnosti ve virtuálním světě. Čím více smyslů přesvědčíme, čím zajímavější zážitek navrhнемe, tím silnější imerze může být. [22]

Podle Emily Brownnovové a Paula Cairnse lze imerzi rozdělit do tří úrovní. Těmi jsou zapojení, pohlcení a úplné ponoření. Zapojením, první fází imerze, rozumíme stav, kdy se uživatel aktivně zapojí do hry. Musí projevit zájem a strávit čas a energii hraním hry. K tomu musí rozumět, jak se hravou interagovat neboli musí do určité míry rozumět ovládání a myšlence hry. Další úrovní je pohlcení. V této fázi hráče hra začíná vtahovat. Emoce hráče jsou v této fázi ovlivněny. Hráč má touhu pokračovat ve hraní a prohlubovat tím pozitivní vývoj. V této fázi se hráčovo vnímání okolí snížuje, jelikož jeho pozornost je věnována hře. Poslední fáze, úplné ponoření, nastává ve chvíli, kdy hráč aktivně vnímá pouze hru. Myšlenky a pocity jsou ovlivňovány pouze děním ve hře. Hráč je odpoután od reality. [26]

Ke zvýšení pocitu imerze lze napomoci jak dobrým návrhem hry, tak i pomocnými prvky během používání aplikace. Hra působí na lidské smysly. Čím více těchto smyslů zapojíme, tím lépe. Ve hře samotné tomu lze pomoci dobrým zvukovým designem a poutavým vizuálním zážitkem. Hmat lze stimulovat například větrákem, který simuluje vítr ve hře. Naopak lidské smysly mohou imerzi i snížit, pokud k jejich stimulaci dojde z jiného zdroje, než je hra, a tento zdroj neodpovídá herní scéně. Opět dva hlavní smysly jsou sluch a zrak. Pro snížení rušivých zdrojů je

vhodné hrát v konzistentních a tmavších světelných podmínkách se sluchátky, které ruší okolní hluk. [26]

Imerzi ovlivňují i další prvky krom lidských smyslů. Jak již bylo naznačeno, ovládání hry je velkým kontributorem. Když hráč rozumí ovládání hry intuitivně, nemusí aktivně přemýšlet, jak docítit požadované akce a pozornost mu zůstane v herním světě. To samé platí o interakcích a logických akcích a reakcích. Platí, že když něco očekáváme, nemělo by to ve hře fungovat jinak (například nakopnutý míč by se měl kutálet směrem kopnutí). Dále imerzi lze napomoci dalšími prvky jako je poutavý příběh, ideálně takový, se kterým se lze ztotožnit, nebo takový, kterému lze porozumět. Dalším příkladem může být kamera z první osoby, která pomůže efektu, že hráčská postava je hráčem samotným. [22] [26]

## 1.4 Strach z výšek

„Akrofobie je extrémní strach z výšek. Patří do kategorie ‚specifických fobií‘, jelikož se jedná o výrazný strach související s konkrétní situací.“ [27]

Akrofobie je jednou z nejobvyklejších fobií. Podle studie z roku 2010 jí trpí až každý dvacátý jedinec. Strachem z výšky do jisté míry trpí velká část populace, tudíž akrofobii lze brát jako silný projev běžného strachu. [28]

Strachem z výšek rozumíme negativní reakci na velkou výšku, zejména propast pod zasaženým jedincem. Ten se pak projevuje různými způsoby. Obvyklé bývají fyzické příznaky, mezi které patří třes, závratě, pocení, nebo tlak na hrudi. Dalšími reakcemi mohou být panika, úzkost, beznaděj. Strach z výšek se může projevovat i drobnějšími reakcemi jako je problém se soustředěním. [29]

### 1.4.1 Expoziční terapie

Expoziční terapie je konkrétní druh terapie, zabývající se vystavování pacienta věcem, které v něm vzbuzují strach. Vyhýbáním se spouštěčům strachu může krátkodobě pomoci, ale dlouhodobě může strach ještě více prohloubit. V takových případech lze pacientovi pomoci právě expoziční terapií, kde je pacient vystavován jeho strachům postupně, v kontrolovaném prostředí. To pomůže pacientovi si postupně zvykat a snížit strach. [30]

### 1.4.2 Výhody a nevýhody VR

Jednou z výhod je výše popsaná expoziční terapie. Díky headsetu pro virtuální realitu lze vystavit pacienta téměř jakýmkoliv audiovizuálním vjemům, a to v bezpečí domova či ordinace.

Simulované prostředí lze snadno kontrolovat pomocí nastavených parametrů. Tyto parametry pak lze snadno replikovat pro budoucí opětovné použití. Tím může být například hloubka propasti, světelné podmínky, počasí a mnoho dalších jevů.

Virtuální brýle jsou již běžně dostupné a dají se pořídit za zlomek původních cen. Velké množství lidí má již brýle pro virtuální realitu doma pro osobní použití.

Vcítění se do virtuální reality je oproti jiným technologiím výrazně snazší. Oproti jiným technologiím vidí uživatel pouze prostředí aplikace. Ovládání též napomáhá silné imerzi, neboť vyžaduje pohyb celým tělem, které se často promítne stejně přímo do aplikace. [31]

Mezi nevýhody může spadat například limitace hardwaru. I přesto, že jsou současně možnosti na vysoké úrovni, výsledky stále nejsou na úrovni reálné zkušenosti. Tomu také přispívá občasná nefunkčnost hardwaru či softwaru. [32, 33]

Zřejmou nevýhodou je nutnost vytvořit software, který bude ve VR brýlích spuštěn. Té se musí věnovat vývojář, tudíž musí dojít ke vzájemnému porozumění mezi lékařem a vývojářem. [32]

Další nepříjemností využívání VR je nutnost obeznámit pacienta s ovládáním a možná nevolnost, která je u lidí, kteří se setkali s VR poprvé, běžná. [32]

I přesto, že pořizovací cena virtuálních brýlí je stále nižší, může to být pro některé využití pořád velká překážka. Některé headsety a aplikace spoléhají na další výkonný hardware, který se může také prodražit. [33]

**■ Tabulka 1.1** Výhody a nevýhody VR

Výhody	Nevýhody
aplikace expoziční terapie přímo v ordinaci nebo doma	limitace hardwaru
bezpečí při expozici	tvorba softwaru
kontrola nad simulovaným prostředím	obeznámení s ovládáním VR
replikace podmínek	prvotní nevolnost
dostupnost	pořizovací cena
vcítění se do aplikace	

## 1.5 Dostupné VR aplikace

### 1.5.1 Richie's Plank Experience

Jednou z nejznámějších her s touto tématikou je Richie's Plank Experience. Základní princip hry je velmi podobný tomu, čeho má být docíleno touto bakalářskou prací. Člověk vystoupá do 80. patra mrakodrapu a má možnost vystoupit z výtahu a projít se po prkně ve velké výšce. S krokem mimo prkno hráč zažije pád až dolů na ulici.

Vývojáři sami u popisu produktu mluví o silném psychickém zážitku, který hra vyvolává. Aplikace byla navržena tak, aby byl tento pocit co nejsilnější. Hráče připravují na skutečný strach, slabá kolena a pocení. V popisu se dokonce nachází varování, které hráče připravuje na silný zážitek. „Varování: Tato hra vyvolává téměř okamžitou emocionální reakci. Vzhledem k povaze virtuální reality může tento zážitek ovlivnit vaši rovnováhu, způsobit závratě a ovlivnit vaši schopnost rozhodování. Dodržujte bezpečnostní pokyny ve hře, abyste snížili riziko vážného zranění nebo újmy.“ [34] Dostupná varování jsou následující:

- Ujistěte se, že jsou u vás dvě dospělé osoby, které jsou ve středu a jsou schopny vás zachytit, pokud ztratíte rovnováhu.
- Z prkna neběhejte ani neskákejte.
- Vyberte si pro aktivitu prostor bez jakýchkoli předmětů v okolí.
- Stanovte si pravidlo zákazu strkání a provokování, které bude dodržováno a bráno vážně.

[35]

To, že se nejedná o pouhý marketingový tah může potvrdit například psycholog Nathan Rose, který ve hře vidí velký potenciál, a to díky velmi silné imerzi a realismu. Narodí od klasické terapie, která je sice velmi efektivní, ale vyžaduje navštěvování odborníků a je velmi drahá, nabízí tato hra možnost expoziční terapie v pohodlí a bezpečí domova. Další výhodou je široká dostupnost. [36]

Na internetu lze také najít spoustu důkazů o velmi silné imerzi, kterou hra vyvolává. Velmi častým formátem jsou videa s nehodami, kdy lidé nedodržovali bezpečnostní pravidla a během hraní zranili sebe, poškodili okolí, či poškodili VR headset. [37]

Hra nabízí více herních módů, ale ty nebudou v této práci podrobněji analyzovány. Zde je jen pro úplnost krátký popis. Základní herní mód s prknem ve velké výšce může být obohacen

různými předměty, jako je například dort, který lze uchopit a sníst. Krom předmětů jsou ve hře rozšíření i o celé události, jako je třeba hororový scénář, kdy se ke hráči začnou přibližovat velici pavouci. I přesto, že je hra primárně zaměřena na chůzi po prkně, jsou ve hře další herní módy, kde se hráč spíše pohybuje po městě. Další scénář Santa Simulator má vánoční tématiku. V něm hráč rozhazuje dárky do komínů z létajících saní. V dalších módech může lítat pomocí raket po městě. V jednom prolítá co nejrychleji obručemi a v druhém lítá s hasicím přístrojem a hasí požáry. V posledním herním módu hráč lítá a ničí raketu. [34] [35]

Uživatel nastavuje herní scénu pomocí interaktivních prvků. Nejprve se člověk objeví na ulici. Musí udělat několik fyzických kroků pro nastoupení do výtahu. Konkrétní úroveň, či typ zážitku, zvolí pomocí zatlačení herního ovladače na tlačítko výtahu ve hře. Ve výtahu jsou také dvě dodatečná tlačítka „I'm Tall“ a „I'm Small“, která posunou zbylé tlačítka dolů, či nahoru tak, aby na ně dosáhl vysoká a nízká lidé. Poté se dveře výtahu zavřou a výtah vyveze hráče do vybrané úrovně. Následně se hráč opět fyzicky pohybuje a jeho pohyb je promítán do hry. V herních módech s chůzí po prkně stačí sestoupit z prkna a hráč padá až dolů na ulici. Dále hra nabízí další menu pro nastavení všeho ostatního. To se promítne formou grafického uživatelského rozhraní před hráčem přímo ve 3D scéně. Zde naleznete nastavení prkna, sledování nohou (pokud je podporováno), grafiky, zvuku, resetování pozice apod. [38]



**Obrázek 1.1** Richies Plank Experience menu [38]

Ovládání pomocí ovladačů funguje následovně:

- Pohyb ovladačů – pohyb ovladačů ve scéně (pro interakci s výtahem, předměty, ovládání apod.)
- Pravá spoušť – interakční tlačítko pro uchopení předmětů (či jiná interakce v jiných módech hry)
- Levá spoušť – pohyb po scéně v jiných módech
- Levé sekundární tlačítko – herní nabídka

[38]

### 1.5.2 Chůze po prkně ve virtuální realitě

Jedná se o bakalářskou práci absolventa Marko Šoltése. Důvodů pro analýzu této práce je více. Detaily o vývoji byly poskytnuty vedoucím práce Ing. Petrem Paušem, Ph.D. Podrobná analýza

této práce pomůže lépe uchopit rozměr a časové možnosti vázající se k vyhotovení bakalářské práce s podobným tématem. O aplikaci od Marko Šoltése bude vyhotoveno dotazníkové šetření a detailněji popsáno později v této práci. Na základě dotazníkového šetření budou vyvozeny závěry o silných a slabých stránkách aplikace Marko Šoltése, které napomohou k vytvoření této bakalářské práce.

Po spuštění aplikace se uživatel ocitne na platformě na straně budovy ve velké výšce. Kolem sebe vidí město tvořeno vysokými mrakodrapy. Pohyb VR headsetu se přenáší z reality do hry, tudíž se uživatel po scéně může pohybovat prostou chůzí.

Oproti hře Richie's Plank Experience je zde několik rozdílu, které by mohly snížit intenzitu pocitů vyvolaných aplikací. Zde jsou krátce popsány:

- Nelze nastavovat rozměry prkna – Pro zvýšený pocit imerze, kde se používá i prkno v realitě bude potřeba mít prkno o správných rozměrech.
- Scéna je statická – Ve scéně se nic nehýbe. Pohyblivé prvky by mohly scénu oživit a zvýšit pocit imerze.
- Nelze spadnout – Pokud uživatel zjistí, že nelze spadnout, je možné, že na něj efekt výšky přestane působit.
- Neznámé a generické prostředí – Známé, či členité prostředí by mohlo působit na uživatele přesvědčivěji a autentičtěji. Tedy mohlo by zvýšit pocit imerze.
- Detail scény – Aplikace má méně detailů. Je na místě prověřit, zda pro uživatele je tato úroveň detailů dostačující.
- Aplikace nemá zvuky – Absence zvuků může snížit pocit imerze kvůli nezapojení jednoho ze základních smyslů.

