

Univerzita Hradec Králové
Fakulta informatiky a managementu
Katedra informatiky a kvantitativních metod

**Vývoj počítačových her pro virtuální realitu s důrazem na
jednoduchost a dostupnost**
Bakalářská práce

Autor práce: MATĚJ MINAŘÍK
Studijní obor: Aplikovaná informatika

Vedoucí práce: Ing. MARTIN KONVIČKA

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a s použitím uvedené literatury.

.....

Matěj Minařík
24. dubna 2024

Poděkování

Děkuji Ing. Martinu Konvičkovi za cenné rady a připomínky. Dále děkuji Ing. Antonínu Minaříkovi za technické rady týkající se vývoje videohry a za zapůjčení zařízení virtuální reality.

Abstrakt

Tato práce zkoumá význam videoher a užívání virtuální reality z perspektivy hráče i společnosti. Srovnává videoherní a filmový průmysl a uvádí nejpopulárnější žánry videoher pro virtuální realitu. Následně popisuje vývoj videoher z pohledu herních vývojářů, včetně rozdílů mezi profesionálními a nezávislými herními vývojáři. A v poslední řadě navrhuje a dokumentuje vývoj vlastní videohry pro virtuální realitu, za použití bezplatně dostupných programů.

Videohra byla vyvíjena v programu Godot Engine a testována na zařízení virtuální reality „Pico 4“. Modely byly vytvořeny v programu MagicaVoxel. Zvukové efekty byly vytvořeny v programu LMMS, nebo nahrány a upraveny v programu Audacity.

Vytvoření videohry pro virtuální realitu, za použití pouze bezplatně dostupných nástrojů, bylo úspěšné.

Abstract

Title: Development of virtual reality videogames with emphasis on simplicity and availability

This thesis first examines the significance of video games and the use of virtual reality from both the player's and society's perspectives. It compares the video game and film industries and lists the most popular genres of virtual reality video games. Subsequently, it describes the development of video games from the viewpoint of game developers, including the differences between professional and independent game developers. Lastly, it proposes and documents the development of a custom video game for virtual reality, utilizing freely available software.

The video game was developed using the Godot Engine and tested on the virtual reality device „Pico 4“. Models were created using MagicaVoxel software. Sound effects were created using LMMS software or recorded and edited using Audacity software.

The creation of a video game for virtual reality using only freely available tools was successful.

Klíčová slova

videohry, virtuální realita, VR, žánry virtuální reality, vývoj videoher, videoherní vývojáři, vývoj vlastní videohry, Godot Engine, bezplatně dostupné programy

Keywords

video games, virtual reality, VR, virtual reality genres, game development, video game developers, developing a custom video game, Godot Engine, freely available software

Obsah

1 Úvod	1
2 Smysl a význam videoher z perspektivy hráče a společnosti	2
2.1 Videohry jako moderní forma umění a kultury	2
2.2 Popularita videoher a důvody jejich širokého uplatnění ve společnosti	2
2.3 Složitost a problémy imerzivity ve virtuální realitě	7
2.4 Omezení a rizika spojená s užíváním virtuální reality	9
2.5 Pozitivní dopady virtuální reality na uživatele	10
2.6 Nejpopulárnější žánry videoher pro VR	11
3 Tvorba videoher z pohledu herního vývojáře	15
3.1 Videoherní enginy a jejich historie	15
3.2 Profesionální videoherní studia a jejich zaměstnanci	16
3.3 Nezávislí vývojáři a malá herní studia	18
3.4 Praktické rady a triky od nezávislých vývojářů	18
3.5 Jednoduché a dostupné programy pro nezávislé vývojáře	19
4 Dokumentace vývoje vlastní videohry pro virtuální realitu	22
4.1 Využívané programy a aplikace	22
4.2 Výběr žánru a vhodných herních mechanismů	22
4.3 Hratelnost a zábavné aspekty	23
4.4 Umělecký design	24
4.5 Technické zpracování herních mechanismů	26
5 Shrnutí a diskuze výsledků	30
5.1 Testování hry	30
5.2 Problémy při vývojovém procesu	30
5.3 Verze pro operační systém Android	30
5.4 Kritika a návrh na zlepšení hry do budoucna	30
5.5 Využití nástrojů umělé inteligence	31
6 Závěry a doporučení	32
Literatura	33
Přílohy	41

Seznam obrázků

1	Hra <i>Baldur's Gate 3</i> (2023) [1] nabízí hráčům komplexní svět s realistickou grafikou a emotivním příběhem. Tato série se datuje až do roku 1998, kdy byla vydána první hra pod jménem <i>Baldur's Gate</i>	3
2	<i>Bejeweled 2</i> (2006) [2] je jednoduchá a nenáročná puzzle hra, která pomáhá zlepšovat náladu a snižuje stres [3].	4
3	Hra <i>Hogwarts Legacy</i> (2023) [4] hráče zasazuje do populárního světa <i>Harryho Pottera</i> a umožňuje mu se rozhodovat a poznávat nové prostředí, postavy či stvoření, která v knize či filmu neměl šanci poznat.	5
4	<i>The Last of Us</i> , porovnání upoutávacích plakátů [5, 6] na videohru z roku 2013 [7] (vlevo) a na seriálovou adaptaci z roku 2023 [6] (vpravo).	6
5	Virtuální realita <i>Meta Quest 3</i> , vydána v roce 2023 [8].	7
6	Znázornění vzdálenosti mezi zornicemi u 3976 různých lidí [9]	8
7	Ukázka ovladačů pro VR: vlevo HTC Vive , uprostřed Valve Index , vpravo Oculus Touch [10].	9
8	Celkový počet her ve srovnání s počtem VR her na populární videoherní platformě <i>Steam</i> . Graf je autorova vlastní práce založená na datech z platformy <i>Steam</i> [11](říjen 2023).	11
9	Zastoupení různých žánrů ve hrách pro VR na populární videoherní platformě <i>Steam</i> . Graf je autorova vlastní práce založená na veřejných datech z platformy <i>Steam</i> [11](říjen 2023).	12
10	<i>Half-Life: Alyx</i> (2020) [12] je nejnovějším pokračováním dlouholeté série <i>Half-Life</i> , jejíž první díl vyšel v roce 1998. Tento díl je ovšem vytvořen exkluzivně pro hraní na zařízení virtuální reality.	13
11	<i>Beat Saber</i> (2018) [13] je celosvětově populární česká hra pro virtuální realitu, která jednoduše a elegantně propojuje hudbu s fyzickým pohybem.	14
12	Pistole , která má vybranou červenou barvu. (zdroj: autor)	23
13	Snímek ze hry, kdy hráč dosáhl nové úrovně . (zdroj: autor)	24
14	Model mývala vykreslený v programu <i>MagicaVoxel</i> . (zdroj: autor)	25
15	Hlavní menu a počítadlo skóre (v pozadí). (zdroj: autor)	27

1 Úvod

Rozvoj technologií v posledních desetiletích přináší lidstvu mnoho nových forem zábavy, včetně videoher pro virtuální realitu. Samotné videohry nejen obohacují volnočasové aktivity, ale také ovlivňují a formují kulturu široké společnosti. Tato práce nejprve zkoumá význam videoher z perspektivy hráče i společnosti jako celku. Následně popisuje vývoj videoher z pohledu herních vývojářů. A v poslední řadě navrhuje a dokumentuje vývoj vlastní videohry pro virtuální realitu, za použití bezplatně dostupných programů.

Práce začíná analýzou videoher jako moderní formy umění a kultury z perspektivy hráče a společnosti. Srovnává videoherní a filmový průmysl a prozkoumává různé faktory, díky kterým je videoherní průmysl populární. Dále zkoumá složitosti imerzivity a omezení virtuální reality i rizika spojená s jejím užíváním. Poukazuje na pozitivní dopady virtuální reality na uživatele a zmiňuje i využití mimo videoherní průmysl. Poté analyzuje nejpopulárnější žánry videoher pro virtuální realitu a uvádí příklady úspěšných titulů.

V druhé části se práce zaměřuje na tvorbu videoher z pohledu herního vývojáře. Prozkoumává historii videoherních enginů a podrobně popisuje pracovní náplň zaměstnanců profesionálních herních studií. Dále poukazuje na rozdíly mezi profesionálními herními studií a nezávislými vývojáři. Následně uvádí praktické rady od nezávislých vývojářů a zmiňuje několik bezplatně dostupných programů pro tvorbu nejen videoher.

Třetí část tvoří návrh a dokumentace tvorby vlastní videohry pro virtuální realitu, včetně používaných bezplatných programů, herních mechanismů, uměleckého designu a technického zpracování.

Práce nakonec shrnuje vývoj vlastní videohry a splnění cílů zadání. Dále uvádí způsob testování, úspěchy, zajímavé poznatky a problémy při vývojovém procesu. V poslední řadě uvádí možnosti zlepšení a vyvíjení videohry do budoucna.

2 Smysl a význam videoher z perspektivy hráče a společnosti

Každý člověk si v dnešní době dokáže bez problému představit, co se skrývá pod slovem hra. Obecný termín „hra“ zahrnuje stolní hry jako Šachy a Dostihy a sázky, karetní hry jako Prší a Pexeso, kasinové hry jako ruleta a hrací automaty, počítačové hry, sportovní hry, různé druhy dětských a jiných her [14, 15].

V kontextu konzolových nebo počítačových zábavních programů slovo „hra“ obvykle vyvolává představy trojrozměrné virtuální reality s humanoidním stvořením, zvířetem nebo vozidlem jako hlavní postavou ovládanou hráčem [14].

Raph Koster ve své knize *A Theory of Fun for Game Design* [16] definuje hru jako interaktivní zážitek, jenž hráči poskytuje stále náročnější sekvenci výzev, které se hráč postupně snaží ovládnout a překonat. Koster tvrdí, že aktivity učení a ovládání jsou klíčovým prvkem „zábavy“. Hra odměňuje hráče za inovativní myšlení a překonávání výzev, díky kterému hráč získává pocit štěstí.