Hra nemá žádné další ovládání ani grafické uživatelské rozhraní. Proto může být obtížnější spustit aplikaci správně tak, aby prkno a propast byla správným směrem. S omezeným prostorem v míístnosti může být pouze malý úhel, kterým se může uživatel v realitě pohybovat. Proto může být problémem, když směr nelze nastavit. To se dá obejít tím, když se aplikace spustí již se správně natočeným VR headsetem. Některé VR headsets umožňují změnit pohled v aplikaci z nabídky. Použití této nabídky také řeší problém s nastavením pohledu.

### 1.5.3 Plank not included

Plank not included od studia 4 Fun Studio je hra o chytání kolibříků na prkně ve velkých výškách a jiných extrémních podmínkách. Hra provede hráče 35 úrovněmi, kde každá má jinou tématiku. Některé úrovně jsou v moderním městě, jiné na hradu s drakem, a podíváte se i na dinosaury. Potkáte spousty dopravních prostředků od horkovzdušného balónu, přes vlaky po horskou dráhu a letadla. [39]

Mechanismy hry nejsou příliš složité, a i v popisu hry zmiňují, že hra je vhodná pro nováčky, nebo třeba na páry. Akrofobii, strach z výšek, také zmiňují v popisu a dodávají podrobný popis, jak vysoko se hráč v jednotlivých úrovních nachází (jak v metrech, tak ve stopách). Hráč začíná na 1,9 m a postupem hry se dostane až do výšky 280 m. V některých úrovních je zážitek zesílen o další elementy jako je chůze na pohybujících se vlcích, průlet draka apod. Poměrně dobrá grafika, vizuální efekty a další efekty dodávají hře dobrý pocit imerze, která zesiluje požitek ze hry. [39] [40]

Ovládání hry je opravdu jednoduché. Pohyb hráčské postavy se do hry promítá skrze pohyb headsetu. Dalším ovládacím prvkem jsou ovladače, jejichž pohybem hráč hýbe se sítkou. Prostým přejetím koncem sítky přes kolibříka hráč ptáčka chytí. Po úspěšném odchycení dvou kolibříku hra přepne současnou úroveň. [41]

V celé hře jediným náznakem grafického uživatelského rozhraní je text kolem kolibříků na začátku hry. Chycením kolibříka označeným příslušným textem se aktivuje tato možnost, podobně jako při kliknutí myší na tlačítko v běžném herním menu. [39]

Hru podporují dva VR headsety. Těmi jsou HTC Vive a Oculus Rift. [39]

#### 1.5.4 Další hry

Další hry s podobnou tématikou sice existují, ale většinou nenabízejí již nic nového, co by bylo pro tuto práci vhodné k podrobnější analýze. Velká část her funguje podobně jako Richie's Plank Experience nebo Plank not included s tím, že často nabízejí méně funkcí, či nemají tak mnoho detailů po umělecké stránce jako jsou zvuky a grafika. Analýza by tudíž nepřinesla žádné nové výsledky. Zde vypíše některé z nich:

- Yue's Plank Experience
- Walk The Plank VR
- VR Heights Phobia

## Kapitola 2

# Návrh

*Tato kapitola se zaměří na výběr vhodného softwaru pro vytvoření prototypu aplikace pro VR. Konkrétně se jedná o volbu herního enginu, který bude klíčovým faktorem při vývoji aplikace, a následně i o výběr modelovacího softwaru pro tvorbu objektů ve scéně. Další část této práce bude věnovaná provedení dotazníkového šetření, které poslouží k lepšímu zařazení a prioritizaci prvků, jež se objeví v prototypu.*

## 2.1 Použitý software

### 2.1.1 Herní engine

Na základě přechozí analýzy budou v této kapitole jednotlivé herní enginy porovnány a bude vybrán ten nejvhodnější pro tvorbu prototypu aplikace pro VR.

K analýze byly vybrány takové herní enginy, které splňovali určité prerekvizity. Těmi byly práce s osvětlením, zvukem, podpora 3D, import modelů a v prvé řadě podpora VR. Nyní bude výběr pokračovat porovnáním jednotlivých vlastností analyzovaných enginů. Na závěr výběr mohou ovlivnit i osobní zkušenosti a preference.

Licencování není pro výběr enginu v tomto případě takovou překážkou. Všechny tři analyzované enginy jsou dostupné bez poplatku, pokud není překročena výdělkem jistá mez. I přesto, že se hranice, od kdy tyto enginy nelze dále používat bezplatně, velmi výrazně liší, to vyvýjený prototyp nijak neovlivní. U prototypu se neočekává komerční použití, tudíž není ani očekáván žádný zisk. Proto výběr herního enginu licencování ovlivní velmi málo, a to pouze v případě, kdy ostatní parametry výběru jasné neurčí vítěze.

Komunita jednotlivých enginu již výběr ovlivní výrazně více. Osobně jsem u vývoje pro virtuální realitu spíše nováčkem, proto bude silná komunita velmi nápomocná při řešení možných problémů. Unity i Unreal Engine mají velmi rozsáhlé a nápomocné komunity. Oba enginy jsou na trhu dostačně dlouhou dobu na to, aby komunita měla čas probrat všemožná zákoutí a skuliny svých enginů. I přesto, že CryEngine nemá jednoznačně nedostačující komunitu, jisté negativní postoje se na internetu objevují. Z pohledu komunity mají tedy Unity a Unreal Engine výhodu.

Z podobných důvodů jako u komunity může být důležitá i dokumentace. Dobře dokumentovaný herní engine výrazně usnadní téměř jakoukoliv práci v něm dělanou. To se zejména týká použití komponent a psaní skriptů. Krom zřejmého obeznámení se s dokumentovanou funkcionalitou, pomůže dokumentace i s ostatními informacemi. Těmi můžou být spojitosti s jinými komponenty anebo třeba informací, zda jsou tyto funkcionality zastaralé, případně čím jsou nahrazené. I zde jsou na tom Unity a Unreal Engine velmi dobře. Jejich dokumentace dosahuje dobré kvality. U CryEnginu je situace horší. Dokumentace CryEnginu podléhá dlouhodobé kritice pro její neobsáhlost a neúplnost. Nedostatečná dokumentace může být pro nováčky velkou

překážku.

Obchod poskytující assety nabízejí všechny tři enginy. Všechny enginy typově (modely, skripty apod.) nabízejí podobné věci. Obchody s assety zahrnují cenově dostupné, a dokonce zcela volně dostupné assety. Je však třeba mít na paměti, že úroveň kvality často koresponduje s cenou. Unity oproti Unreal Enginu má větší nabídku assetů, ale velká část z nich nedosahuje vysoké kvality. Všechny tři enginy si z pohledu obchodu s assety vedou obdobně.

Skriptovací jazyky jsou pro všechny tři enginy odlišné, i přesto, že všechny enginy jsou napsané v jazyce C++. Součástí prototypu by neměli být žádné složité části kódu, kde by jeden jazyk nad druhým poskytoval nějakou zásadní výhodu. Možnosti, které nabízí každý engine jsou v tomto ohledu srovnatelné. S výběrem enginu v tomto ohledu nejvíce pomůže osobní preference jednotlivých jazyků. Se všemi jazyky mám osobní zkušenost. Nejmenší je s jazykem Lua (CryEngine). I přesto, že je přívětivý, mohla by má malá zkušenost s ním vést k nepředpokládaným problémům během vývoje. S C++ (Unreal Engine) i C# (Unity) mám zkušenosť více. Během vývoje prototypu nebude větší kontrola nad psaným kódem, kterou C++ nabízí, výhodou. Proto pro mě osobně vyhrává Unity s C#, kde psaní skriptů bude o něco snazší a rychlejší.

Co ale všechny enginy mají společné, je vizuální skriptování. I přesto, že každé má svoje rozdíly, princip je identický. U všech třech enginů vizuální skriptování poskytuje rychlou a přehlednou alternativu k tradičnímu skriptování. Jsou limity, co vizuální skriptování dokáže, ale k rychlému prototypování slouží dobře. Výhodou pak třeba u Blueprintů od Unreal Enginu je možnost konvertovat Blueprinty do C++ skriptu. V tomto ohledu má Unreal Engine oproti Unity a CryEnginu výhodu.

Nejdůležitějším rozhodovacím faktorem je podpora VR. Všechny vybrané enginy virtuální realitu podporují, ale u každého enginu to funguje jinak. V Unity je to formou stáhnutelného balíčku XR Interaction Toolkit přímo v projektu. Po stažení se do projektu data importují. Následovně je potřeba přidat do scény jednotlivé chtěné komponenty, které lze snadno nastavit s předpřipravenými assety. XR Interaction Toolkit odkazuje na dokumentaci, kde je vše popsáno. To vše je zahrnuto i s velmi dobrým nastavením a prokliky k dokumentaci v přednastavené VR Core scéně, která se dá vybrat při tvorbě nového projektu. VR Core scéna zahrnuje základní běžné funkcionality jako je pohyb, teleport, interakce s objekty, interakce s UI. Pro Unreal Engine není třeba stahovat žádný balíček. Stačí založit projekt a VR už je v projektu připraveno. Narozdíl od Unity zde musíte mít během testování zapnuto Android Studio s aktuálně podporovanou verzí a VR s povoleným vývojářským módem. Předpřipravené jsou i zde základní funkcionality jako je pohyb, teleportace a interakce. CryEngine má ze všech analyzovaných enginů nejmenší podporu VR headsetů. Bohužel v CryEnginu neexistuje žádný snadný způsob zprovoznění VR jako u Unity a Unreal Enginu. Pro propojení VR a CryEnginu je třeba provést nemalé množství úkonů. V první řadě se musí manuálně upravit několik soborů projektu. Poté se v CryEnginu musí nastavit celý VR set manuálně, například pro VR brýle se musí nastavit na kameře dvojité renderování obrazu, aby se pro každou čočku ukazoval jiný obraz, tvořící 3D efekt. Podpora VR je tedy nejlepší pro Unreal Engine, ale Unity je v těsném závěsu. CryEngine v tomto ohledu bohužel zaostává.

Závěrečné srovnání enginu je shrnuto v následující tabulce, kde jsou enginy obodovány. Čím lépe engine vyhovuje, tím více bodů mu je přiřazeno:

**■ Tabulka 2.1** Srovnání herních enginů

	Unity	Unreal Engine	CryEngine
Licence	4	4	4
Komunita	5	4	3
Dokumentace	5	5	2
Obchod s assety	4	4	4
Skriptovací jazyk	5	4	3
Vizuální skriptování	3	4	3
Podpora VR	4	4	1
Osobní zkušenost	5	2	1
Součet	35	31	21

Z tabulky je zřejmé, že CryEngine z analýzy nevyšel nejlépe. Největším důvodem, proč CryEngine nebude zvolen pro tvorbu prototypu, je nedostatečná dokumentace a velmi chabá podpora VR oproti konkurenci. Unity a Unreal Engine ovšem dopadly velmi podobně. V jistých ohledech má jeden nad druhým navrch a v jiných ohledech má navrch druhý nad prvním. Rozdíly jsou ale minimální. Rozhodujícím faktorem pro volbu vhodného enginu je osobní zkušenost.

## 2.1.2 Modelovací software

Velkou část práce zabere modelování vlastního prostředí a objektů. Na práci je kladeně několik požadavků z pohledu modelování. Z důvodu popsaných v sekčích o imerzi a strachu z výšek bude vhodné uvěřitelné prostředí s většími výškami. Výběr prostředí scény bude ovlivněn výsledky dotazníkového šetření, ale v každém případě se bude jednat o městskou zástavbu, která poskytuje dostatečné výšky pro navození strachu z výšek, díky čemuž půjde aplikace využít pro expoziční terapii zaměřenou na léčbu akrofobie.

Do práce tedy bude třeba vymodelovat budovy a objekty v okolí, případně nějakou vegetaci. Součástí toho je i možnost texturování s možností úpravy UV mapy. Výhodou bude možnost zapékání textur. V Unity lze aplikovat textury přímo, ale import modelu se zapečenou texturou může mít své výhody, které budou popsány níže. Modelovací software také musí umožňovat export modelu. K tomu všemu lze využít Blender. Blender byl v tomto ohledu jasnou volbou i bez odborné analýzy. Lze v něm namodelovat vše, co bude potřeba, je oproti některým konkurenčním aplikacím zdarma a to nejdůležitější, mám s ním výrazně největší zkušenosť. Velkou výhodou pro volbu Blenderu může být fakt, že byl Blender používán při výuce předmětu Multimediální a grafické aplikace, kde byly probrány a prakticky předvedeny mnohé užitečné postupy a praktiky.

## 2.1.3 Podpůrné aplikace pro VR

I přesto, že prototyp bude cílen na více VR platform, k testovaní je pro mě nejdostupnější Oculus Quest od společnosti Meta. K efektivnímu testování během vývoje na PC je mít třeba v provozu alespoň jednu aplikaci.

Tou je aplikace Oculus. Tato aplikace mimo jiné umožňuje propojit konkrétní VR set sérii Oculus s počítačem, na kterém aplikace Oculus běží. Propojení VR s PC je možné buď přes kabel, či přes Wi-Fi pomocí metody Oculus Link (kabel), či Oculus Air Link (Wi-Fi). Po připojení kabelu nebo na stejnou bezdrátovou síť se pomocí VR přes Oculus Link, či Oculus Air Link najdou dostupná zařízení. Po vybrání se VR pokusí připojit k PC. V počítači se automaticky spustí aplikace Oculus a spojení započne. V tuto chvíli, když je spojení aktivní, lze snadno

testovat přímo z Unity bez potřeby sestavení aplikace (se správným nastavení všech potřebných částí na straně Unity). Byly testovány dvě další alternativní aplikace pro spojení VR s počítačem. I přes úspěšné propojení nebyly na úkor aplikace Oculus vybrány, protože nenabízeli nic navíc a práce s nimi byla složitější (výpadky spojení apod.). Testovanými aplikacemi byly SteamVR a Virtual Desktop.

Druhá aplikace je Meta Quest Developer Hub. Tato aplikace není esenciální, ale umožní více způsobů sestavení aplikace a jejího testování, díky možnosti nastavit na VR setu vývojářský režim. I přesto, že v Unity k testování není vývojářský režim ve VR setu potřebný (narozdíl třeba od Unreal Engine), bude potřebný pro způsob sestavení aplikace do souboru APK, který se nahraje do VR setu a nainstaluje se přímo do brýlí. Alternativním způsobem je sestavení pro Windows a spouštění aplikace přes EXE soubor. Tento způsob zapnutý vývojářský mód nevyžaduje. Obě možnosti budou do budoucna dostupné a podle potřeby využité.

### 2.1.4 2D grafický software

Software pro 2D grafiku bude především využit pro úpravu textur a tvorbu spritů. Vzhledem k osobním zkušenostem byl zvolen Photoshop oproti druhé zvažované variantě, GIMPu. Předpokládané využití zahrnuje drobnou lokální korekci, celkovou úpravu barev, jasu apod. Pro tvorbu spritů bude krom běžných nástrojů potřebná práce s průhledností.

## 2.2 Dotazníkové šetření

Dotazníkové šetření pomůže potvrdit či vyvrátit domněnky o důležitosti různých prvků v prototypu, které zvýší intenzitu zážitku. Pro úspěšné dotazníkové šetření je důležité porozumění tématu, díky kterému lze sestavit správnou sadu otázek.

### 2.2.1 Persony

Pro lepší porozumění uživatelům je na místě připravit persony, které pomůžou porozumět nárokům a očekáváním uživatele:

- Adam – Adam se bojí výšek. Pravidelně dochází na terapie a ochotně zkouší nové dostupné metody, které by ho strachu z výšek zbavily. Pro svůj cíl je ochoten vystoupit ze své komfortní zóny a vyzkoušet tuto aplikaci, i když z toho nemá příjemný pocit.
- Bára – Bára se také bojí výšek. Ta se se svým strachem ale vypořádává tak, že se výškám vyhýbá za každou cenu. K používání této aplikace ji přemluvili kamarádi.
- Cecílie – Cecílie má ráda hry a virtuální realitu. Výšek se nebojí. O této hře slyšela od kamaráda a chce si ji taky vyzkoušet. Doufá, že ve hře toho lze hodně dělat, aby jí hra rychle neomrzela.
- David – David sice nemá strach z výšek, ale čas od času se mu udělají závratě. Rád leze po skalách a občasné závratě ho proto znepokojují. Proto se rozhodl vyzkoušet tuto hru. Doufá, že hra bude jednoduchá, protože hrám moc nerozumí. Také chce, aby hra působila co nejreálněji, aby měla co nejsilnější efekt výšky. To proto, aby mu pomohla přemoci závratě z bezpečí domova.

### 2.2.2 Sada otázek

Na základě analýzy a person byla sestavena sada otázek, která pomůže sestavit požadavky na vývoj prototypu.

Největším faktorem, který ovlivní celý zážitek ze hry, je imerze. Nejvíce nás zajímá imerze z pohledu zážitku pobytu ve velké výšce.

Důležitým elementem k prozkoumání je možnost pádu samotného. Při testování práce Marko Šoltése pocit imerze způsobený výškou rychle opadl ve chvíli, kdy došlo ke zjištění, že nelze spadnout. I přesto, že výška prvně měla působivý efekt, nepřináší tato práce výrazný pocit znovuuhraťelnosti, právě kvůli velmi rychlému zjištění nemožnosti pádu.

Dalším bodem k průzkumu je vizuální scéna a absence zvuků. Scéna neměla žádný pohyb, byla statická. Budovy byly monotónní a celé město bylo generické.

Dotazník obsahuje celkem deset otázek. Prvních osm otázek má odpovědi ano, ne a nevím. Zbývající dvě otázky jsou otevřené. Krom otázek samotných dotazník obsahuje kolonku na vyplnění věku respondenta.

Věk: 

ANO    NE    NEVÍM

- 1) Máte zkušenost s Virtuální Realitou?
- 2) Hráli jste někdy podobnou hru?
- 3) Trpíte závratěmi nebo strachem z výšek?
- 4) Vyvolala ve Vás hra závratě nebo strach z výšek?
- 5) Myslíte si, že by mohla být taková hra použita k léčbě ze strachu z výšek?
- 6) Bylo pro Vás okolí ve hře dostatečně detailní?
- 7) Pomohlo by Vám vžít se do hry více, kdybyste okolí ve hře znali?
- 8) Ve hře nelze spadnout. Je podle Vás pád důležitou součástí této hry?
- 9) Co se Vám ve hře líbilo?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------

- 10) Co Vám ve hře chybělo?

.....  
.....  
\*Vyplněním tohoto dotazníku přijímáte podmínky o zpracování osobních údajů dle GDPR za účelem vypracování Bakalářské práce.

**■ Obrázek 2.1** Dotazník

### 2.2.3 Testování

K testování došlo v rámci Dnů otevřených dveří 12.1.2023. V rámci reprezentace školy byly v Sítové multimediální laboratoři (SAGElab) zájemcům poskytnuty k vyzkoušení různé výtvory studentů oboru Počítačové grafiky. Mezi ně patřila i práce Marko Šoltése. Pro tuto práci byl vyhrazen prostor pro pohyb s VR headsetem a na zem byl položen kabelový přejezd pro simulaci pravého prkna. Zájemcům byla práce představena s poskytnutím limitovaného množství informací (v kontextu herního zážitku), aby byl zážitek autentický a neovlivněný. Po vyzkoušení této práce byli zájemci požádáni o vyplnění dotazníku. Během ukázky byly samozřejmě zodpovězeny všechny dotazy týkající se Dnu otevřených dveří a studia na ČVUT. Výzkum byl zájemci brán velmi pozitivně. Často rozvířil vášnivou debatu mezi hosty, kteří přicházeli se spoustou dalších návrhů do této bakalářské práce.

Po Dni otevřených dveří byly výsledky zpracovány. Celkem odpovědělo 32 respondentů v průměrném věku 19,5 let (nejvíce respondentů bylo ve věku 18 let). U prvních osmi otázek byly odpovědi sečteny a výsledky převedeny na procenta. Otevřené otázky byly zpracovány odděleně. Kvůli nátuře otevřených otázek byly jednotlivě zpracovány. Z každé otázky byla vzata myšlenka a zaznamenána do výsledků. Z deváté otázky „Co se Vám ve hře líbilo?“ bylo sepsaných devět myšlenek a poznámek. Z desáté otázky „Co Vám ve hře chybělo?“ bylo sepsaných myšlenek a poznámek dvanáct.

Výsledky jsou popsány v následujících tabulkách. Na základě rozdílu mezi odpověďmi „Ano“ a „Ne“ bylo sestaveno slovní ohodnocení pro větší přehlednost výsledků. Rozdíl větší než 40 % je hodnocen ve prospěch jedné z odpovědí. Rozdíl menší než 40 % (včetně), ale větší než 15 % (včetně) je hodnocen **spíše** ve prospěch jedné z odpovědí. Rozdíl menší než 15 % není hodnocen ve prospěch žádné z odpovědí.

Otzázkы:

1. Máte zkušenosť s Virtuálnou Realitou?
2. Hráli jste někdy podobnou hru?
3. Trpíte závratami nebo strachem z výšek?
4. Vyvolala ve Vás hra závratě nebo strach z výšek?
5. Myslíte si, že by mohla být taková hra použita k léčbě ze strachu z výšek?
6. Bylo pro Vás okolí ve hře dostatečně detailní?
7. Pomohlo by Vám vžít se do hry více, kdybyste okolí ve hře znali?
8. Ve hře nelze spadnout. Je podle Vás pád důležitou součástí této hry?
9. Co se Vám ve hře líbilo?
10. Co Vám ve hře chybělo?

Počet odpovědí:

■ **Tabulka 2.2** Úvodní dotazník – Počet odpovědí

Otázky:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Ano	23	14	12	10	26	19	19	27
Ne	9	18	19	21	0	12	7	2
Nevím	0	0	1	1	6	1	6	3

Poměr odpovědí:

■ **Tabulka 2.3** Úvodní dotazník – Poměr odpovědí

Otázky:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Ano	72 %	44 %	38 %	31 %	81 %	59 %	59 %	84 %
Ne	28 %	56 %	59 %	66 %	0 %	38 %	22 %	6 %
Nevím	0 %	0 %	3 %	3 %	19 %	3 %	19 %	9 %
Rozdíl A/N	44 %	13 %	22 %	34 %	81 %	22 %	38 %	78 %
Výsledek	Ano	Žádný	Spíš ne	Spíše ne	Ano	Spíše ano	Spíše ano	Ano

Otevřené otázky:

■ **Tabulka 2.4** Úvodní dotazník – Otevřené otázky

Pozitiva	Výskyty	Negativa	Výskyty
Pocit reality	7	Neživá scéna	4
Reálné prkno	4	Neviditelné nohy	4
Téma	2	Chybějící zvuk	3
Vývolání strachu	2	Neviditelné tělo	2
Měřítka	1	Krátké prkno	1
Neohrané VR téma	1	Malé rozlišení	1
Plynulost	1	Nejistota pádu	1
Výška	1	Chybějící průzkum okolí	1
Zapojení smyslů	1	Stabilizace obrazu	1
		Uniformní okolí	1
		Vibrace headsetu	1
		Neviditelné ruce	1

Odpovědi respondentů z větší části splnily očekávání. Základní poměry a počty odpovědí jsou čitelné z tabulek. Před závěrečným vyhodnocením jsou zde popsány provázanosti, které nejsou na první pohled v tabulkách vidět a stojí za zmínku.

- 11 % – Kolik z těch, co netrpí závratěmi, měli během hraní závratě.
- 67 % – Kolik z těch, co trpí závratěmi, měli během hraní závratě.
- 80 % – Kolik z těch, co měli během hraní závratě, si myslí, že by hra mohla být využita pro léčení strachu z výšek.
- 81 % – Kolik z těch, co neměli během hraní závratě, si myslí, že by hra mohla být využita pro léčení strachu z výšek.
- 26 % – Kolik z těch, co mají zkušenosť s VR, mělo závratě?
- 44 % – Kolik z těch, co nemají zkušenosť s VR, mělo závratě?

## 2.2.4 Závěr

Největším poznatkem z výzkumu je důležitost pádu. 84 % respondentů souhlasilo, že pád je důležitou součástí takovéto hry. 81 % respondentů si myslí, že má takováto hra potenciál při léčbě strachu z výšek. Na stejnou otázku nikdo neodpověděl negativně. Výzkum poukázal na vliv prostředí na imerzi. 59 % respondentů odpovědělo, že by jim známé prostředí pomohlo se do hry vžít. Známost prostředí není důležité pro 22 % respondentů. I přesto, že odpovědi poukazovaly na to, že hra je dostatečně reálná, bylo mnoho výtek na detaily ovlivňující imerzi. Těmi byly zejména nedostatečně živá scéna (nedostatek pohybu ve scéně, uniformní okolí), chybějící zvuk a neviditelné tělo hráče (nohy, tělo, ruce). Pozitivní ohlasy na imerzi byly projevovány například přítomností fyzického prkna během hraní hry.

Pro prototyp v této práci na základě dotazníku jsou stanoveny následující cíle:

- Možný pád z plošiny dolů (přepínatelný).
- Oživení scény (zvuk, pohyb, detaily ve scéně).
- Vymodelování prostředí hráčům známé.
- Možnost upravit rozměry prkna.
- Lepší ovládání a interakce.
- Zobrazení rukou.

Přidání zvuků větru či pádu bude do hry dodáno vnímání dalším lidským smyslem. To výrazně zvýší pocit imerze za malé množství práce. Pohyb ve scéně může být uskutečněn formou létajících ptáků (častý návrh respondentů). Interakce se hrou může být provedena mnoha způsoby. Vzhledem k cíli umožnit pád, je velmi důležitou interakcí možnost vrátit se opět na plošinu a nastavit směr pohledu. Možnost změnit rozměry prkna pak umožní experimentovat s různými fyzickými objekty. To udělá prototyp flexibilnější. K ovládání nyní budou narození od práce Marko Šoltése potřebné VR ovladače, tedy zobrazení polohy rukou bude také důležité. Ostatní části těla zobrazovány nebudou. Cílem je udělat prototyp dostupný na běžných headsetech, a ne každý VR set umožňuje sledování polohy nohou.