2.1 Videohry jako moderní forma umění a kultury

Videohry jsou mezi námi již přes 50 let. Díky technologickému pokroku se rychle vyvíjejí a stávají se zábavnějšími a obdivuhodnějšími. Od prvních jednoduchých arkádových her až po komplexní světy s realistickou grafikou a emocionálním příběhem, se videohry staly zásadní součástí moderní kultury a umění (viz obrázek 1).

Někteří lidé stále pochybují, zda jsou videohry uměním. *Chris Melissinos* řekl: „*Videohry jsou střetem technologie a umění*“ [17]. Od ostatních umění a médií, jako jsou například knihy a filmy, se liší zejména svojí interaktivitou [18]. *Gabriel Quinn* ve svém rozhovoru řekl, že je to zcela jiný žánr umění, protože je interaktivní [17]. Hráči se nemusí jen pasivně podrobit příběhu, ale mají možnost interagovat se systémem. Systém jim pak na základě jejich interakce poskytuje zpětnou vazbu [18].

Tyto hry mohou být hrány kooperativně nebo soutěživě s dalšími fyzicky přítomnými hráči nebo s tisíci dalšími hráči online. Videohry mohou být hrány na různých zařízeních od herních konzol (např. *Nintendo Switch*, *Playstation 5*) přes počítače až po mobilní telefony.

2.2 Popularita videoher a důvody jejich širokého uplatnění ve společnosti

Mnoho videoher dnešní doby vyžaduje jistou míru společenské interakce, což je v přímém rozporu s klasickým stereotypem osamocené hráče [18]. Přes 70 % hráčů nyní hraje videohry s přáteli, ať už se jedná o ty kooperativní¹, nebo kompetitivní [19]. Existuje mnoho virtuálních sociálních herních spolků, například *World of Warcraft*² a *Farmville*³. Takové hry nabízejí skvělé příležitosti rozvíjet sociální dovednosti, jako jsou důvěra, nebo schopnost vést lidi. To se poté může lehce přenést i mimo hry do reálného života a pozitivně ovlivnit naše vztahy s rodinou a přáteli. Studie [18] ukazuje, že hraní her, které odměňují spolupráci a nápomocnost, následně směřují k více společenskému životu.

¹V kooperativních videohrách hráči společně spolupracují na dosažení cíle místo toho, aby soutěžili mezi sebou.

²*World of Warcraft* je masivní online multiplayerová hra na hrdiny (MMORPG) již od roku 2004, kde hráči bojují a interagují s tisíci hráči z celého světa [20].

³*Farmville* byla sociální hra na Facebooku v letech 2009-2020, kde hráči pěstovali virtuální plodiny a provozovali farmu ve společně sdíleném prostředí [21].



Obrázek 1: Hra *Baldur's Gate 3* (2023) [1] nabízí hráčům komplexní svět s realistickou grafikou a emotivním příběhem. Tato série se datuje až do roku 1998, kdy byla vydána první hra pod jménem *Baldur's Gate*.

2.2.1 Pozitivní a negativní emoce ve videohrách

Podle teorie užití a uspokojení (anglicky uses and gratifications theory), která je jedna z nejstarších a nejlépe ověřených teorií v oblasti komunikačního výzkumu [22], patří užívání různých typů médií mezi nejčastější způsoby, jak ovládat svou náladu a zlepšovat emocionální stav jednotlivce [18]. Hraní videoher může být jedním z nejefektivnějších způsobů, jak u dětí a mládeže generovat pozitivní pocity. Několik studií [3, 23] ukázalo, že hraní oblíbených videoher má přímý vliv na lepší emocionální stav a zvyšuje výskyt pozitivních pocitů.

Studie z roku 2009 [3] ukázala, že jednoduchá a nenáročná puzzle⁴ hra *Bejeweled II*⁵ (viz obrázek č. 2) zlepšuje náladu a snižuje stres. Z toho se dá usoudit, že i mnoho dalších nenáročných videoher lidem přináší pozitivní emoce a pomáhá jim uniknout z jejich života, který může být plný stresu.

Důležité je ale zmínit, že videohry nemusejí pokaždé vyvolávat pouze pozitivní emoce, ale mohou způsobit také řadu negativních, jako například frustraci, hněv, úzkost nebo smutek [18].

Tyto negativní emoce souvisí většinou s obtížností hry, konkrétně když hráč selže při dosahování nějakého cíle. Takové pocity se ovšem při dosažení daného cíle mohou proměnit v pozitivní emoce triumfu, radosti, štěstí a uspokojení, které mohou být vynásobené právě počtem již zmíněných neúspěchů. To zahrnuje převážně dovednostně a časově náročné

⁴ Puzzle je žánr videoher, kde hráči řeší logické úkoly a hádanky.

⁵ *Bejeweled II* je logická puzzle videohra, ve které člověk vytváří kombinace stejných drahokamů a snaží se získat co nejvyšší skóre [2].



Obrázek 2: *Bejeweled 2* (2006) [2] je jednoduchá a nenáročná puzzle hra, která pomáhá zlepšovat náladu a snižuje stres [3].

kompetitivní hry na skóre, například žánr *souls-like*⁶ nebo kompetitivní hry jako *League of Legends*⁷).

Negativní emoce však mohou být vyvolány vývojářem videohry i záměrně. O to se snaží převážně příběhové hry (například *Life is Strange*⁸ nebo *The Last of Us*⁹), které podobně jako ve filmu mohou usmrtit hráčovu oblíbenou postavu, což může v hráči vyvolat smutek, soucit, nenávisť nebo dokonce potřebu pomsty.

2.2.2 Společenské dopady násilných videoher

Tobias Greitemeyer a Dirk O. Mügge se rozhodli zabývat problematikou, jaké důsledky mohou mít násilné videohry na chování jednotlivců. Jejich metaanalýza [27] naznačuje, že hraní násilných videoher má určitý vliv na sociální chování hráčů. Nicméně, zjištěná závislost mezi násilnými videohrami a agresivním chováním je relativně malá, což snižuje jejich společenský dopad na minimální úroveň. Autoři metaanalýzy [27] uvádějí, že za agresivitou člověka stojí mnoho faktorů a násilné videohry jsou jen jedním z nich. Navzdory tomuto tvrzení autoři považují násilí ve videohrách za negativní efekt.

Velká část videoher ale obsahuje i další, většinou pozitivní sociální aspekty společně s násilím, například zabíjení nepřátel k záchraně světa, což je činí méně škodlivými a následné negativní efekty to vyruší [27].

Kooperativní násilné videohry mohou snižovat agresivní chování a zlepšovat společenský život mimo hru [28].

⁶ *Souls-like* je žánr akčních videoher, které jsou typicky obtížné pro hráče. Tyto hry obsahují mnoho výzev, při kterých vyžadují od hráče reflexy a vysokou persistenci. Většinou mají silnou atmosféru podobně jako série *Souls* od společnosti *FromSoftware* [24].

⁷ *League of Legends* je týmová strategická hra, ve které dvě pětičlenná družstva bojují o to, kdo jako první zničí nepřátelskou základnu [25].

⁸ *Life is Strange* je příběhová dobrodružná hra s nadpřirozenými prvky, kde hráči ovlivňují děj a osudy postav prostřednictvím rozhodnutí v příběhu [26].

⁹ *The Last of Us* je akční příběhová hra, odehrávající se v post-apokalyptickém světě, kde přeživší bojují o přežití a vytvářejí hluboké lidské vztahy [7].

Uvedené studie naznačují, že i když se násilí ve hře vyskytuje, neznamená to, že samotné videohry negativně ovlivňují společenské chování hráče. Je důležité se zaměřit i na ostatní prvky, která hra obsahuje. Existují prospěšné videohry, které mohou významně podpořit hráčovo pozitivní sociální interakce a schopnosti.

2.2.3 Kulturní vliv a role videoher ve společnosti

Videohry, stejně jako ostatní produkty kulturních průmyslů, mají velkou kvalitativní variabilitu. Přesto jsou videohry díky jejich schopnosti vizuálního, sluchového a pohybového vnímání tím nejbohatším kulturním žánrem, jaký je dnes dostupný [29].

Mnoho nových videoherních formátů přináší stále neprozkoumané potenciály pro kulturní tvorbu ve formě vizuálního umění, vyprávění příběhu nebo audio zážitku. K tomu velice přispívá technický pokrok, jenž umožňuje stále sofistikovanější herní design [30].

Již v roce 2001 *Espen Aarseth* [29] napsal: „Pro některé z nás jsou už teď videohry fenoménem s mnohem větší kulturní důležitostí, než například filmy a možná i sport“. Je jasné, že dnešní hry, zejména online hry pro více hráčů nám v tomto přinášejí úplně nový rozměr, který předchází media nikdy přinést nedokázaly [29]. Hráč v nich ovlivňuje nejen postavu a děj hry, ale také interaguje s jinými skutečnými lidmi [30].



Obrázek 3: Hra *Hogwarts Legacy* (2023) [4] hráče zasazuje do populárního světa *Harryho Pottera* a umožňuje mu se rozhodovat a poznávat nové prostředí, postavy či stvoření, která v knize či filmu neměl šanci poznat.

2.2.4 Rostoucí popularita a ekonomický vývoj videoherního průmyslu ve srovnání s filmovým průmyslem

Velikost globálního trhu videoher byla v roce 2022 odhadnuta na 196 miliard dolarů (to je zhruba 4,2 bilionu korun českých) [31, 32]. Zatímco tržby filmového průmyslu dosáhly pouze 27 miliard (přibližně 580 miliard Kč) [33, 32]. Z toho by se dalo usoudit, že videoherní průmysl je minimálně 8 krát větší, nebo alespoň výdělečnější, než průmysl filmový.

Za zmínku stojí porovnat dvě z nejznámějších událostí filmového a videoherního světa. Cena *Oskar*, také známá jako *Cena Akademie*, je mnohými považována za nejprestižnější

cenu celého filmového průmyslu [34]. V roce 2022 se na předávání *Oskarů* dívalo 16,6 milionů lidí [32]. Na druhé straně je *The Game Awards*¹⁰, které jsou podobné události *Cena Akademie*, ale namísto filmů se točí kolem videoher. Předávání *Game Awards* sledovalo přibližně 103 milionů lidí. To je více než 6 krát větší počet sledujících, než u vyhlášení *Oskarů* [32]. Počet diváků však nemusí být vždy tím nejhodnějším srovnávacím kritériem, protože *Cena Akademie* necílí na sledovanost [35].

Další pozoruhodností je změna dynamiky mezi vzájemnými videoherními a filmovými adaptacemi [32]. Dříve bylo obvyklé, že videohry vznikaly jako doprovodné produkty k populárním filmům. Zatímco v dnešní době se stává trendem, že úspěšné hry slouží jako inspirace k natočení podobného filmu či seriálu. Filmové adaptace následně mohou probíhat sociální bublinu zákazníků filmového průmyslu a díky tomu rozšířit jejich obzory a vztah s videoherním průmyslem. Příkladnými filmovými adaptacemi v posledních letech jsou *The Last of Us* [6], *Arcane* [36], *The Super Mario Bros. Movie* [37], *Uncharted* [38].

Dále je nutné zmínit, že takové adaptace nejsou žádnou novinkou. Jednou z nejznámějších příkladů je franšíza *Pokémon*. *Pokémon* nezačal animovaným seriálem z roku 1997 [39], nýbrž videohrami *Pokémon RED and BLUE* [40, 41], které vyšly v roce 1996 na videoherní konzoli *Game Boy*.

Přesto se v médiích a na veřejnosti mluví více o filmech nebo seriálech a videohry působí spíše jako něco, za co by se měl dospělý člověk stydět. Stále se nedá říci, zda jsou videohry více populární než filmy [32].



Obrázek 4: *The Last of Us*, porovnání upoutávacích plakátů [5, 6] na videohru z roku 2013 [7] (vlevo) a na seriálovou adaptaci z roku 2023 [6] (vpravo).

¹⁰ *The Game Awards* je každoroční událost mnoha ocenění ve videoherním průmyslu, která oslavuje nejlepší hry, tvůrce a inovace.

2.3 Složitost a problémy imerzivity ve virtuální realitě

Samotná technologie virtuální reality (dále jen VR) je kombinací mnoha různých technologií. Nejdůležitější částí jsou „brýle“ (viz obrázek 5), které mají zabudované displeje¹¹, a poté většinou sluchátka, různá manipulační zařízení, ovladače s tlačítky a joysticky (viz obrázek 7), ale existují i různé rukavice, vesty a mnohé další. Tyto technologie mají jediný cíl– vytvořit co nejvíce imerzivní 3D prostředí, které uživatele co nejlépe oklame a přesvědčí mozek, že je opravdu ve virtuálním světě, v jiné realitě.



Obrázek 5: Virtuální realita *Meta Quest 3*, vydána v roce 2023 [8].

2.3.1 Cybersickness

Nejčastějším problémem a omezením při používání VR je cybersickness (kybernetická nevolnost) [42]. Kybernetická nevolnost je poměrně běžným vedlejším nežádoucím účinkem, který zažívají uživatelé VR. Většinou způsobuje nevolnost, nestabilitu, dezorientaci, bolest hlavy, únavu očí a pocit unavenosti.

Problémy kybernetické nevolnosti jsou zapříčiněny kombinací individuálních lidských faktorů, daným softwarovým obsahem a hardwarovým vybavením uživatele [43]. Úroveň kybernetické nevolnosti záleží na typu nastavení a kvalitě provedení VR prostředí, což velice přispívá k příjemnějším zážitkům.

2.3.2 Lidské faktory

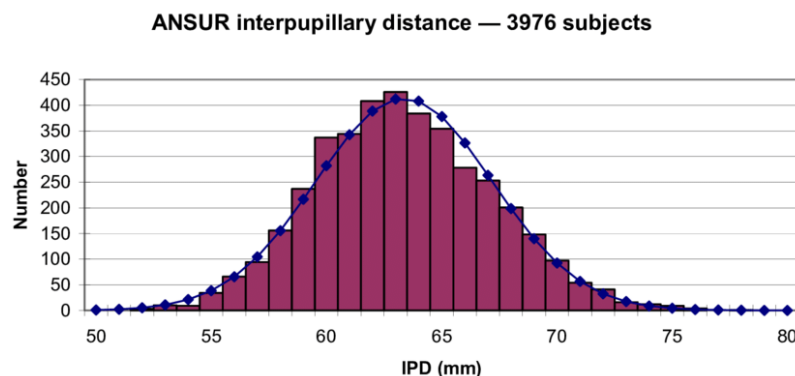
Každý člověk má jedinečnou fyziologickou stavbu těla, což způsobuje, že je ke kybernetické nevolnosti jinak náchylný, ovšem u některých lidí můžeme úroveň náchylnosti předvídat [43]. Mladší lidé jsou díky lepší rovnováze a držení těla odolnější vůči simulované nevolnosti

¹¹V angličtině se používá pojem HMD (Head-Mounted Display). Označují se tak zařízení s displejem, které se nosí na hlavě a zobrazují uživateli vizuální obsah, často ve formě virtuální reality (VR) nebo rozšířené reality (AR).

[44]. Starší lidé mají s rovnováhou většinou značnější problémy, což může vést k následné nevolnosti [45, 43].

Ananth N. Ramaseri Chandra ve svém průzkumu [43] uvádí, že dřívější studie [46] poukazovaly na fakt, že by úroveň nevolnosti mohla být závislá na pohlaví uživatele. Ženy zažívají vyšší úroveň kybernetické nevolnosti ve srovnání s muži [46]. Pozdější studie [47] poskytly vysvětlení, že ženy mají průměrně menší vzdálenosti mezi očima oproti mužům. Většina obrazovek VR headsetů jsou od sebe vzdáleny více, než by to někomu mohlo vyhovovat [43].

Proto většina VR brýlí umožňuje nastavit si manuálně vzdálenosti mezi obrazovkami podle potřeby. Např. *HTC Vive*, *Valve Index*, *Oculus Rift S*, *Meta Quest 2*, atd. Podle studie [9] z roku 2004, má více jak 95 % populace v USA vzdálenost mezi zornicemi v rozmezí 55 milimetrů až 77 milimetrů (viz obrázek 6). Tato vzdálenost musí být velmi přesná a je nutné, aby každý uživatel znal tu svou [48]. Pokud je víc jak 2 milimetry větší nebo menší než má být, obraz už začne být rozmazaný [48]. Tento problém kvalitně řeší například VR brýle *Simula One* a *Varjo Aero*. Mají automatické dynamické nastavování vzdálenosti mezi zornicemi, díky němuž uživatel nemusí znát své přesné milimetry, ani to nemusí zdlouhavě nastavovat [48].



Obrázek 6: Znázornění vzdálenosti mezi zornicemi u 3976 různých lidí [9]

Doba, kterou uživatel stráví ve VR je přímo úměrná závažnosti nepříznivých symptomů kybernetické nevolnosti [49]. Uživatelé náchylní ke kinetóze¹² mohou zažít přibližně dvojnásobnou intenzitu ve srovnání s jednotlivci, kteří náchylní nejsou [44, 43]. To zahrnuje lidi, kteří zažívají nevolnost na kolotočích, v autě, letadle nebo na moři. Pokud se člověk pohybuje ve VR a začne pociťovat nevolnost, měl by ihned přestat a opětovně to zkusit za den nebo dva. Díky tomu si tělo začne zvykat a adaptovat na virtuální prostředí. Později se může kybernetická nevolnost značně snížit, nebo dokonce úplně eliminovat [44, 43].

Větší kontrola nad virtuálním prostředím může snížit nevolnost a umožnit uživatelům očekávat reakci po provedení akce [50, 43]. Fyzická chůze značně snižuje riziko nevolnosti ve srovnání s pohybem pomocí tlačítek nebo joysticků na ovladačích.

¹² Kinetóza je cestovní nemoc spojená s nevolností a závratěmi při pohybu. Často nastává při jízdě autem, na lodi nebo v letadle.



Obrázek 7: Ukázka ovladačů pro VR: vlevo **HTC Vive**, uprostřed **Valve Index**, vpravo **Oculus Touch** [10].

2.3.3 Zobrazovací zařízení

Různá prostředí, jako jsou desktopová VR, velké zakřivené obrazovky nebo HMD (VR brýle), mohou mít různý vliv na úroveň nevolnosti [51]. Celková zátěž na oči je ovlivněna několika faktory, především kontrastem, silou osvětlení a vzdáleností displejů od očí [52].

Na vzniku nevolnosti má klíčový podíl smyslový konflikt [43]. Teorie smyslového konfliktu vysvětluje, že pohybová nevolnost při používání VR může být způsobena nesouladem mezi vizuálními a vestibulárními smysly¹³. Dobře provedený pohybový systém ve VR, který je bezproblémově propojený s pohybem v realitě, zmírňuje příznaky kybernetické nevolnosti. Dokonalá synchronizace mezi VR a reálným světem by mohla úplně eliminovat smyslový konflikt a značně snížit úroveň kybernetické nevolnosti [53].

2.3.4 Softwarové aspekty

Realistický grafický obsah ve VR může způsobit větší kybernetickou nevolnost než ten méně realistický [54, 43]. Dále také velice záleží na velikosti zorného pole. To je maximální úhel displeje, který uživatel může svými očima vidět. Videohry často dynamicky zmenšují zorné pole uživatele, když se zrovna uměle hýbe nebo otáčí pomocí ovladačů. Tím dokáží snižovat náchylnost na kybernetickou nevolnost.

2.4 Omezení a rizika spojená s užíváním virtuální reality

Podle studie [55] z roku 2022, VR technologie ovlivňují fyzický, kognitivní a psychosociální vývoj dětí v různých věkových obdobích. Většina výzkumníků souhlasí [55], že hlavní obavy souvisí pouze s nadměrným užíváním obrazovek.