Největší výzvou bude tvorba známého prostředí. Vzhledem k povaze této práce je ideálním prostředím Dejvický kampus, kde se pohybuje pravidelně většina studentů a zaměstnanců školy. Toto prostředí bude povědomé například i hostům na Dni otevřených dveří, pokud se práce pro tento účel využije. Vzhledem ke komplexnosti architektury v dejvickém kampusu bude modelování prostředí soustředěno na omezenou oblast. Po zvážení se nejlépe jeví prostor mezi

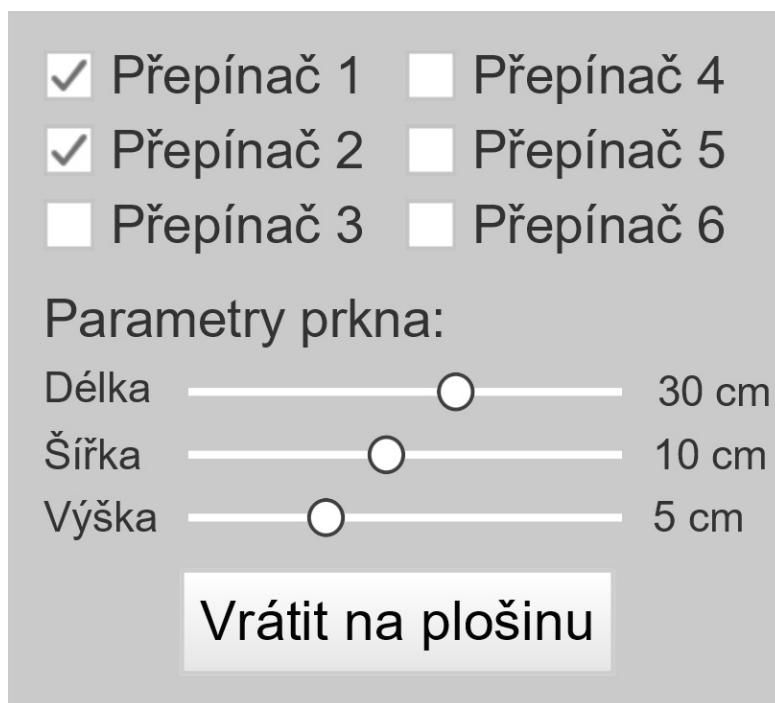
Národní Technickou Knihovnou, Novou budovou ČVUT (Fakulta Architektury a Fakulta Informačních Technologií), Budovou A až C (Fakulta Stavební) a budovou Vysoké Školy Chemicko-Technologické. Nejvyšší budovou v okolí je Budova A. Plošina s prknem tedy může být z boku budovy v úrovni vyšších pater, ze strany směřující k Národní Technické Knihovně. Tím bude zajištěna adekvátní výška i rozumný rozhled do okolí.

## 2.3 Uživatelské rozhraní

Na základě všech zmíněných vlastností bylo navrženo uživatelské rozhraní, které bude obsahovat nastavitelné prvky. Uživatelské rozhraní bude držet pozici nad levou rukou, aby pravou šlo ovládat a také proto, aby vždy bylo na dosah. Nejdůležitější prvky budou tedy v rozhraní níže (pokud pro jejich umístění nebude jiný důvod), aby člověk nemusel mířit příliš vysoko či do stran. Ty méně důležité pak budou obecně od ruky dál.

Hra bude obsahovat přepínací efekty. Těmi mohou být například přepínání dne a noci nebo třeba přepínání gravitace. Tyto přepínače budou v horní části rozprostřeny do dvou sloupců. Toto rozložení se k předpokládanému počtu přepínačů jeví jako nejpřehlednější a nejméně rušivé. V případě potřeby jdou přepínače snadno rozšířit o další, aniž by bylo nutné měnit zbytek rozložení. Pod přepínači bude umístěno nastavování prkna. Tento prvek bude mít fixní rozložení. Jelikož je jeho rozšíření nepravděpodobné není třeba se obávat, že ovlivní zbytek rozložení. Proto může být blíže než přepínače, které se mohou stále rozširovat o další funkce a tím zabírat více prostoru. Ve spod, nejbliže k ruce, pak bude tlačítko, které vrátí uživatele na startovní pozici. Toto tlačítko je esenciální a bude také nejvíce využíváno. Právě proto, aby se co nejsnáze používalo, je tlačítko co nejbliže ruky.

Výsledný návrh tedy vypadá takto:



■ Obrázek 2.2 Návrh uživatelského rozhraní

## Kapitola 3

# Implementace

*Tato kapitola se věnuje samotné implementaci prototypu. Zejména se jedná o modelování v Blenderu a vývoj v Unity. Krom práce v jednotlivých softwarech tato kapitola bude obsahovat i informace ohledně přenosu dat mezi nimi. Na závěr této kapitoly proběhne i testování hotového prototypu.*

## 3.1 Tvorba scény

### 3.1.1 Modelování

Prvním úkolem pro tvorbu prototypu byla tvorba scény. V návrhu bylo určeno prostředí, ve kterém se hra bude odehrávat. Tím je Dejvický kampus.

K základnímu rozvržení správných rozměrů je vhodný půdorys budov. Ten je pro budovy ČVUT dostupný například na stránkách FITu[42]. Zbylé informace už nebyly snadno k nalezení. Byla proto zvolena metoda manuálního focení. Osobně jsem chodil a fotil všechny potřebné budovy z co nejvíce možných úhlů. Díky přístupu do Budovy A bylo možné pořídit i některé fotky okolí z výšky. Fotky byly pořizovány během více dnů, díky čemuž byly zaznamenány různé podmínky počasí a osvětlení. To pomůže při texturování.

Pořízených fotografií bylo něco málo přes 100. Mezi nimi byly fotografie budov, fotografie menších detailů jako jsou lavičky, lampy veřejného osvětlení, odpadkové koše apod.

Dalším nápmocným nástrojem pro vymodelování scény byly Mapy Google. Zejména šlo o využití Satelitní mapy, která v prostoru Dejvic nabízí i 3D náhled. Díky tomu si šlo prohlížet budovy i z výšky, kde bylo problematické pořídit vlastní obrazový materiál.

Kombinací vlastních fotografií, dostupných půdorysů a map bylo možné přiblížit se originálním rozměrům a úrovni detailů s mnohem větší přesností.

Modelování začalo budovou A. Jelikož je budova A nejbližší k hráči (na straně této budovy bude platforma s prknem), bylo důležité zajistit co nejautentičtější vzhled. Všechny další modely budou modelovány v poměru k této budově. Při možné odchylce rozměrů od reality původního objektu se tedy zvyšuje rozsah možných chybnych rozměrů pro každý další model založený na poměru s původním. Budovy tedy byly modelovány podle blízkosti k hráči a pomáhali pak utvářit ucelenou scénu. Vzhledem ke vzdálenostem tedy byly vymodelovány budovy v následujícím pořadí:

1. Budova A,
2. Budova C,
3. Budova B,

4. Nová Budova,
5. Národní Technická Knihovna,
6. Budova Vysoké Školy Chemicko-Technologické.

K maximální efektivitě nebylo žádoucí modelovat části budov, které nebudou vidět. To z důvodu ušetření času a primárně k optimalizaci výkonu běžící aplikace. Například u Budovy A tedy byla vymodelována pouze přední strana budovy. Ostatní strany a střecha byly pouze prázdné plochy. Prázdné plochy byly potřebné, i přesto, že je hráč neuvidí. To z důvodu osvětlení. Budovy vrhají stíny, které již hráč spatřit může. Proto adekvátní množství detailů bylo zachováno i u hráčem neviditelných míst.

V rámci efektivního využití výkonu bylo nutné také zvážit úroveň detailů u vymodelovaných objektů. Čím blíže se objekt nachází, tím větší úroveň detailů je potřebná. Vzhledem k principu hry, kde se hráč nachází pouze na jednom místě (s výjimkou výšky), je snadné s detaily pracovat. Není třeba zřizovat žádné mechanismy měnící úroveň detailů vzhledem ke vzdálenosti ke kameře založené na LOD (Level Of Detail). Modely mohou být vymodelovány pouze s jednou úrovní detailů v závislosti na vzdálenosti ke hráčské kameře.

K procesu modelování byly využity standardní postupy. Vzhledem k velkému množství detailů ve scéně byla potřeba využívat efektivně všech dostupných nástrojů a modifikátorů. Ty zajímavější části jsou zde popsány.

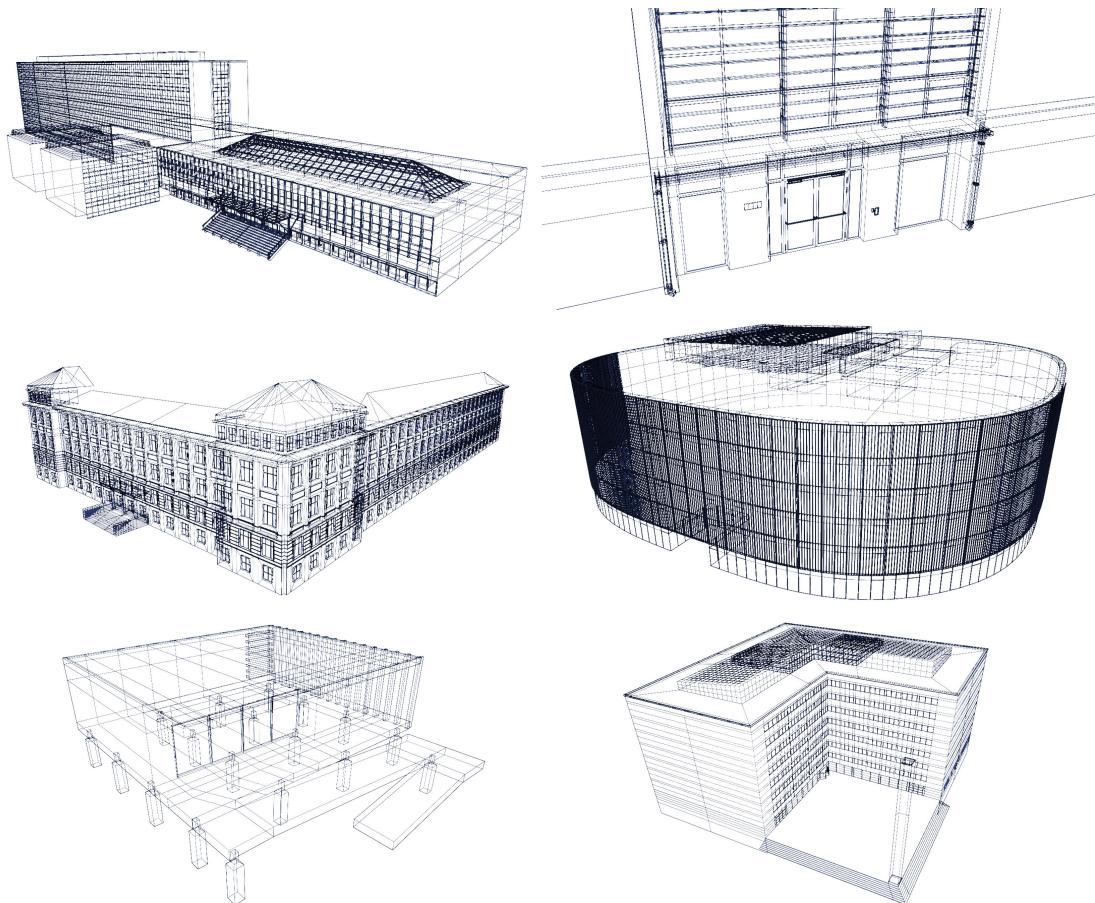
Modely Budovy A a Nové budovy mají pouze dvě patra. Přízemí a výškové patro. Výsledné modely využívají Array (pole) modifikátor pro rozkopírování výškového patra.

Stejný princip rozkopírování pomocí modifikátoru Array byl využit například pro většinu oken na budově Fakulty Stavební. Bylo vymodelováno pouze jedno okno pro každý segment, který měl unifikovaný vzhled oken. To bylo rozkopírováno do výšky a šířky.

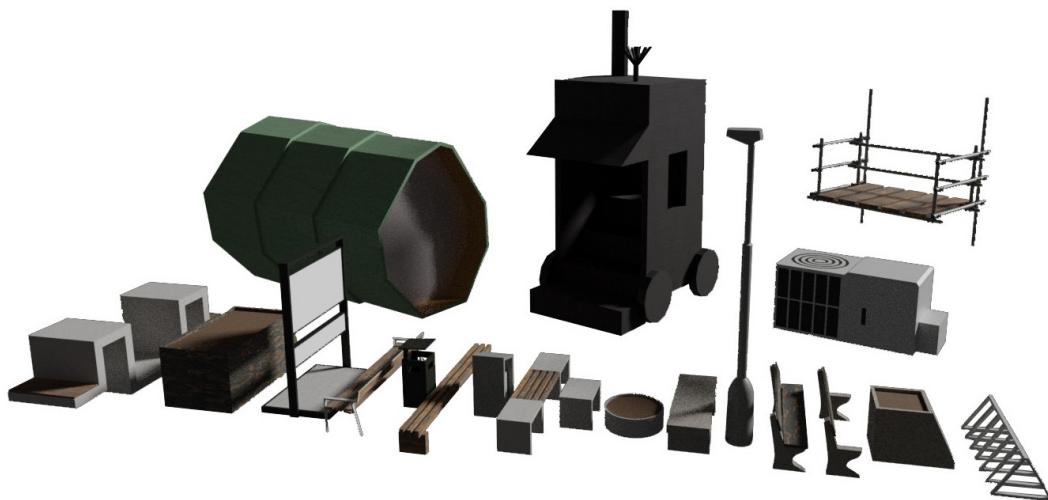
Podobný princip byl využit pro Národní Technickou Knihovnu a budovu Vysoké Školy Chemicko-Technologické. Zde byl vytvořen jeden kompletní „panel“ od země až nahoru (vyjma střechy samotné). Sířka panelu byla jedna logická sekce. Pro NTK to je jeden skleněný panel. Pro VŠCHT jedno okno s úzkým pruhem zdi po stranách. Tento panel byl poté aplikací modifikátoru Array rozkopírován po obvodu budov. U NTK stojí ještě za zmínku, že veškeré panely byly v jedné linii. Jejich výsledné zaoblení do korektního obvodu budovy bylo zajištěno pomocí modifikátoru Curve (křivka) s pomocí předem připravené křivky mající požadovaný tvar.

Scéna obsahuje velké množství zrcadlově symetrických objektů. U velké části z nich byla tedy vymodelovaná pouze půlka objektu, která byla následně modifikátorem Mirror ze zrcadlená. Příkladem mohou být třeba lavičky.

Zde je náhled výsledných modelů:



■ **Obrázek 3.1** Budovy v Blenderu – Drátěný model



■ **Obrázek 3.2** Menší objekty v Blenderu

### 3.1.2 Texturování

Textury byly aplikovány dvěma způsoby. Prvním způsobem byla aplikace textur v Blenderu, druhým aplikace textur v Unity. Obojí má své výhody a důvody, které zde budou popsány.

Před aplikací textur na objekt je potřebná příprava UV mapy. U objektu se nastaví hrany, které z pohledu textur nesousedí. Po označení se objekt „rozbalí“ a vytvoří se 2D mapa objektu. Na ten se následovně aplikují textury. Krom způsobu rozložení je důležité oddělit jednotlivé části objektu podle rozdílných textur, které má na daných sekčích mít.

Primární metodou byla aplikace textur v Blenderu. Blender poskytuje mnohem větší kontrolu nad úpravou textur do výsledného vzhledu. V případě potřeby je snadné předělat UV mapu a vrátit se k úpravě textur. Díky tomuto procesu pak není třeba mít v Unity projektu velké množství textur a jejich kopí s drobnou úpravou jako je různé škálování, úprava odstínů apod. Objekt nainstalovaný do Unity má pak jen minimální množství souborů. Tím je model samotný a pak obrazový soubor pro každou využitou mapu. Nevýhodou je potřeba textury zapéct, což není jednoduchý proces. Navíc u velkých objektů dochází velmi často k opakování textury. Textura má často nějaké větší rozlišení a jejím opakováním se na objekt aplikuje mnohokrát. To se v procesu zapékání musí vše zpracovat. Navíc Blender je znám náročností na hardware. Tedy se může stát, že se u velkých objektů textura bude zapékat velmi dlouho, nebo se nezapeče vůbec. Další nevýhodou texturování v Blenderu jsou odlesky. Základní metalický lesk není problém a ten se přenese v pořádku. Problémem jsou zrcadlové odlesky. Ty jsou ve scéně použity na oknech. Zrcadlové odlesky musí být nastaveny až v Unity. Tyto dva problémy souvisejí se stejnými typy modelů, kterými jsou budovy.

Pro tyto případy byla použita metoda druhá, aplikace textur v Unity. Textury nelze v Unity tak detailně upravovat, ale s pečlivou prací výsledky i tak vypadají dobře. V Unity je také s touto metodou potřeba držet velké množství textur. Co se týče zrcadlových odlesků, ty budou popsány později.

Zapékáním textur je myšlen proces, kdy se pomocí UV mapy objektu vytvoří nová textura, která vezme informace z předchozích textur aplikovaných na objekt. Ze všech použitých textur tedy vznikne jedna nová. Proces zapékání textur může být velmi komplexní a zapékání samotné může být použito z mnoha důvodů, jako je například získání větší úrovně detailů na objektu s málo ploškami. Zde proto bude popsán pouze postup využitý v této práci, ke kterému došlo po dlouhém testování. Důvodem pro zapékání zde bylo přenesení modelů do Unity, protože jiným způsobem nelze do Unity dostat model i s texturou. Jedinou alternativou by pak bylo texturování přímo v Unity.

Před zapečením textur se musí model připravit do stavu předcházející importu. Tento proces je popsán v následující sekci. Proces zapékání probíhá následovně:

1. Vytvořit prázdnou texturu o správných rozměrech (1024x1024 až 4096x4096).
2. V Shading sekci Blenderu přidat do všech používaných materiálů nově vytvořenou texturu.
3. Nově přidanou texturu vybrat.
4. Vybrat metodu renderování Cycles.
5. Nastavit vzorkování na 10.
6. Odpojit metallic texturu a nastavit hodnotu metallic na 0.
7. Nastavit nově vloženou texturu na Color.
8. Zapéct diffuse mapu s vypnutým přímým a nepřímým osvětlením a uložit.
9. Nastavit nově vloženou texturu na Non-Color.
10. Zapojit metallic texturu do emission složky a zapéct emission mapu a uložit.

11. Opět odpojit metallic texturu.
12. Zapéct roughness mapu a uložit.
13. Zapéct normal mapu a uložit.

Poté se musí na objektu odstranit současné materiály a vytvořit jeden nový. Na novém materiálu se musí zapojit nově zapečené textury. Poté je objekt připraven pro export.

V případě texturování až v Unity je potřeba do složky projektu vložit potřebné textury. Z nich se musí vytvořit materiál, který se později aplikuje na objekt. Je třeba mít se na pozoru, aby se upravoval prefab (zdrojový objekt), nikoliv už vložený samostatný objekt.

## 3.2 Export a import modelů

Export samotný z Blenderu a import do Unity je velmi jednoduchý. Před importem je ale potřeba připravit model k exportu:

1. Zkontrolovat směr normál a případně opravit.
2. Aplikovat transformace (pro správné škálování textur).
3. Nastavit středový bod objektu (kvůli manipulaci v Unity).
4. Vytvořit UV mapu s rozestupy jednotlivých ploch (kvůli překryvu textur u zapékání).
5. Správně naškálovat aplikované textury.
6. V případě potřeby zapéct textury.

Poté už stačí vybrat model určený k exportu. V Blenderu se vybere záložka File a poté Export. Požadovaným formátem je FBX. V menu exportu se vybere možnost exportu pouze Meshu vybraného objektu a vypne se zapékání textur. Následovně stačí export potvrdit.

Import není o nic složitější. Model ve formátu FBX stačí vložit do složky Unity projektu i s příslušnými texturami. Unity už z FBX souboru přečte, jaké textury se mají aplikovat. V případě potřeby lze materiál objektu upravit.

### 3.3 Použití cizích textur a modelů

Všechny textury a modely použité v této práci, které nejsou mé, jsou volně dostupné. Assety z webu Poly Haven[43] mají navíc specifikovanou licenci CC0.

Veškeré textury použité v prototypu jsou stažené. Všechny pocházejí ze stejného zdroje, kterým je portál Poly Haven[43]. Některé textury vyžadovaly drobnou osobní úpravu pro využití v této práci. Zde je seznam všech použitých textur formou tabulky:

■ **Tabulka 3.1** Stažené textury

Jméno	Autor 1	Autor 2	Rok nahrání
Asphalt 01	Charlotte Baglioni	Dario Barresi	2022
Beige Wall 001	Dimitrios Savva	Rico Cilliers	2021
Concrete Floor Worn 001	Dimitrios Savva	Rico Cilliers	2021
Concrete Wall 008	Charlotte Baglioni	Dario Barresi	2023
Dirt Floor	eye-candy.xyz		2023
Granular Concrete	Dario Barresi	Michael Jenkins	2022
Gravel Embedded Concrete	Charlotte Baglioni		2023
Green Metal Rust	Rob Tuytel		2018
Leafy Grass	Charlotte Baglioni		2023
Leaves Forest Ground	Dario Barresi	Dimitrios Savva	2022
Plywood	Rob Tuytel		2020
Roof 3	Rob Tuytel		2018
Stenciled Brick Floor	Amal Kumar		2023
Wood Peeling Paint Weathered	Dimitrios Savva	Rob Tuytel	2022
Wood Planks Dirt	Rob Tuytel		2020

Modely byly stažené ze stejného webu (Poly Haven[43]). Naprostá většina modelů v prototypu jsou osobním výtvorem. Jediné propůjčené modely jsou stromy a kapradí. Zde jsou opět uvedeny formou tabulky:

■ **Tabulka 3.2** Stažené modely

Jméno	Autor 1	Autor 2	Rok nahrání
Fern 02	Rico Cilliers	Rob Tuytel	2022
Fir Tree 01	Rico Cilliers	Rob Tuytel	2023
Jacaranda Tree	Rico Cilliers	Rob Tuytel	2022
Tree Small 02	Rico Cilliers		2023

Tyto stažené modely nebyly připravené k okamžitému importu do Unity. Bylo třeba je otevřít v Blenderu a upravit. U stromů bylo potřeba předělat menší větve, listy a jehličí. Aplikace listů a jehličí byla provedena pomocí modifikátoru Particle System.

Jediným modelem, který nebyl z webu Poly Haven[43], jsou ruce ze stránek Oculusu[44].

### 3.4 Propojení Unity s VR

Jak bylo řečeno v návrhu, propojení je velmi snadné. Stačí budto použít předpřipravenou scénu, nebo vytvořit prázdnou scénu a poté stáhnout a nastavit XR Interaction Toolkit. Zde byla zvolena druhá varianta, protože většina předpřipravených funkcionalit v tomto prototypu nebude využita.

Byl vytvořen prázdný projekt. Do něho se přes Package Manager stáhl XR Interaction Toolkit. V XR Interaction Toolkitu se pod záložkou Samples stáhl dodatečný balíček Starter Assets.

Tento balíček obsahuje například základní nastavení VR ovladačů, které bylo v tomto prototypu použito a rozšířeno. Do scény byl přidán XR Origin, základní objekt obalující VR objekty (kameru a ovladače). Podle dokumentace bylo propojeno základní nastavení ovladačů. V nastavení projektu se zvolily podporované VR headsets a vše bylo připraveno. Nyní stačí spustit scénu a vše funguje.

Toto základní rozložení jde upravovat dle potřeby a případně přidávat další chtěné prvky.

### 3.5 Vývoj v Unity

Po připojení VR do Unity projektu následovalo sestavení scény. Objekty byly postupně vloženy a sestaveny do korektního rozložení.

Zajímavou výzvou byla viditelnost. Hráč potřebuje vidět dostatečně daleko, aby viděl ostatní modely, ale pokud by viděl až příliš daleko, uviděl by z výšky Budovy A i prázdnou mapu za ostatními budovami. Po krátkém experimentování byla použita metoda složena ze dvou částí. První částí je mlha. Ta má nastavený režim Exponential Squared (exponenciála na druhou). Barvu mlhy určuje barva horizontu aktivního skyboxu. Druhá část je komplikovanější. Aby mlha vypadala reálně a zakrývala nevymodelovanou část mapy, musela by být příliš hustá a ostatní budovy by byly velmi špatně viditelné. To se vyřešilo tvorbou jednoduchých modelů přímo v Unity, které budou umístěni za okraj doposud vymodelované scény. Díky vzdálenosti nemusí být příliš detailní. Vytvořila se země ze tří částí, jimiž je tráva, chodník a silnice. Dodaly se nově vytvořené budovy okolí. Tyto modely jsou velmi jednoduché a skládají se jen z několika kvádrů. Nejjednodušší model budovy se skládá z dvou kvádrů (střecha a zbytek). Kvalita těchto budov je velmi nízká, ale v kombinaci s mlhou se jeví jako optimální řešení. Detaily budov nejsou vidět a jejich jednoduché modely neberou výkon zbytku scény.

Do hry bude naimplementováno přepínání dne a noci. K tomu je zapotřebí nastavit osvětlení, do čehož spadá změna skyboxu, světla lamp a přenastavení intenzity a barvy mlhy. Všechny tyto změny ze dne na noc a obráceně jsou vyřešeny jedním skriptem, který stavy přepíná podle stavu přepínacího tlačítka v UI, které bude později popsáno. Do tohoto skriptu budou jednotlivé části připisovány ve chvíli, kdy budou naimplementovány.

Světla jsou přidána. Jedno směrové světlo pro slunce. Po jednom kuželovém světlu pro každou lampa. U oken je potřeba nastavit odlesky. To v tomto prototypu bylo provedeno pomocí Reflection Probes. Ty fungují tak, že z jednoho bodu nasnímají kvádrem definované okolí, které pak promítají na okolní materiály podle sily hodnot metallic a smoothness. Tyto odlesky se dají vytvořit jednorázově, nebo dynamicky. Dynamické odlesky jsou ale výkonově velmi náročné, proto byla vybrána statická varianta. Zrcadlové odlesky se liší ve dne a v noci, proto jsou ve scéně dvě sady Reflection Probes.

Pro skyboxy byly použity dva soubory typu EXR, které byly staženy z webu Poly Haven[43]. K jejich použití byla potřebná drobná úprava. Uvedeny jsou zde formou tabulky:

**Tabulka 3.3** Stažené skyboxy

Jméno	Autor 1	Autor 2	Rok nahrání
Kloofendal 28d Misty (Pure Sky)	Greg Zaal	Jandre van Heerden	2023
Kloppenheim 02 (Pure Sky)	Greg Zaal	Jarod Guest	2022

Nyní nadešel čas na implementaci zbývajících prvků. Většina zmíněných funkcí bude mít přiřazené ovládání v herní nabídce, ke které se člověk dostane zmáčknutím Menu tlačítka na levém ovladači. Pravým ovladačem pak na nabídku musí namířit a stisknout spoušť pravého ovladače při namíření na chtěné tlačítko či posuvník. Ke každému tlačítku patří jeden skript starající se o funkcionality daného prvku.