Studie [55] dále uvádí, že oblasti fyzického vývoje se obavy týkají kybernetické nevolnosti, obezity a poruch spánku. Obezitu může způsobit nedostatečný pohyb spojený s nevhodnými stravovacími návyky, kromě obezity může mít takové chování za následek i dlou-

¹³ Vestibulární smysly pomáhají udržovat rovnováhu a orientaci v prostoru. Vestibulární systém se nachází ve vnitřním uchu většiny obratlovců.

hodobé kardio-metabolické problémy¹⁴. Modré světlo poškozující fotoreceptory¹⁵ může mít za následek poruchu spánku a ovlivňuje cirkadiánní systém¹⁶ těla.

Pokud jde o kognitivní vývoj, byly pozorovány pouze pozitivní nebo neutrální účinky [55]. Největší obavy vznikají v psychosociální oblasti. Výzkumy, které zmiňují nepříznivé účinky VR a her na děti, spojují tyto závěry pouze s neomezeným používáním VR bez dozoru dospělé osoby.

2.5 Pozitivní dopady virtuální reality na uživatele

VR v dnešní době čím dál tím více začíná být součástí nejen videoherního průmyslu, ale již několik let je užitečná i v oblasti vzdělávání. Konkrétně se využívá například v klinické medicíně, zejména při tréninku chirurgů, řízení bolesti a terapii psychických poruch [56]. Hry a zábavné aplikace na VR mohou být pozitivně využity ke vzdělávání, zábavě a také k fyzické aktivitě.

2.5.1 VR jako způsob vzdělávání ve školství

Podle studie [57] má VR také veliký potenciál v klasické výuce. Studentům umožňuje při výuce prozkoumat reálná prostředí a situace, které by jinak zažít nemohli, nebo by to bylo velice obtížné a drahé. Její interaktivní prvky a podpora zapojení více smyslů zvyšují motivaci studentů. Například umožňují komunikaci s virtuálními postavami, čímž zlepšují své komunikační dovednosti. Dále mohou virtuálně prozkoumat a procestovat svět, díky čemu si zlepšují kulturní a zeměpisné znalosti. Metaanalýza [58] tvrdí, že vzdělávání ve VR je efektivnější, než klasické vzdělávání z obrazovky počítače. Ve srovnání s ostatními metodami učení má VR metoda také celkově pozitivnější výsledky.

Bohužel, VR může být pro mnoho institucí finančně náročné [57]. Proto je důležité, aby se VR integrovala do výuky s jasným cílem a strategií. Absence kvalitního a relevantního obsahu může být problémem, který se musí zohlednit. Dále by mnoho učitelů potřebovalo školení, které by je naučilo efektivně využívat VR ve své výuce, což nemusí být zrovna jednoduché.

2.5.2 Zdravotní výhody VR

Největší a nejběžnější zdravotní výhodou VR je pohyb [59]. Touto oblastí se zabývá *exergaming*, což je spojení fyzického cvičení a hraní. Exergaming videohry mohou zvýšit motivaci uživatelů a pacientů k fyzické aktivitě a podpořit rehabilitaci. Tyto hry mohou dále zlepšit kardio schopnosti jejich uživatelů.

Děti s poruchami autistického spektra (ASD) nebo ADHD mají často problémy s udržováním pořádku, nadměrnou aktivitou a impulzivitou [55]. To přímo souvisí s jejich snadným rozptýlením a ztrátou pozornosti. Podle studií [60, 61, 62] existuje jasný důkaz, že virtuální realita a videohry mohou těmto dětem pomoci se lépe soustředit na to, na čem zrovna pracují.

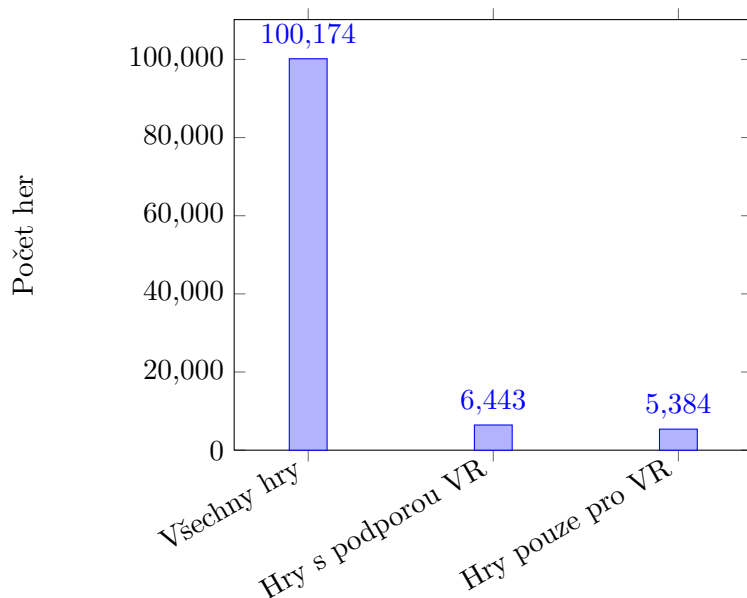
¹⁴Kardio-metabolické problémy zahrnují srdeční onemocnění, vysoký krevní tlak, cukrovku, obezitu a další záležitosti spojené se srdcem, cévami a metabolismem těla.

¹⁵Fotoreceptor je specializovaná buňka v oku, která zachytává světelné podněty a přeměňuje je na nervové signály, díky kterým můžeme vidět.

¹⁶Cirkadiánní systém je vnitřní mechanismus u živých organismů, který reguluje chování související s biologickým rytmem na základě přibližného 24hodinového cyklu.

2.6 Nejpopulárnější žánry videoher pro VR

Virtuální realita nachází široké uplatnění v mnoha oblastech, ale jedno z nejvýraznějších využití je právě ve videoherním průmyslu. Samotný videoherní průmysl si na VR také začíná zvykat. Ze všech her na platformě *Steam* [11] je 6 % s podporou pro VR a 5 % pouze pro VR.

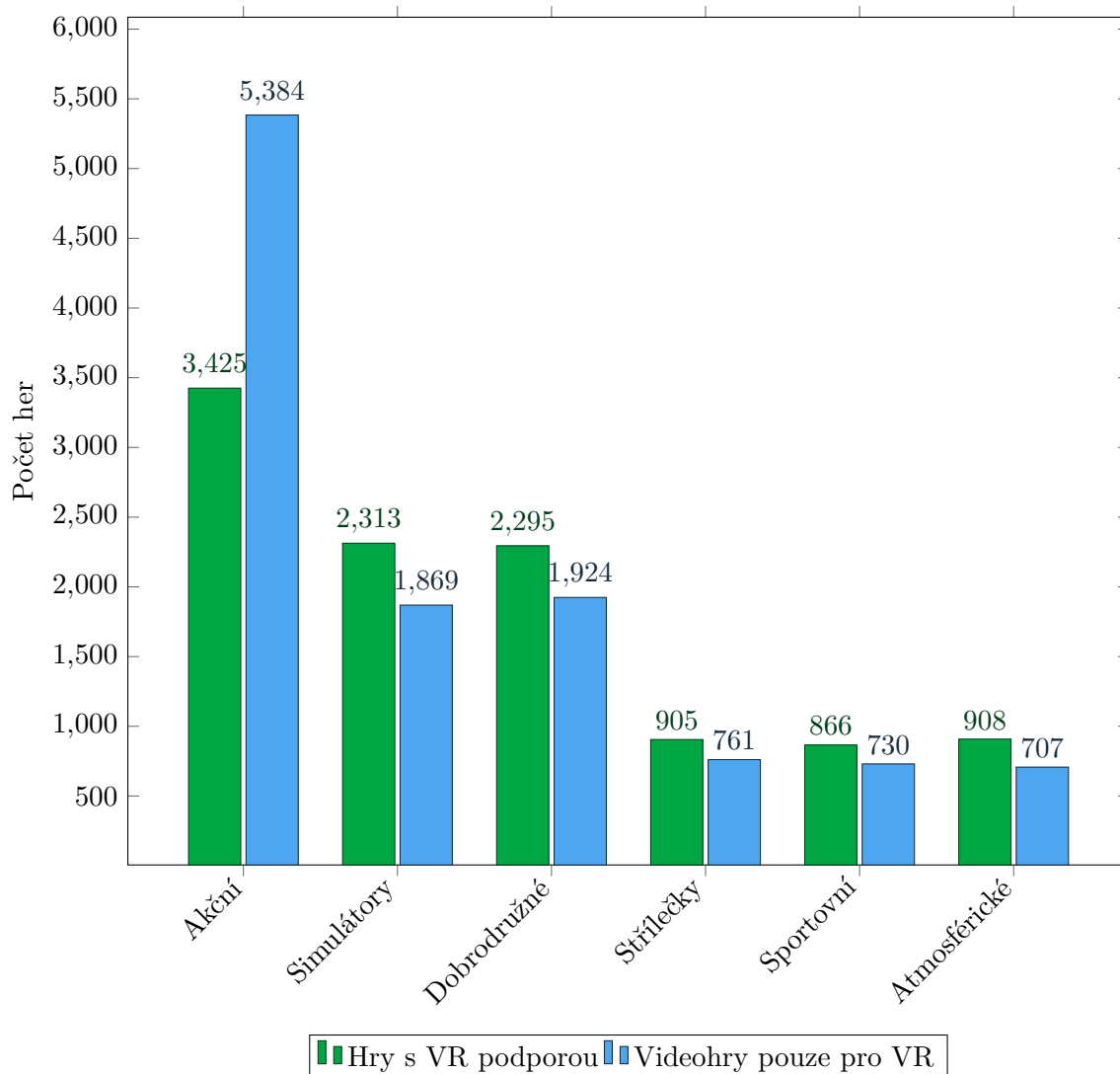


Obrázek 8: **Celkový počet her ve srovnání s počtem VR her** na populární videoherní platformě *Steam*. Graf je autorova vlastní práce založená na datech z platformy *Steam* [11](říjen 2023).

2.6.1 Rozdělení do žánrů

Ve filmovém průmyslu se filmy řadí do různých žánrů, jako jsou komedie, akční filmy, romantická dramata, sci-fi, fantasy a mnoho dalších. Žánry slouží k rychlému identifikování obsahu a námětu filmu, což pomáhá divákům vybrat si film podle svých osobních preferencí a nálad. Podobně je to u videoher. Videohry mají také své vlastní žánry, které nám dávají stručnou informaci, jaké zážitky a herní mechaniky můžeme očekávat při hraní konkrétní hry.

Obrázek č. 9 ilustruje rozdělení do žánrů podle počtu her pro kategorii s VR podporou a pro hry, které jsou pouze pro VR.



Obrázek 9: Zastoupení různých žánrů ve hrách pro VR na populární videoherní platformě *Steam*. Graf je autorova vlastní práce založená na veřejných datech z platformy *Steam* [11](říjen 2023).

V rámci výzkumu [63] virtuální reality z roku 2020 bylo zjištěno následující. Mezi nejpobulárnější žánry VR videoher patřily *akční*, *střílečky* a *simulace*. Nejlépe hodnocené žánry byly *akční* a *hudební*. Dále bylo zjištěno, že žánry *simulace* a *hudební* se vyskytují u VR her mnohem častěji, než u klasických her. To může být dáno tím, že virtuální realita umožňuje hráčům hlouběji prožít různé realistické simulace, stejně jako jim umožňuje zapojit a rozpohybovat celé tělo a díky tomu si naplno užívat hudebního zážitku. Tato studie [63] čerpala informace a statistiky od uživatelů na populární videoherní platformě *Steam* [11].

Následující hry jsou nejlépe hodnocené pro jednotlivé žánry (říjen 2023).

2.6.2 Akční střílečka *Half-Life: Alyx*

Half-Life: Alyx je akční, příběhová a místy i hororová střílečka vydaná v roce 2020. Je pokračováním populární videoherní série *Half-Life*, která začala již v roce 1998. V *Half-Life:*

Alyx se hráč ocitá v roli Alyx Vance, která usiluje o svržení mimozemské rasy *Combine*, která okupuje planetu a utlačuje lidskou společnost [64].

Hra mistrovsky dokazuje, že hráč není pouhým divákem, ale aktivním hráčem virtuální reality, který je nucen k interakci s prostředím. Každý kout místnosti je plný detailů a objektů, které lze prozkoumat a většinou i nějak využít. *Half-Life: Alyx* má velmi intuitivní a zábavné ovládací mechanismy, jako je například možnost manipulace s objekty pomocí gravitačních rukavic. Virtuální realita příjemně umožňuje a ukazuje zábavu v těchto, na první pohled jednoduchých a nudných interakcích. Ve hře je na výběr z různých úrovní obtížnosti, které ovlivňují chování nepřátel a výskyt užitečných předmětů, jako jsou náboje nebo lékárničky.

Vývojáři poskytli nastavitelné možnosti pohybu a pohodlí, které respektují různé hráčské preference a citlivosti. Je možné se pohybovat pomocí teleportace, nebo plynule joystickem. Dále je možné si nastavit *vinětaci*¹⁷ při pohybu.



Obrázek 10: *Half-Life: Alyx* (2020) [12] je nejnovějším pokračováním dlouholeté série *Half-Life*, jejíž první díl vyšel v roce 1998. Tento díl je ovšem vytvořen exkluzivně pro hraní na zařízení virtuální reality.

Herní recenzenti se shodli, že *Half-Life: Alyx* vyniká zejména svou úchvatnou grafikou a promyšlenými detaily v každé scéně. Dále má skvělou atmosféru, hrátelnost, vyprávění příběhu a nabízí obdivuhodný ponořující zážitek, který stanovil vysoký standard pro VR hry [65, 66, 67].

2.6.3 Rytmická hudební hra *Beat Saber*

Beat Saber je rytmická hra, která elegantně propojuje hudbu a fyzický pohyb na místě. Hráči se chopí světelných mečů a vstoupí do světa, kde se rytmus a vytrvalost stává klíčem k úspěchu [68].

Jednoduché, avšak efektivní mechaniky hry vedou k pohlcujícímu hudebnímu zážitku. Hráči používají dva světelné meče rozlišné barvy, aby ve správný čas a ze správného směru

¹⁷ *Vinětace* v herním kontextu označuje efekt, který ztmavuje okraje obrazovky. Díky tomu zaměřuje hráčovu pozornost na střed obrazovky. Ve hrách pro virtuální realitu se tato technika používá především při pohybu, k utlumení kybernetické nevolnosti, za cenu horší imerzivity.

rozsekli přibližující se barevné kostky v rytmu hudby, a to mečem stejné barvy, jakou má daná kostka. Díky této jednoduché a velmi intuitivní mechanice je hra dovednostně nenáročná a tím je přímo perfektní pro hráče, kteří normálně hry nehrají a nemají s hraním her žádné zkušenosti.

Několik herních recenzentů se shodlo, že je hra velmi chytlavá, zábavná, z vizuální stránky pěkná a perfektně využívá dostupné VR technologie. Také se shodují na tom, že by mohlo být ve hře více skladeb a že na Playstation VR bývají občas technické problémy s přesností snímání ovladačů. Nakonec si vychvalují originální hratelnost a rozmanité módy, jako je například mód s jedním mečem [69, 70, 71].



Obrázek 11: *Beat Saber* (2018) [13] je celosvětově populární česká hra pro virtuální realitu, která jednoduše a elegantně propojuje hudbu s fyzickým pohybem.

Beat Saber je důkazem toho, že i takto úspěšný titul může být prostou *indie*¹⁸ hrou. Byla vytvořena malým českým nezávislým týmem vývojářů s názvem *Hyperbolic Magnetism* [72], který se později přejmenoval na *Beat Games*. Vývoj hry začal jen na základě nápadu jednoho z vývojářů, *Jána Illavského*. Po několika měsících vývoje hra málem nebyla vydána, protože si vývojáři mysleli, že není moc dobrá a začali dělat na jiné. Následně se ke hře vrátili a dokázali ji dokončit [73].

¹⁸ *Indie* je slovo často používané ve videoherním průmyslu, které pochází zkrácením anglického slova *independent*, což znamená *nezávislý*. Indie hry jsou hry, které byly vytvořeny nezávislými vývojáři, kteří nejsou pod vlivem velkých společností. Více o nezávislých vývojářích v kapitole 3.3.

3 Tvorba videoher z pohledu herního vývojáře

Většina dvourozměrných a trojrozměrných videoher jsou příklady toho, co by vědci nazvali „*soft real-time interactive agent-based computer simulations*“ [14].

Ve většině videoher je nějaká podmnožina reálného nebo imaginárního světa. Je matematicky modelována tak, aby byla jednoduchá na úpravu počítačem. Model této podmnožiny je přiblížením a zjednodušením reality, protože je zřejmě nemožné do ní zahrnout každý detail až na úroveň atomů nebo kvarků. Matematický model podmnožiny je tak simulací skutečného nebo imaginárního herního světa.

Všechny interaktivní videohry jsou časovými simulacemi, jejich model virtuálního herního světa je dynamický. To znamená, že stav tohoto světa se časem mění v souladu s událostmi a příběhem hry.

Videohry také reagují na nepředvídatelné vstupy od hráčů a prezentují své příběhy v reálném čase. To je činí interaktivními simulacemi v reálném čase [14].

3.1 Videoherní enginy a jejich historie

Pojem „videoherní engine“ vznikl v polovině 90. let v souvislosti s FPS¹⁹ hrami, jako je například velmi známá hra *Doom* od společnosti *id Software*. Tato hra byla skvěle navržena tak, aby od sebe měla oddělené základní softwarové komponenty, jako je renderování 3D grafiky, detekce kolizí a audio systém, od uměleckých souborů, uspořádání herních světů a pravidel hry. Toto umožnilo lidem upravovat již vytvořené hry novým uspořádáním světa, zbraní, postav a pravidel hry, bez potřeby značně zasahovat do softwaru programu. Tímto vznikla tzv. „mod komunita“ – skupina hráčů a malých nezávislých herních studií, která vytvářela nové hry úpravou již existujících her pomocí volně dostupných nástrojů od původních vývojářů [14].

Ke konci 90. let byly některé hry, jako *Quake III Arena* a *Unreal*, navrženy s ohledem na opakované využití a „modding“. Dnes mohou herní vývojáři licencovat herní engine a znovu použít značnou část jeho klíčových softwarových komponent k vývoji her. Tato praxe stále zahrnuje značné investice do vlastního softwarového inženýrství, ale může být mnohem levnější než vývoj všech hlavních komponent enginu znovu [14].

Pokud hra obsahuje logiku nebo pravidla hry přímo ve svém kódu, nebo používá specifický kód k vykreslení konkrétních typů herních objektů, stává se téměř nemožným tento software znovu použít pro vytvoření jiné hry. Pojem „herní engine“ by se tedy měl ponechat pro software, který je rozšiřitelný a lze ho použít jako základ pro mnoho různých her bez zásadních úprav [14].

Většina herních enginů je pečlivě vytvořena a upravena tak, aby v nich fungovala konkrétní hra a aby fungovaly na konkrétní hardwarové platformě. Jason Gregory již v první edici své knihy [74] s názvem *Game Engine Architecture* v roce 2009 napsal: „A dokonce i ty nejvíce obecné multiplatformní enginy jsou skutečně vhodné pouze pro tvorbu her v jednom konkrétním žánru, jako jsou střílečky z pohledu první osoby nebo závodní hry.“ Stejně tvrzení se objevuje i ve třetí edici stejné knihy z roku 2018 [14].

Těmto tvrzením už by se v dnešní době dalo rozporovat. Moderní herní enginy, jako *Godot* [75], *Unity* [76] a *Unreal* [77], nabízejí širokou škálu nástrojů, díky kterým lze vytvořit jakýkoliv herní žánr na většině platformách, bez potřeby herní engine nějak upravovat nebo rozšiřovat.