Veškerý pohyb hráče ve hře je uskutečněn přenosem reálné pozice z VR headsetu a ovladačů. Vše ostatní se váže k tomu. Pád zajišťuje komponenta RigidBody aplikovaná na zastřešující ob-

jekt k VR komponentům. Tato komponenta přidává fyziku na objekt. Aby se objekt nepropadl skrz mapu, jsou do scény umístěny collidery, prvky, které detekují vstup objektu do 3D prostoru. Hráč je pak obalen collider kapsulí. Pro vizuální detekci pozice hráče slouží malý stín na zemi pod VR headsetem. Ten lze přepínat tlačítkem v herní nabídce. Ve chvíli, kdy hráč sestoupí z platformy, začne díky fyzice zprostředkované pomocí RigidBody padat. Pád končí nárazem na collider chodníku. Působení gravitace na hráče lze také přepnout tlačítkem v herní nabídce. Vrácení na plošinu je pak zajištěno dalším tlačítkem volající další skript. Tento skript vrátí hráče na startovní pozici a natočí ho výchozím směrem. I přesto, že pohyb a rotace může být zaznamenávána jednou komponentou, zde je snímána dvěma odděleně. To kvůli tomu, že pozice VR headsetu je ovlivněná manuálně skriptem, fyzikou a snímací komponentou. Tato silná manipulace s pozicí negativně ovlivňuje i rotaci a oddělením těchto komponent dochází k logickému členění, které je méně náchylné na problémy.

Jak bylo popsáno výše, přepínání ze dne na noc a obrácení je primárně vizuální práce. Všechny části jako jsou světla, skybox a mlha jsou připraveny, stačí přepnout jejich stavy pomocí jednoho skriptu, který je volán pomocí přepínacího tlačítka z herní nabídky.

Dle návrhu by ve hře měly jít měnit rozměry prkna. Implementace probíhala přidáním druhého prkna. Jedno je na plošině zarovnané se zbytkem prken tvořících platformu. Druhé pokračuje, kde první končí. Šířka ovlivňuje obě prkna, další parametry pak ovlivňují pouze navazující druhé prkno. Když je druhé prkno velmi malé, zmizí úplně, aby nedocházelo k vizuálním závadám. Ovládání velikosti prkna umožňují tři posuvníky v herní nabídce.

Pro oživení scény jsou do hry přidány hejna ptáků. Model ptáka má kostru, která byla naanimovaná v Blenderu. V Unity pak animace funguje pomocí animátoru. Každý pták má nastavený zpožděný start, aby animace hejna vypadala přirozeně. Cesta ptáků pak následuje přímkou z počátečního do koncového bodu. Počáteční a koncový bod se mění pro každé další hejno. Když ptáci vyletí z dohledu, zmizí a místo nich se objeví další hejno.



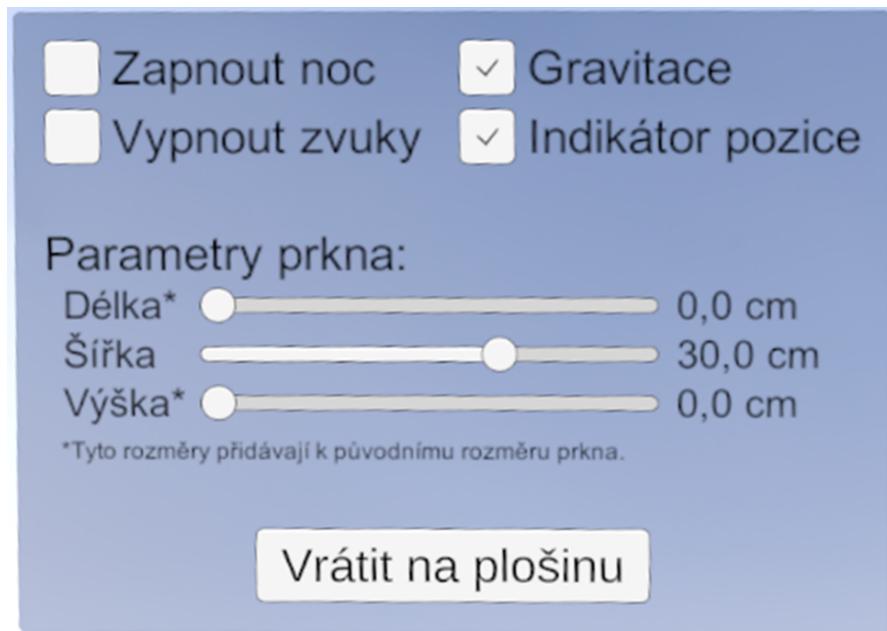
**Obrázek 3.3** Ukázka scény – Ptáci

Zbývá přidat zvuky. Veškeré použité zvuky jsou volně dostupné na stránce Pixabay[45]. Většina zvuků hraje nepřetržitě a jejich hlasitost je určena vzdáleností od hráče. Těmi jsou zvuk větru, skřípání prken plošiny, okolní zvuky města ve dne a v noci. Další dva zvuky indikují pád a dopad hráče (svištění vzduchu a dopad). Tyto poslední dva zvuky jsou kontrolovány skriptem, který hlídá výškové zrychlení hráče. Další zvuky jsou přepínány podle denní a noční scény. Všechny zvuky pak lze vypnout pomocí přepínačího tlačítka v herní nabídce. Použité zvuky jsou znázorněny v následující tabulce:

**Tabulka 3.4** Stažené zvuky

Jméno	Autor	Rok nahrání
fan	Pixabay	2022
Smooth Cold Wind - Looped	Shut_Up_Ghost	2023
drop03	Pixabay	2022
Squeaky Wooden Floor	Pixabay	2022
1103octobernight	Pixabay	2022
Forest wind and birds	Pixabay	2021
town or city, quiet, construction sites in bg, kind of industrial, train horn, birds, sparse people, spring, Poland	Pixabay	2022

Výsledná herní nabídka pak vypadá následovně:

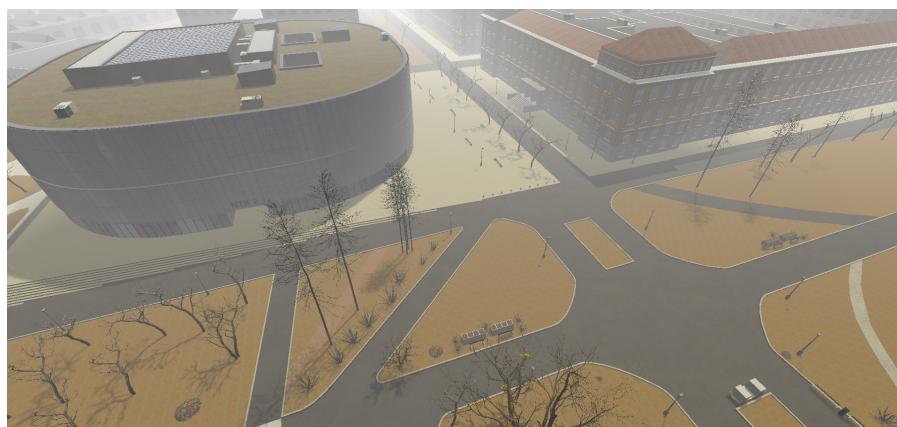


**Obrázek 3.4** Ukázka scény – Menu

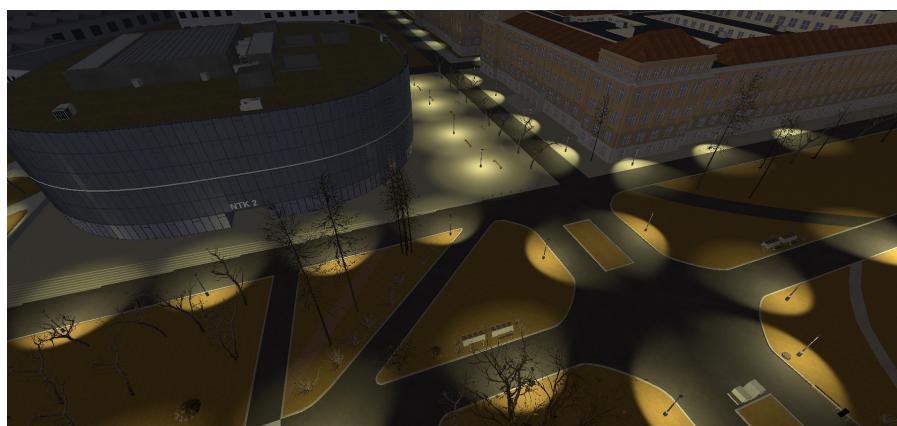
V prototypu bylo napsáno celkem 15 skriptů. Vše je řádně zakomentováno. Každý skript se stará vždy o jednu funkcionalitu či logický celek. Většina skriptů je velmi krátkých a délkom se pohybují do pár desítek řádků. Často pouze volají Unity komponenty a mění jejich vlastnosti.

Prototyp byl sestaven pro operační systém Windows.

Prototyp je tímto kompletní. Následuje několik snímků z hotového prototypu:



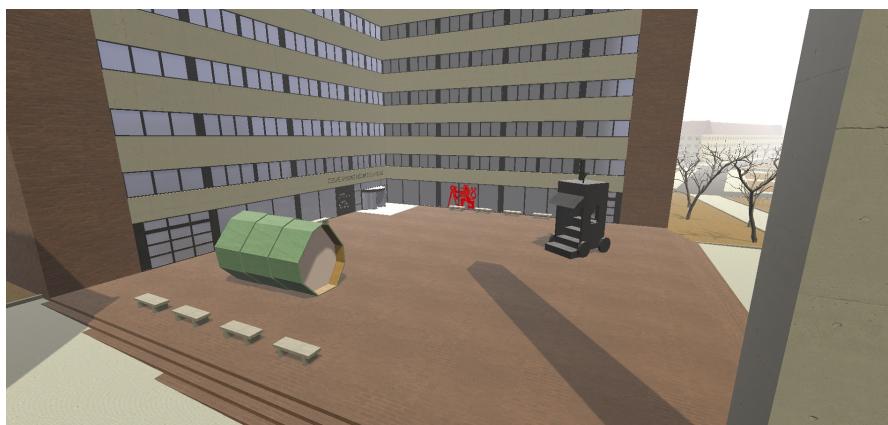
■ Obrázek 3.5 Ukázka scény – Den



■ Obrázek 3.6 Ukázka scény – Noc



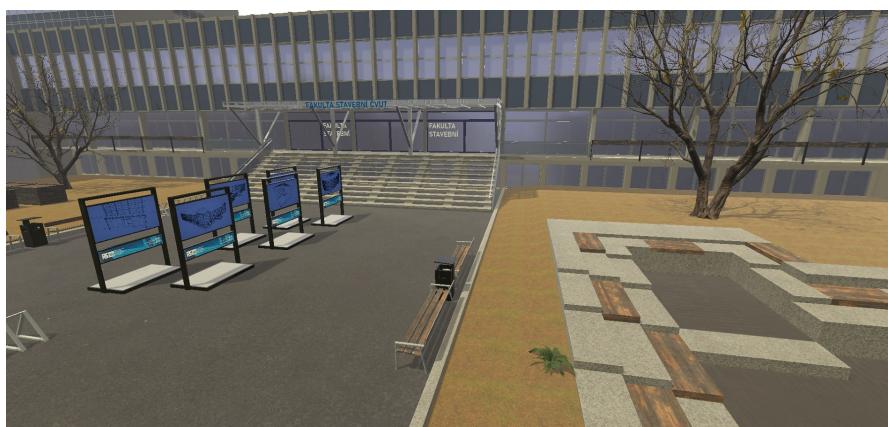
■ Obrázek 3.7 Ukázka scény – Široký záběr



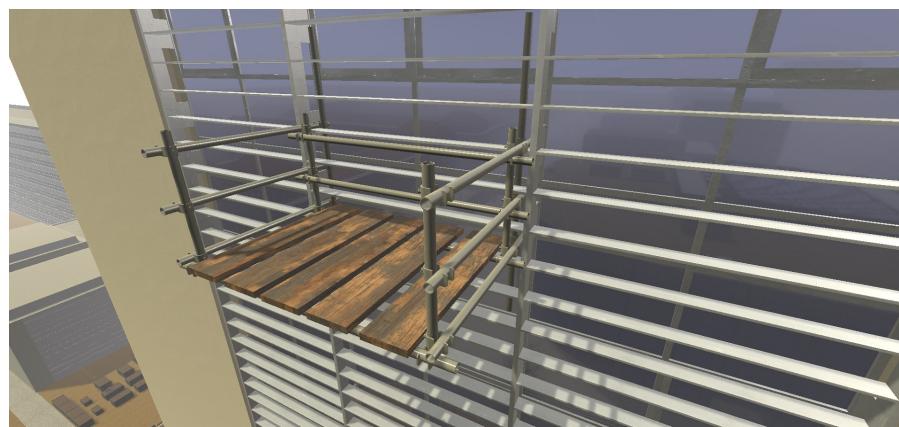
■ Obrázek 3.8 Ukázka scény – Nová Budova



■ Obrázek 3.9 Ukázka scény – Nová Budova detail



■ Obrázek 3.10 Ukázka scény – Budova C



■ Obrázek 3.11 Ukázka scény – Plošina



■ Obrázek 3.12 Ukázka scény – Budova A



■ Obrázek 3.13 Ukázka scény – Místo dopadu

## 3.6 Testování

### 3.6.1 Testování během vývoje

Prototyp byl během vývoje testován průběžně. V případě celkového dojmu prototypu či částí týkajících se VR (ovládání, funkcionality jako pád apod.), nebylo testování jednoduché. Každé spuštění aplikace vyžadovalo nasadit si VR headset s ovladači, případně vstát od stolu a přesunout se do volnějšího prostoru. Naštěstí nedocházelo k velkým prodlevám díky možnému testování přímo z Unity editoru, tudíž stačilo pouze zmáčknout tlačítko Play a vyčkat několik vteřin, než se vše načte.