¹⁹FPS – *first person shooter* je videoherní žánr, ve kterém hráč hraje z pohledu první osoby a zaměřuje se na přesné střílení a boj s nepřáteli.

Stále lze ale říci, že čím více je herní engine obecný, tím méně je vhodný pro spuštění konkrétní hry na určité platformě [14].

3.2 Profesionální videoherní studia a jejich zaměstnanci

Ačkoliv ke tvorbě úspěšné hry stačí jeden člověk, na většině úspěšných a větších her se ale často podílejí desítky, stovky, dokonce až tisíce lidí. Ve větším počtu vývojářů se takovéto skupiny nazývají „videoherní společnosti“, či „videoherní studia“. Rozsah a kvalita produkováných videoher se často může odvíjet od velikosti vývojářského týmu a zdrojů, které jsou jim poskytnuty. Rozsahem se vývojářské týmy pohybují od malých nezávislých jednotlivců až po rozsáhlé hry od velkých korporátních společností. Existuje neformální označení „AAA“ (triple A). Triple A označuje velmi kvalitní herní produkce, které do svých her vkládají veliké množství peněz a očekává se od nich vysoká kvalita a často i inovace.

V březnu 2022 zaměstnala videoherní společnost *Ubisoft* 20 665 zaměstnanců [78]. V tomto konkrétním případě takového počtu lidí mohou vznikat dokonce i „podstudia“ a pobočky v různých zemích.

Podle Jasona Gregoryho²⁰ se dají rozdělit zaměstnanci videoherního studia do pěti základních kategorií: inženýři, umělci, designéři, producenti a podpůrný personál, jako je marketing, právníci, technická podpora, administrativa a další. Každý typ zaměstnanců má svoje další podkategorie [14].

3.2.1 Inženýři

Inženýři mají na starosti návrh, implementaci a správné fungování softwaru a různých nástrojů, kterými se hra tvoří. Tito odborníci se často dělí na dvě základní skupiny:

- *runtime* programátoři – Pracují na herním enginu a na samotné hře.
- *tools* programátoři – Pracují na offline nástrojích, které umožňují zbytku týmu pracovat efektivně.

Někteří inženýři se zaměřují čistě na herní engine, někteří na programování herního mechanismu a někteří se pohybují jen na úrovni systému a do hry samotné se skoro vůbec nezačlení. Vedoucí inženýři také programují, ale s tím i korigují své týmy včetně jejich projektů. Některé společnosti mají své technické ředitele, kteří dohlíží na více projektů a zajišťují, aby šli všichni stejným směrem a počítali s možnými výzvami nebo novými technologiemi. Nejvýše postavená inženýrská pozice se nazývá CTO (chief technical officer) [14].

3.2.2 Umělci

Umělci produkují všechnu vizuální a zvukový obsah hry. Jason Gregory je ve své knize [14] dělí na mnoho specializací:

- *concept* umělci – Kreslí náčrtky a malují malby, které ostatním v týmu poskytují představu o tom, jak bude konečná hra vypadat. Začínají pracovat už v rané fázi vývoje a často pokračují ve směřování vizuální stránky hry.

²⁰ Jason Gregory je zkušený softwarový inženýr, který se v herním průmyslu pohybuje již od roku 1999. Specializuje se na vývoj herních enginů a podílel se na světoznámých videoherních sériích, jako je například *The Last of Us* [7] nebo *Uncharted*. Více informací o něm a jeho knize [14] lze nalézt na internetové adrese: <https://gameenginebook.com>

- *3D modeláři* – Modelují trojrozměrnou geometrii pro všechno ve virtuálním světě. Většinou se ještě dělí podle specializace na modelování popředí a modelování pozadí. Do popředí spadají různé objekty, postavy, vozidla a další detailnější předměty. Zatímco specialisté na pozadí vytvářejí například terén, budovy nebo mosty.
- *texture umělci* – Vytvářejí dvourozměrné obrázky známé jako textury, které se poté aplikují na povrchy 3D modelů, aby poskytovali realistické detaily.
- *osvětlovači* – Rozmísťují veškeré světelné zdroje v herním světě. Jak statické, tak dynamické. Pracují s barvou, intenzitou a směrem světla, aby zapůsobili co nejlepším uměleckým dojmem a aby zapadly co nejpřirozeněji do scény.
- *animátoři* – Dávají postavám a objektům pohyb. Musí mít jedinečné dovednosti, aby dokázali vytvořit animace, které se bezproblémově propojí a fungují v jejich herním enginu.
- *motion capture herci* – Herci, kteří mají speciální obleky a kamery, pomocí kterých zaznamenávají pohyby z reálného světa do počítačové podoby. Poskytují hrubá data o pohybu, která poté animátoři pročistí a upraví podle potřeby. Doladěné animace jsou nakonec integrovány do hry.
- *zvukoví designéři* – V první řadě vytvářejí realistické zvuky a vhodnou hudbu, které hráče ponoří do hry. V té druhé produkují zvukové efekty a upozornění, které hráčům pomáhají při základních úkolech a nabízejí informativní zpětnou vazbu [79]. Dále spolupracují s inženýry, aby dobře zasadily a smíchali zvukové efekty a hudbu ve hře.
- *hlasoví herci* – Poskytují hlasy postavám. Namlouvají rozsáhlé texty a různá rozhodnutí, která hráč ve hře může udělat. Jejich výkon ovlivňuje zapojení hráče do příběhu a zvyšuje emocionální spojení s herním světem.
- *hudební skladatelé* – Mnoho videoher má jednoho nebo více hudebních skladatelů, kteří pro ni skládají originální hudbu.

3.2.3 Herní designéři

Hlavním úkolem herních designérů je navrhnout interaktivní část hry, kterou nazýváme slovem *gameplay*. Práce designérů se dělí na různé úrovně detailu, na kterých pracují různí lidé. Zkušenější designéři většinou určují celý příběh, posloupnost kapitol, jednotlivé úrovně a celkové hlavní cíle a úkoly hráče ve hře. Ostatní se zaměřují na individuální úrovně, kde například rozmísťují statickou geometrii, určují, kde a kdy se objeví nepřátelé a umísťují zásoby nebo různé předměty.

Některé týmy zaměstnávají jednoho nebo i více spisovatelů. Spisovatelé mohou spolupracovat s ostatními designéry, napsat malé i velké části příběhu nebo se jen podílet na malých individuálních rozhovorech nevýznamných postav.

Mnoho vývojářských týmů má svého režiséra, jehož úkolem je dohlížet na všechny aspekty designu hry. Pomáhá s řízením plánů a zajišťuje, aby práce jednotlivých zaměstnanců byla konzistentní v rámci celého produktu [14].

3.2.4 Producenti

Role producenta má různý význam v různých vývojářských studiích. V některých společnostech spočívá jeho práce v plánování rozvrhu a spravování lidských zdrojů. V jiných

firmách může pracovat i jako herní designér. Někde může producent sloužit jako spojka mezi vývojovým týmem a obchodními odděleními. Ostatní studia producenty nemají vůbec [14].

3.2.5 Ostatní personál

Lidé, kteří přímo vytvářejí hru, jsou obvykle podporováni důležitým podpurným personálem. Sem patří vedení studia, marketingové oddělení, administrativní pracovníci a oddělení IT, jehož práce je poskytovat technickou podporu a instalovat a konfigurovat hardware a software [14].

3.3 Nezávislí vývojáři a malá herní studia

Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole 3.2, na tvorbě videoher se mohou podílet desítky, stovky až tisíce lidí, ale v mnoha případech to dokáže i jednotlivec. Naprostým opakem AAA²¹ společností jsou nezávislá studia, které se často označují slovem „indie“. „Indie“ je slovo, jenž vzniklo zkrácením anglického slova „independent“, což znamená „nezávislý“. Jako *Indie* se označují takové hry, které byly vytvořeny nezávislymi vývojáři, kteří nejsou pod vlivem velkých společností.

3.4 Praktické rady a triky od nezávislých vývojářů

Tato kapitola rozebírá specifické problémy a výzvy, s nimiž se často mohou setkávat jednotlivci nebo malé nezávislé týmy při vývoji her mimo tradiční korporátní model. Dále ukazuje rady a triky, které mohou být přínosné pro videoherní vývojáře, především začátečníky.

Obecně největší chybou nezávislých vývojářů je podceňování rozsahu a nedostatečný management práce [80, 81]. To potvrzuje i *Nicolae Berbece*²² ve svém videu [82] v části „start small“. Začátečníkům doporučuje, aby si představili koncept své videohry (jak se hraje, jak vypadá, jak zní) a zjednodušili a zmenšili jeho měřítko o polovinu (méně zbraní, méně úrovní, méně předmětů). Zmenšený koncept poté doporučuje zmenšit ještě více. Dále zdůrazňuje, že první hra by měla zabrat nanejvýše několik týdnů a měla by být co nejméně ambiciózní.

Při navrhování videohry není vůbec špatné hledat inspiraci v ostatních úspěšných hrách. To může zahrnovat analyzování existujících herních mechanik, aby vývojář zjistil, jaké elementy jsou dobré a jaké je potřeba pozměnit [80]. Nicolae Berbece to ve svém videu [82] zmiňuje také, vystihuje to frází „Everything is a Remix“. To vysvětluje na konkrétních příkladech a ukazuje, že žádná velká úspěšná hra není stoprocentně originální. Tím zdůrazňuje, že výborná úspěšná hra nevyžaduje originalitu.

Ještě před samotným tvořením může být užitečné si nadefinovat nějaká pravidla hry. Stačí rychlý a jednoduchý dokument o návrhu hry (Game Design Document). Je důležité si pečlivě rozmyslet, zda je určitá funkce hry potřeba a bude využita, nebo zda bude její implementace pouze ztráta času a ve finálním produktu se neobjeví. Dále je výhodné zvážit použití předem vytvořených prostředků (assets) a zkontrolovat si dostupné nástroje a software, které se budou na vývoj používat. V případě vývoje první nezávislé hry je potřeba

²¹AAA - vysvětleno v kapitole 3.2.

²²*Nicolae Berbece* je nezávislý videoherní vývojář, který vyvíjí hry již od roku 2009. Mezi jeho nejznámější tituly patří webová flash videohra *Kawairun* (2009), nebo také *Move or Die* (2016). Více informací o něm a jeho týmu *Those Awesome Guys* lze nalézt na internetové adrese: <https://thoseawesomeguys.com>

uvažovat a pečlivě plánovat s financemi. Pravděpodobně bude třeba mít v záloze další zdroj financí, což může zahrnovat například vedlejší zaměstnání [80].

Člověk, který je ochoten do vývoje věnovat i svůj volný čas, se může pokusit zefektivnit a využít i svůj „bez-činný“ čas. Například při cestování vlakem nebo čekání na autobus, může přemýšlet nad implementací nebo způsobem provedení určitých částí hry, které v budoucnu plánuje udělat. K tomu může být velmi užitečné si dělat poznámky a sepisovat si všechno, co ho napadne. Na to může sloužit třeba i obyčejný papírový blok nebo například mobilní aplikace *Trello*²³, která umožňuje i sdílenou organizaci poznámek více uživatelů. [80].

Dalším problémem je nedostatečná zpětná vazba. Doporučuje se mít vždy připravené nějaké funkční *demo*²⁴, které si kdokoli kdykoliv může vyzkoušet, zahrát a poskytnout zpětnou vazbu. Je důležité se dlouho nezdržovat realizováním a zlepšováním jednoho konkrétního nápadu. Pokud určitá věc vypadá špatně nebo nefunguje jak má, občas je lepší si to přiznat, neztrácet tím čas a posunout se dál, nebo zkusit něco jiného [80].

Nakonec je nejdůležitější a nejtěžší hru dokončit. Může být těžké se oprostit od dalších nápadů, které mohou být už zbytečné. Pokud si vývojář na začátku neudělal řádný plán nebo rozvrh, může pro něj být velmi obtížné vědět kdy přestat přidávat nové funkce. Posledních 10 % vývoje bývá mnohem více vyčerpávajících a náročnějších, než první polovina projektu. Udržet si stálou pracovní produktivitu a motivaci může být ke konci vývoje ještě náročnější. Při jejich ztrátě hrozí nedokončení a opuštění projektu, a může se vytvořit touha začít úplně novou hru [80, 82].

3.5 Jednoduché a dostupné programy pro nezávislé vývojáře

V případě jednotlivce či malých vývojářských týmů, musí daní lidé ovládat širokou škálu schopností, především schopnost se učit novým věcem. Z takových lidí se pak mohou stát programátoři, modeláři, animátoři, herci, hudební skladatelé, herní designéři, a to vše najednou. Tato kapitola představí různé typy zdarma dostupných a jednoduchých aplikací, které mohou být ideální pro začínající herní vývojáře, kteří nemají motivaci ani peníze se věnovat podrobněji konkrétním odvětvím tvorby videoher.

3.5.1 Godot Engine

Godot Engine [75] je *open-source*²⁵ engine, který byl vydán pod *MIT licenci*²⁶ na *GitHubu*²⁷ 10. února 2014. To ho činí relativně novým ve srovnání s populárními herními enginey, jako je Unity(2005) [76] a Unreal Engine(1998) [77]. Godot Engine podporuje exportování pro různé platformy a usnadňuje vývoj 2D a 3D her [85, 75].

²³ *Trello* je nástroj pro správu projektů. Využívá nástěnky a karty pro jednoduchou organizaci úkolů. Intuitivně a snadně umožňuje spolupráci v týmu [83].

²⁴ *demo* nebo také *demoverze* označuje demonstrovatelnou verzi hry, kterou vývojáři poskytují hráčům ke stažení nebo vyzkoušení, většinou před oficiálním vydání plné verze hry. Snaží se upoutat hráče krátkou bezplatnou ukázkou hry, podobně jako *trailer* u filmu. Demo může posloužit jako rozhodující faktor při uvažování o zakoupení hry.

²⁵ *open-source* znamená, že je zdrojový kód daného softwaru kompletně veřejně dostupný. Dále umožňuje případné úpravy a sdílení modifikací s komunitou.

²⁶ *MIT license* je open-source licence, která umožňuje uživatelům volně používat, upravovat, a distribuovat daný software. Je známá svou jednoduchostí a flexibilitou, což umožňuje široké využití v různých projektech.

²⁷ *GitHub* je webová platforma, která se využívá pro správu verzí a umožňuje pohodlnou spolupráci na softwarových projektech. Vývojáři na ní mohou jednoduše sledovat změny v kódu, zakládat a vlastnit své projekty v repozitářích a přidávat návrhy změn cizím projektům [84].

Videohry lze exportovat pro PC, mobilní zařízení nebo webové platformy. Godot má svůj speciální programovací jazyk, který se nazývá „GDScript“. Godot Engine také oficiálně podporuje jazyk C# a obsahuje GDNative technologii, která umožňuje vytvářet vazby na jiné jazyky. Díky tomu jsou oficiálně podporované i C a C++. Další jazyky, jako například Python, Rust a Kotlin, jsou podporované pouze neoficiální komunitou [85, 75].

I když je Unity stále nejvíce používaným herním enginem v sektoru nezávislých videoher, Julian Holfeld ve své studii [85] dokazuje, že popularita Godot Enginu se neustále zvyšuje a počet nově vydaných Unity her oproti konkurenci klesá. Na platformě Steam se Godot umístil jako šestý nejpoužívanější herní engine. Dále se stal v posledních letech druhým nejpoužívanějším enginem v *GMTK Game Jamu*²⁸ a třetím nejpoužívanějším na platformně *itch.io*²⁹.

3.5.2 Blender

Ton Roosendaal v roce 2002 založil nezávislou veřejně prospěšnou organizaci s názvem *Blender Foundation*. Blender [88] je bezplatný *open-source*²⁵ nástroj pro tvorbu 3D grafiky. Podporuje celý vývojový proces: modelování, rigování animací, animace, simulace, renderování, motion tracking (sledování pohybu), střih videa, tvorba her. Tento sjednocený vývojový proces je vhodný pro jednotlivce a malá studia [88].

Blender je multiplatformní a běží stejně dobře na počítačích s Linuxem, Windows i Macintosh. Jeho rozhraní využívá *OpenGL* k poskytnutí konzistentního zážitku. Blender existuje díky jeho bohaté komunitě a pod licencí GNU General Public License má veřejnost pravomoc provádět malé i velké změny v kódu, což vede k novým funkcím, rychlým opravám chyb a k všemožným vylepšením [88].

3.5.3 Audacity

Audacity [89] je jeden z nejpoužívanějších bezplatných programů pro nahrávání a úpravu zvuku. Je ideálním nástrojem pro lidi, kteří potřebují rychle, efektivně a jednoduše upravit nebo exportovat audio. Audacity je *open-source*²⁵ a zcela zdarma pro všechny pod licencí GNU General Public License [89].

Audacity poskytuje tvůrcům možnost nahrávat živě pomocí mikrofону, či importovat již vytvořené nahrávky. Po nahrání aplikace zobrazí jednotlivé zvukové stopy a uživatel může využít intuitivních nástrojů pro rychlou úpravu, včetně střihání, kopírování a plynulého mixování. Uživatelé mohou také izolovat nebo potlačit vokály, přidávat různé efekty jako zkreslení nebo ozvěnu. Import a export probíhají v různých formátech, včetně mp3, m4a, AIFF, FLAC, WAV. Díky tomu program umožňuje snadno kombinovat klipy z různých zdrojů do jednoho projektu [89].

3.5.4 LMMS

LMMS [90] patří do rodiny DAWS (digital audio workstations). Jedná se o program, který slouží jako generátor zvuků, syntezátor, editor beatů a MIDI ovladač. Díky tomu se dá

²⁸ *GMTK Game Jam* je každoroční „game jam“ již od roku 2017, pořádaný YouTube kanálem *Game Maker's Toolkit* [86]. Tato akce probíhá na platformně *itch.io* [87] a vyzývá vývojáře k vytvoření originálních her na dané téma. Na vytvoření celé hry mají omezený čas, obvykle 48 hodin. Téma her je vyhlášeno na začátku události a klade důraz na kreativitu a herní design.

²⁹ *itch.io* je online platforma zaměřená na bezplatnou distribuci a podporu nezávislých videoher. Poskytuje vývojářům distribuovat a prodávat své hry přímo uživatelům, a to zcela zdarma, bez jakéhokoliv poplatku [87].

v programu bez problému skládat, upravovat a vytvářet hudba i krátké zvukové efekty. LMMS je zcela zdarma a *open-source*²⁵. Aplikace je multiplatformní a běží kromě Linuxu i na Windows a macOS [90].

LMMS má alespoň v principu mnoho společného s podobnými výkonnými audio programy, jako je například Apple Garage Band, FL Studio (dříve Fruity Loops), Logic Studio, Beat Machine Pro. Pokud jde o schopnosti, LMMS se snadno vyrovná profesionálním softwarům dostupným v nižší a střední cenové třídě, což z něj činí skvělý nástroj pro úvod do audioprodukce. Dále je nutné zmínit, že LMMS je neustále vyvíjen a zlepšován [90].

3.5.5 MagicaVoxel

MagicaVoxel [91] je 3D grafický editor, který se zaměřuje na tvorbu voxelové grafiky. Tento program se stal oblíbeným nástrojem pro mnoho umělců a tvůrců her. MagicaVoxel umožňuje uživatelům jednoduše a intuitivně vytvářet 3D modely pomocí jednotlivých voxelů (kostiček), což jsou „pixely“ v trojrozměrném prostoru. Program je dostupný kompletně zdarma, ale jeho zdrojový kód není veřejně k dispozici [91].

Přestože je program MagicaVoxel zdarma, dokáže v nějakých aspektech obstojně konkurovat i placeným alternativám, jako je například *Qubicle* [92, 93].

4 Dokumentace vývoje vlastní videohry pro virtuální realitu

Tato kapitola se zaměřuje na návrh a implementaci vlastní videohry. Hra je vytvořena pro virtuální realitu s důrazem na jednoduchost a dostupnost z hlediska vývojového procesu.