### 3.6.2 Závěrečné testování

Po zhotovení prototypu je potřebné širší testování. Podobně jako během testování práce Marko Šoltése bude i zde probíhat testování formou dotazníku. Opět i zde bude uživatelům sděleno minimum informací ovlivňující uživatele při užívání aplikace. Uživatel bude před spuštěním hry znát pouze obecné téma. Poté, co osobně vyzkouší vše, co v prototypu objevil, mu budou sdělovány další informace k objevení zbylých částí, které prototyp nabízí. Některé otázky dotazníku byly pozměněny, aby lépe pasovaly na tento prototyp. Změnily se otázky číslo šest, sedm a osm. Přibyla jedna nová otázka, která byla umístěna na deváté míso. Otevřené otázky byly posunuty. Znění otázek je tedy následující:

1. Máte zkušenosť s Virtuální Realitou?
2. Hráli jste někdy podobnou hru?
3. Trpíte závratěmi nebo strachem z výšek?
4. Vyvolala ve Vás hra závratě nebo strach z výšek?
5. Myslíte si, že by mohla být taková hra použita k léčbě strachu z výšek?
6. Pomáhala Vám vžít se do hry možnost ovlivnění scény pomocí herní nabídky?
7. Poznáváte okolí ve hře?
8. Pomáhal Vám vzhled okolí vžít se do hry?
9. Líbí se Vám, jak funguje ve hře pád?
10. Co se Vám ve hře líbilo?
11. Co Vám ve hře chybělo?

Tentokrát účastníku bylo 23 s průměrným věkem 29,7. Otevřené otázky budou i zde jednotlivě zpracovány. Z desáté otázky „Co se Vám ve hře líbilo?“ bylo sepsaných devět myšlenek a poznámek. Z jedenácté otázky „Co Vám ve hře chybělo?“ bylo sepsaných myšlenek a poznámek šest.

Výsledky jsou popsány v následujících tabulkách. Na základě rozdílu mezi odpověďmi „Ano“ a „Ne“ bylo sestaveno slovní ohodnocení pro větší přehlednost výsledků. Rozdíl větší než 40 % je hodnocen ve prospěch jedné z odpovědí. Rozdíl menší než 40 % (včetně), ale větší než 15 % (včetně) je hodnocen **spíše** ve prospěch jedné z odpovědí. Rozdíl menší než 15 % není hodnocen ve prospěch žádné z odpovědí.

Počet odpovědí:

**Tabulka 3.5** Závěrečný dotazník – Počet odpovědí

Otázky:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Ano	16	9	8	13	21	11	11	18	19
Ne	7	14	15	10	0	5	12	0	1
Nevím	0	0	0	0	2	7	0	5	3

Poměr odpovědí:

**Tabulka 3.6** Závěrečný dotazník – Poměr odpovědí

Otázky:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Ano	70 %	39 %	35 %	57 %	91 %	48 %	48 %	78 %	83 %
Ne	30 %	61 %	65 %	43 %	0 %	52 %	52 %	0 %	4 %
Nevím	0 %	0 %	0 %	0 %	9 %	0 %	0 %	22 %	13 %
Rozdíl A/N	39 %	22 %	30 %	13 %	91 %	4 %	4 %	78 %	78 %
Výsledek	Spíše ano	Spíše ne	Spíše ne	Žádný	Ano	Spíše ano	Žádný	Ano	Ano

Otevřené otázky:

**Tabulka 3.7** Závěrečný dotazník – Otevřené otázky

Pozitiva	Výskyty	Negativa	Výskyty
Pád	6	Chybějící tělo	3
Zvuk	5	Chybějící nohy	2
Vyvolání strachu	3	Chybějící opora	2
Ruce	2	Málo živá scéna	2
Stín	2	Chybí možnost pomalého pádu	1
Noc	1	Chybí možnost průzkumu okolí	1
Detailey	1		
Zapojení smyslů	1		
Odlesky	1		

Před závěrečným vyhodnocením jsou zde popsány provázanosti, které nejsou na první pohled v tabulkách vidět a stojí za zmínu.

- 40 % – Kolik z těch, co netrpí závratěmi, měli během hraní závratě.
- 88 % – Kolik z těch, co trpí závratěmi, měli během hraní závratě.
- 92 % – Kolik z těch, co měli během hraní závratě, si myslí, že by hra mohla být využita pro léčení strachu z výšek.
- 90 % – Kolik z těch, co neměli během hraní závratě, si myslí, že by hra mohla být využita pro léčení strachu z výšek.
- 44 % – Kolik z těch, co mají zkušenosť s VR, mělo závratě?
- 86 % – Kolik z těch, co nemají zkušenosť s VR, mělo závratě?
- 91 % – Kolika lidem pomáhá prostředí vžít se do hry, pokud prostředí znají?
- 73 % – Kolika lidem pomáhá prostředí vžít se do hry, pokud prostředí neznají?

Na základě testování tento prototyp splnil účel. Výsledky jsou velmi podobné a na několika místech i výrazně lepší oproti testování práce Marko Šoltše. Zejména jde o vyvolání závratí, což může poukazovat na silnější a autentičtější zážitek. Ty byly oproti původním 31 % nyní přítomny u 57 % uživatelů. Dalším zajímavým poznatkem je fakt, že lidem známé prostředí pomáhá vžít se do hry. Rozdíl mezi respondenty, kteří prostředí znají, a těmi, kteří prostředí neznají, byl 18 %.

Během užívání prototypu lidé jevili větší známky imerze. Výsledky poukazují na silnější pocit závratí. To může mít na svědomí provedení pádu a přítomnosti zvuků, které si uživatelé vychvaluji.

Jedna uživatelka dokonce hraním po dobu zhruba deseti minut velmi silně pokročila. Trpí závratěmi a během prvních okamžiků testování se strachem nebyla schopná pohnout. Uživatelka se pomalu rozkoukala a rozhodla se, že vyzkouší seskočit z plošiny dolů. Po velkém osobním přemáhání se přesunula až na okraj, ale dolů skočila až ve chvíli, kdy měla fyzickou oporu (držení za ruce). Po pádu byl pocit zamrznutí uživatelky téměř neznatelný. Na podruhé již seskočila s plošiny sama, i když pomalými krůčky.

## 3.7 Komplikace a poznatky

### 3.7.1 Sestavení aplikace

Aplikace byla sestavena pro operační systém Windows. Experimentovalo se i se sestavením APK aplikace přímo pro Oculus, ale výsledky nebyly uspokojivé. Scéna je poněkud náročná na hardware a muselo by dojít k optimalizaci, aby aplikace na Oculus Questu běžela plynule.

### 3.7.2 Průhlednost PNG

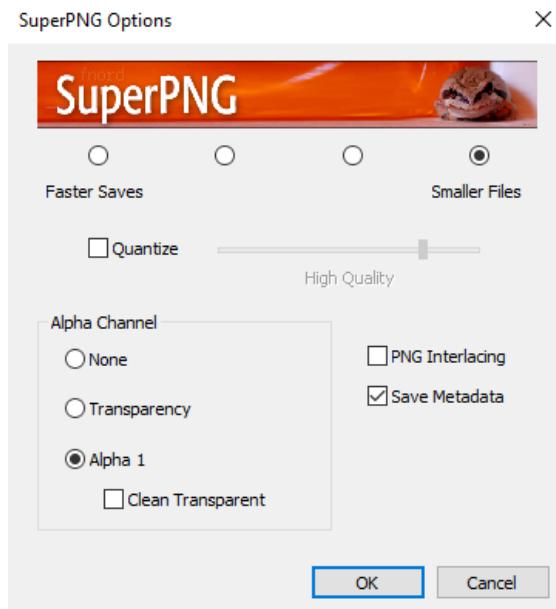
Během práce byla potřeba pracovat s alpha kanálem u PNG obrázků. Photoshop sice umí ukládat transparentní PNG, ale tento způsob není kompatibilní s průhledností, kterou vyžaduje Unity. Photoshop totiž neukládá transparentnost jako alpha kanál. PNG obrázky exportované z Photoshopu s transparentností se ukládají jako RGB, nikoli RGBA. [46] [47]

Potřeba využití alpha kanálu se poprvé ukázala během aplikování roughness map na materiály v Unity. Se Standard shaderem se roughness mapa aplikuje na materiál jako alpha kanál metallic mapy. Vznikla tedy potřeba využít alpha kanál metallic mapy pro uložení jiných dat, konkrétně roughness mapy. Nakonec se na tento případ našlo snazší řešení. Lze využít Autodesk Interactive

shader namísto výchozího Standard shaderu. Pro tento prototyp Autodesk Interactive shader nepředstavuje žádné zaznamenané nevýhody, ale oproti Standard shaderu poskytuje aplikování metallic a roughness mapy odděleně. To ušetří čas a umožní snazší úpravu jednotlivých map v případě potřeby. Tedy v tomto případě se našlo alternativní řešení, které nevyžaduje manuální úpravu alpha kanálu.

Tím ovšem potřeba využití alpha kanálu pro tento projekt nezmizela, ale pouze se oddálila. V práci byly využity sprity s průhledným pozadím. Jak již bylo zmíněno, využití pouhé transparentnosti, kterou nabízí výchozí ukládání PNG obrázku ve Photoshopu, nestačí.

Nabízí se několik variant. Lze ukládat obrázky v jiném formátu, který ukládání s alpha kanálem ve Photoshopu podporuje (například TGA). Krom Photoshopu lze využít například GIMP, který ukládání PNG obrázků také zvládá. A třetím řešením je najít alternativní způsob ukládání ve Photoshopu. Jiné formáty jako TGA mají své nevýhody (například velikost souboru), proto toto řešení bylo až krajní. S GIMPem by byla potřeba naučit se znova celý postup a objevit všechny požadované funkce, které jsou již ve Photoshopu ozkoušené a naučené. Nejlépe se jeví najít alternativní způsob ukládání. Tím je plugin SuperPNG[48]. Tento plugin přidá novou možnost při ukládání obrázků, SuperPNG, která umožní lepší kontrolu nad ukládáním do běžného PNG formátu, včetně potřebné práce s alpha kanálem.



■ **Obrázek 3.14** SuperPNG plugin

## Kapitola 4

### Závěr

Cílem práce bylo vytvořit prototyp aplikace, která bude simulovat zážitek chůze ve velké výšce.

K tomu bylo třeba nejprve analyzovat vhodný herní engine tak, aby umožňoval prototyp co nejlépe implementovat. Nejdůležitější částí výběru byla podpora virtuální reality. Z výsledků analýzy vzešly Unity a Unreal Engine jako srovnatelně dobré volby. Kvůli osobní preferenci a lehce lepším výsledkům analýzy bylo pro tvorbu prototypu zvoleno Unity.

Po analýze herních enginů došlo k analýze dostupných produktů navozující silný pocit imerze. Během analýzy došlo k závěru, že je několik vlastností, co by měl prototyp obsahovat. Jednou z vlastností je možnost pádu pro zvýšení pocitu imerze. Ke zvýšenému pocitu imerze je také vhodné zapojit co nejvíce lidských smyslů, jako je zrak a sluch. Interakce s aplikací pocit imerze může také zvýšit, proto bylo zvažováno několik funkcionalit, které můžou uživatelův pocit pohlcení pomocí interakce zesílit. Mezi ně patří například nastavení rozměrů prkna či přepínání dne a noci. Dalším faktorem zvyšující pocit imerze může být známé, negenerické prostředí, které pomůže uživateli se vcítit. Uživatel si pak díky známému prostředí i lépe představí vzdálenosti a aplikace pak díky tomu navozuje silnější efekt výšky. Tyto domněnky pak pomohly sestavit sadu otázek pro dotazníkové šetření. Dotazníkové šetření proběhlo v rámci Dnů otevřených dveří pomocí aplikace od absolventa Marko Šoltése a přineslo očekávané výsledky. Dotazník po vyzkoušení aplikace vyplnilo 32 lidí.

Nedílnou součástí této práce byl průzkum vlivu výšek na člověka. Konkrétně zde byl prozkoumán strach z výšek a postupy pro jeho léčbu. Jedním typem terapie je expoziční terapie. Tento typ terapie vystavuje pacienta jeho strachu. Pacient si pak díky expozici zvyká a intenzita jeho strachu klesá. VR se pro expoziční terapii jeví jako dokonalý nástroj. Je cenově dostupné a jeho užívání je snadné a bezpečné. Strach z výšek je skvělým kandidátem pro využití VR, neboť lze velmi věrně nasimulovat vhodné podmínky.

Po analýze a průzkumu pomocí dotazníkového šetření byl navržen prototyp vhodný k implementaci. Součástí něho mělo být vymodelování Dejvického kampusu v Blenderu. Hotové modely byly pak následně importovány do Unity, ve kterém pomocí dalších komponent vznikla realistická scéna.

Po tvorbě realistické scény byly implementovány rozšiřující funkcionality. Mezi nimi je možný pád z plošiny ve velké výšce dolů na chodník. Pád lze vypnout pro situace, kdy není žádoucí, například pokud by uživatelův strach nedovoloval aplikaci jinak používat. Pro lepší interakci s aplikací byla do prototypu přidána možnost nastavit rozměry prkna, která umožní sladit velikost s reálným prknem, které zvyšuje pocit imerze. Do hry byl také přidán stín pro lepší zobrazení pozice uživatele. Další funkcionalitou zvyšující pocit pohlcení je zvuk, který celou scénu doprovází. Pro zpestření prototypu byla přidána možnost přepínat mezi dnem a nocí. Tato na první pohled malá funkctionalita přidala na imerzi. Uživatelé tuto možnost ocenili a zkoumání rozdílů scény ve dne a v noci pomohlo vcítění se do aplikace.

Když byl prototyp hotový, přišlo na řadu závěrečné testování. Byla sestavena co nejvíce podobná sada otázek jako při testování aplikace od Marko Šoltése. Testování bylo provedeno na 23 zájemcích. Testování přineslo pozitivní výsledky. Ukázalo se, že pocit imerze této aplikace je silnější než u předchozí aplikace. Hra celkově způsobovala silnější emoce. Implementace všech zamýšlených funkcionalit se povedla.

I přesto, že se prototyp vydařil, je zde prostor pro budoucí vylepšení. Uživatelské rozhraní by šlo rozšířit o grafické prvky, které by pomáhaly rychle identifikovat tlačítka a zvyšovaly by dostupnost aplikace pro širší publikum. Pro lepší fungování aplikace by bylo na místě provést testování na více VR headsetech. Během vývoje byl využíván pouze Oculus Quest. Prostor pro zlepšení má i náročnost aplikace. I přesto, že v systému Windows aplikace funguje bez problémů, VR brýle nemají dostatečně silný hardware, aby aplikaci spustili samostatně bez snížení kvality. Pro zachování co nejlepší kvality by tedy byla na místě optimalizace.

Bakalářská práce splnila svůj účel. Prototyp aplikace naplnil očekávání a je plně využitelný.

---

## Příloha A

### Unity projekt

V přiloženém souboru *Unity.zip* je k nalezení příloha obsahující kompletní Unity projekt. Většina vlastních souborů včetně modelů a skriptů se nachází v následujícím podadresáři:

|Chuze\_Po\_Prkne-Projekt|Assets|Assets|

---

Příloha B

## Blender modely

V přiloženém souboru *Blender.zip* se nachází všechny modely a textury.

---

## Příloha C

### Sestavená aplikace

V přiloženém souboru *Build.zip* je sestavená aplikace. Ta lze spustit pomocí EXE souboru, který je k nalezení pod touto cestou:

|Chuze\_Po\_Prkne-Build|Chuze Po Prkne.exe

# Bibliografie

1. JEONG, Eui Jun; BIOCCHA, Frank A.; BOHIL, Corey J. Sensory realism and mediated aggression in video games. 2012. Dostupné také z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0747563212001306>.
2. WORLD OF THE ABYSS. Unity: Development History and the Influence of This Game Engine on the Game Development Industry. 2023. Dostupné také z: [https://medium.com/@wota\\_mmorpg/unity-development-history-and-the-influence-of-this-game-engine-on-the-game-development-36dc7a7a3b9d](https://medium.com/@wota_mmorpg/unity-development-history-and-the-influence-of-this-game-engine-on-the-game-development-36dc7a7a3b9d).
3. ZENVA. What is Unity? - A Top Game Engine for Video Games. 2023. Dostupné také z: <https://gamedevacademy.org/what-is-unity/>.
4. KEVURU GAMES. Unity - What makes it the best game engine? 2023. Dostupné také z: <https://kevurugames.com/blog/unity-what-makes-it-the-best-game-engine/>.
5. CHOWDHURY, Mohana Roy. C# vs. C++ Programming Languages: What Are the Differences? 2023. Dostupné také z: <https://www.indeed.com/career-advice/career-development/c-sharp-vs-c-plus-plus>.
6. UNITY TECHNOLOGIES. Unity Visual Scripting. 2023. Dostupné také z: <https://unity.com/features/unity-visual-scripting>.
7. MIKE ISAAC, Kellen Browning. How a Pricing Change Led to a Revolt by Unity's Video Game Developers. 2023. Dostupné také z: <https://www.nytimes.com/2023/10/02/technology/how-a-pricing-change-led-to-a-revolt-by-unitys-video-game-developers.html>.
8. UNITY TECHNOLOGIES. XR Interaction Toolkit. 2023. Dostupné také z: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.interaction.toolkit@2.5/manual/index.html>.
9. DRAKE, Jeff. 24 Great Games That Use The Unity Game Engine. 2023. Dostupné také z: <https://www.thegamer.com/unity-game-engine-great-games/#monument-valley>.
10. JENSEN, K. Thor. 25 Years Later: The History of Unreal and an Epic Dynasty. 2023. Dostupné také z: <https://www.pcmag.com/news/25-years-later-the-history-of-unreal-and-an-epic-dynasty>.
11. DEALESSANDRI, Marie. What is the best game engine: is Unreal Engine right for you? 2023. Dostupné také z: <https://www.gamesindustry.biz/what-is-the-best-game-engine-is-unreal-engine-4-the-right-game-engine-for-you>.
12. CATNESS GAME STUDIOS. 6 reasons to choose Unreal Engine. 2022. Dostupné také z: <https://catnessgames.com/blog/reasons-choose-unreal-engine/>.

13. AGATE. Unreal game development: The benefits of using Unreal Engine. 2023. Dostupné také z: <https://agate.id/unreal-game-development-the-benefits-of-using-unreal-engine/>.
14. INC., Epic Games. XR Development. 2023. Dostupné také z: <https://docs.unrealengine.com/4.26/en-US/SharingAndReleasing/XRDevelopment/>.
15. ENRIQUEZ, Christopher. Top 10 Games Made With Unreal Engine. 2023. Dostupné také z: <https://vagon.io/blog/top-10-games-made-with-unreal-engine/>.
16. DEALESSANDRI, Marie. What is the best game engine: is CryEngine right for you? 2020. Dostupné také z: <https://www.gamesindustry.biz/what-is-the-best-game-engine-is-cryengine-the-right-game-engine-for-you>.
17. MOZOLEVSKA, Victoria. Best game engine of 2023: Pros, cons, and top picks for different types of games. 2023. Dostupné také z: <https://kevurugames.com/blog/best-game-engines-2022-pros-cons-and-top-picks-for-different-types-of-games/>.
18. KENLON, Seth. Is Lua worth learning? 2022. Dostupné také z: <https://opensource.com/article/22/11/lua-worth-learning>.
19. CRYTEK GMBH. Licensing. 2023. Dostupné také z: <https://www.cryengine.com/support/view/licensing>.
20. WIRTZ, Bryan. Unreal vs CryEngine: Which Engine Should You Use? Pros, Cons, and the Final Verdict. 2023. Dostupné také z: <https://www.gamedesigning.org/engines/cry-vs-unreal/>.
21. NATIVIDAD, Sid. 10 Best Games Made With CryEngine. 2023. Dostupné také z: <https://gamerant.com/best-games-made-with-cryengine/#prey>.
22. TURUNEN, Jyrki Johannes. The good, the bad and the unpleasant - A study of graphical user interfaces in video games. 2017. Dostupné také z: <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/24564/Turunen.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
23. FUZZY MATH. What Makes Good UI Design? 2023. Dostupné také z: <https://fuzzymath.com/blog/components-of-good-ui-design-examples/>.
24. INKBOT DESIGN. What Makes a Good User Interface? 10 Principles of UI Design. 2022. Dostupné také z: <https://inkbotdesign.com/what-makes-a-good-user-interface/>.
25. UXPIN SP. Z O.O. Key Characteristics of Good UI Design – According to 8 Experts. 2023. Dostupné také z: <https://www.uxpin.com/studio/blog/good-ui-design-characteristics/>.
26. BROWN, Emily; CAIRNS, Paul. A Grounded Investigation of Game Immersion. In: Association for Computing Machinery, 2004. ISBN 1581137036. Dostupné z DOI: 10.1145/985921.986048.
27. MORALES-BROWN, Louise. What to know about acrophobia. 2020. Dostupné také z: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/acrophobia>. (překlad vlastní).
28. COELHO, Carlos M.; WALLIS, Guy. Deconstructing acrophobia: physiological and psychological precursors to developing a fear of heights. 2010. Dostupné z DOI: 10.1002/da.20698.
29. BARTÓK, Jólius. Překonej svůj strach #2 – Acrofobie aneb strach z výšek. 2023. Dostupné také z: <https://magazin.portu.cz/prekonej-svuj-strach-2-acrofobie-aneb-strach-z-vysek>.
30. REHABILITACE.INFO. Expoziční terapie: co je to, jak funguje a jak nám může pomoci? 2019. Dostupné také z: <https://www.rehabilitace.info/zdravotni/expozicni-terapie-co-je-to-jak-funguje-a-jak-nam-muze-pomoci/>.
31. BOWMAN, Doug A.; MCMAHAN, Ryan P. Virtual Reality: How Much Immersion Is Enough? 2007. Dostupné z DOI: 10.1109/MC.2007.257.

32. HEJTMÁNEK, Lukáš; FAJNEROVÁ, Iveta. Využití virtuální reality v psychiatrii. 2019. Dostupné také z: [https://www.researchgate.net/profile/Lukas-Hejtmank/publication/343981665\\_Vyuziti\\_virtualni\\_reality\\_v\\_psychiatrii/links/5f4bd9c3a6fdcc14c5ea5e14/Vyuziti-virtualni-reality-v-psychiatrii.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Lukas-Hejtmank/publication/343981665_Vyuziti_virtualni_reality_v_psychiatrii/links/5f4bd9c3a6fdcc14c5ea5e14/Vyuziti-virtualni-reality-v-psychiatrii.pdf).
33. GAJSEK, Dejan. Virtual Reality Therapy. 2022. Dostupné také z: <https://circuitstream.com/blog/virtual-reality-therapy>.
34. TOAST INTERACTIVE. Richie's Plank Experience. 2019. Dostupné také z: <https://www.meta.com/experiences/1642239225880682/>. (překlad vlastní).
35. TOAST. Richie's Plank Experience. 2017. Dostupné také z: [https://store.steampowered.com/app/517160/Richies\\_Plank\\_Experience/](https://store.steampowered.com/app/517160/Richies_Plank_Experience/). (překlad vlastní).
36. GATES, Carrie. Notre Dame psychologists hope to make virtual reality the next frontier in treating phobias. 2018. Dostupné také z: <https://al.nd.edu/news/latest-news/notre-dame-psychologists-hope-to-make-virtual-reality-the-next-frontier-in-treating-phobias/>.
37. TOMSFOX. *Leaping-Off-the-Plank Compilation*. YouTube, 2021. Dostupné také z: <https://www.youtube.com/watch?v=zqdFIAP0whs>.
38. INFUSION VR ARCADE. *Richies Plank Experience Tutorial*. YouTube, 2021. Dostupné také z: <https://www.youtube.com/watch?v=X3sy91TikrI>.
39. 4 FUN STUDIO. Plank not included. 2017. Dostupné také z: [https://store.steampowered.com/app/602010/Plank\\_not\\_included/](https://store.steampowered.com/app/602010/Plank_not_included/).
40. NACHTOM. Plank not included. 2017. Dostupné také z: <https://steamcommunity.com/id/Nachtom/recommended/602010/>.
41. BAREFOOT GAMING. Plank Not Included VR Review. 2017. Dostupné také z: <https://www.youtube.com/watch?v=7sb31Bhu2dM>.
42. FIT ČVUT. *Budovy fakulty*. FIT ČVUT, 2023. Dostupné také z: <https://fit.cvut.cz/cs/fakulta/o-fakulte/budovy-fakulty>.
43. POLY HAVEN. *Poly Haven*. Poly Haven, 2023. Dostupné také z: <https://polyhaven.com/>.
44. META. *Oculus Hand Models*. Meta, 2017. Dostupné také z: <https://developer.oculus.com/downloads/package/oculus-hand-models/>.
45. PIXABAY. *Pixabay*. Pixabay, 2023. Dostupné také z: <https://pixabay.com/>.
46. A.L.5E2E. Alpha Channel on PNG. 2021. Dostupné také z: <https://community.adobe.com/t5/photoshop-ecosystem-discussions/alpha-channel-on-png/m-p/10466548>. komentář uživatele.
47. MOOSEFETCHER. How to save a png, from Photoshop, with Alpha Channel? 2015. Dostupné také z: <https://forum.unity.com/threads/how-to-save-a-png-from-photoshop-with-alpha-channel.436317/>.
48. FNORD SOFTWARE. *SuperPNG*. fnord software, 2023. Dostupné také z: <https://www.fnordware.com/superpng/>.