4.1 Využívané programy a aplikace

Pro hlavní vývoj této hry je zvolen videoherní engine Godot (viz kapitola 3.5.1), který přímo vyniká svou jednoduchostí a dostupností. V programu Godot Engine jsou vytvořeny veškeré scény, animace a je v něm naprogramovaná logika hry v jazyce GDScript. Engine se stará o plynulý běh spuštěné hry, což zahrnuje zejména efektivní zobrazování grafiky, správu fyzikálních simulací a interakci s hráčem.

Kromě Godot Engine jsou použity i další dva klíčové programy. Prvním z nich je MagicaVoxel (viz kapitola 3.5.5). V něm jsou vytvořeny téměř všechny 3D modely, které hra obsahuje. Několik primitivních modelů je vytvořeno přímo v editoru Godot Engine.

Posledním klíčovým programem je LMMS (viz kapitola 3.5.4), díky kterému je uměle vytvořena a složena většina zvukových efektů, včetně hudby. Zbylé vlastní nahrávky jsou upraveny v programu Audacity (viz kapitola 3.5.3). Dále je používán pomocný program Trello²³, ten podporuje přehledný vývoj celé videohry. V programu Trello se organizují převážně nápady, úkoly, různé potřebné opravy projektu, ale také pokrok a celkový stav.

4.2 Výběr žánru a vhodných herních mechanismů

Hlavní inspirací pro tuto hru je žánr roguelike³⁰ a konkrétně videohra Vampire Survivors [94]. Ta představuje jednoduchý, ale velmi návykový a odměňující herní zážitek, ve kterém hráč čelí neustálé hordě nepřátel, která se k němu přibližuje. Za eliminování nepřátel ve Vampire Survivors hráč sbírá zkušenosti a když dosáhne nové úrovně, má na výběr z několika náhodných vylepšení, díky kterým je eliminace nepřátel snazší. Pokud hráč zemře, tak ztrácí všechnen postup hry a musí začít od znova. Díky již zmíněné náhodě a rozmanitosti vylepšení si hra tímto skvěle drží svou zábavu a repetitivnost³¹. Za zmínku stojí, že na první pohled Vampire Survivors nevykuká svou grafickou stránkou, nepřátelé jsou pouze 2D pixelartové³² postavy, které nemají žádné animace. Hra nemá ani žádný příběh.

Zmíněné herní mechanismy z Vampire Survivors se tento projekt snaží replikovat. V kombinaci s virtuální realitou je tento žánr velmi vhodný, především díky své jednoduchosti. Díky němu hra obsahuje jednoduché intuitivní ovládání a nízké časové závaznosti jednotlivých *běhů* hry. Jedním *během* hry je myšlena ta část hry, počínaje okamžikem, kdy hráč v menu vybere možnost započatí hry a končí ve chvíli, kdy hráč prohrává a vrací se zpět do menu. Dále může být pro hráče přívětivé, že nemusí vnímat žádný příběh a nemusí se učit složité kombinace ovládání. Díky krátké časové náročnosti je hra vhodná i pro jedince, kteří jsou více náchylní ke kinetóze či kybernetické nevolnosti (viz kapitola 2.3.1). Kybernetická nevolnost je nadále potlačována mechanikou, díky které má hráč možnost celou hru pouze stát či sedět na místě, bez nutnosti se pohybovat, a to jak v reálném životě, tak i virtuálně ve hře. Nakonec je v menu možnost zakázat tři ze čtyř stran, ze kterých se nepřátelé mohou

³⁰ *Roguelike* je videoherní žánr, který se charakterizuje svými procedurálně generovanými úrovněmi a permanentní smrtí, což zajišťuje jedinečný herní zážitek pokaždé, co je hra spuštěna.

³¹ *Repetitivnost* v herním kontextu označuje opakující se prvky nebo úkony, které hráč musí provádět během hraní. Správně navržená repetitivnost podporuje znovu hratelnost a zlepšování dovedností hráče.

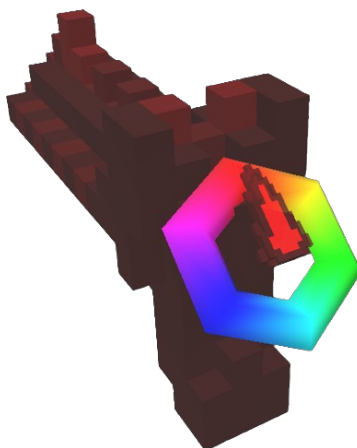
³² *Pixelart* je forma grafického umění, která využívá jednotlivé pixely k vytvoření obrázků s malým rozlišením.

objevovat. Díky tomu se hráč nemusí rozhlížet na všechny čtyři strany, ale stačí mu pohlížet jedním směrem v úhlu devadesáti stupňů.

Když hráč poprvé vstoupí do hry, zobrazí se mu základní návod k ovládní ve formě nepřehlédnutelného nápisu, který se skládá z textu a ikoněk příslušných ovládacích tlačítek ovladače. Návod po hráči požaduje, aby si vyzkoušel tlačítka, kterými ve hře vybírá barvu zbraně, střílí ze zbraně a pohybuje se v 3D prostoru. Návod zmizí až tehdy, když všechny dané úkoly postupně provede. Ikony tlačítek jsou staženy z veřejně dostupného zdroje[95], jehož autorem je již zmíněný Nicolae Berbece²².

4.3 Hratelnost a zábavné aspekty

Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, hráč ve hře čelí neustálé hordě přibližujících se nepřátel. Tyto nepřátele zneškodňuje pomocí střel ze dvou pistolí, které ovládá každou rukou zvlášť. Aby hra nebyla příliš jednoduchá a nudná, každý nepřítel má náhodně vygenerovanou barvu. Hráč má za úkol na své pistoli vybrat co nejpodobnější odstín barvy nepřítel. Barvu si vybírá pomocí joysticku na ovladači, kterým ovládá výběrací ukazatel barvy ve hře, viz obrázek č. 12. Následně zmáčknutím tlačítka spouště ze zbraně vystřelí barevnou střelu, odpovídající vybrané barvě. Čím méně se barva střely a zasaženého nepřítel liší, tím více životů se nepříteli ubere.



Obrázek 12: **Pistole**, která má vybranou červenou barvu. (zdroj: autor)

Za každého eliminovaného nepřítel hráč získává jeden bod zkušenosti. Počet aktuálních zkušeností a zkušeností potřebných do další úrovně je znázorněn pomocí ukazatele, který se nachází v horní části obrazovky. Pokud hráč nasbírá dostatek zkušeností, hra se zastaví, nepřátele se přestanou hýbat, vystřelené střely se od nepřátel začnou odrážet a před hráčem se objeví dvě náhodně vybrané vylepšení. Po zvolení jednoho z vylepšení hra pokračuje. Tyto vylepšení balancuje mechanismus, který způsobuje, že nepřátele jsou silnější s každým novým zrozeným nepřítel. Tímto stylem hra pokračuje do chvíle, kdy hráč nedokáže hordě nepřátel odporovat. Pokud se nepřítel dostane příliš blízko, hráči se ubere jeden život. Počet hráčových životů je znázorněn mlhou, která je všude kolem. Čím méně má životů, tím více je mlha hustší a jeho schopnost vidět do dálky omezenější.

Hráč se může takticky pohybovat po střeše mrakodrapu, jak uzná za vhodné. Pohyb mu je umožněn držením tlačítka „grip“ na jakémkoliv z ovladačů a následným pohybem příslušného ovladače. Hráč se takto může pohybovat pouze po horizontální rovině. Umístění

pohybu na tomto tlačítku je sice nestandardní, ale umožňuje při tom plně využívat obou joysticků a ostatních tlačítek. Pohyb tímto způsobem může vyvolávat nevolnost, ale zároveň kopíruje přesné pohyby hráče v realitě, které jsou následně ve hře vynásobené deseti. Pohyb připomíná pocit, že hráč hýbe se vším kolem sebe.

Názvy a popisy všech vylepšení, které hráč může náhodně obdržet při dosažení nových úrovní, jsou následující:

- *Frostbite* – drasticky zpomalí pohyb všech existujících nepřátel
- *HP Booster* – zvýší maximální počet životů hráče
- *Velocity Upgrade* – zvýší rychlost a dostřel střel
- *Rapid Fire* – způsobí, že zbraň začnou samy rapidně střílet po dobu několika sekund
- *Shotgun* – nahradí aktuální zbraň v dané ruce brokovnicí, která střílí místo jedné střely tři
- *Charge gun* – nahradí aktuální zbraň v dané ruce nabíjecí zbraní, která při držení spouště nabíjí postupně střely a při puštění spouště je následně všechny rychle za sebou vystřelí.

Ovládání menu a výběr vylepšení probíhá podobným stylem, jako eliminace nepřátel. Jednotlivé ovládací prvky jsou ve tvaru 3D objektů, mají svou barvu a k jejich aktivaci dojde ve chvíli, kdy do nich hráč udělí dostatečné poškození. Poškození uděluje střelením jakýchkoli barev, ale barvy s podobnějším odstínem způsobují větší poškození.



Obrázek 13: Snímek ze hry, kdy hráč dosáhl **nové úrovně**. (zdroj: autor)

4.4 Umělecký design

Příběh záměrně neexistuje a ve srovnání s realitou je hra značně nereálná. Vše se odehrává na střeše mrakodrapu, kde se hráč snaží přežít nezastavitelnou invazi barevných mývalů, kteří se s každým dalším zrozeným mývalem zrychlují a zvětšují.

4.4.1 Grafický styl a estetika herního světa

V celé hře se nachází hustá mlha, která mimo jiné může vytvářet pocit nevědomosti a strachu, ale především je použita z důvodu optimalizace a jednoduchosti scény. Díky ní se ve světě nemusejí nacházet objekty v dálce ani žádná obloha či zem.

3D modely ve hře využívají voxelartového stylu. Každý voxelartový 3D model byl vytvořen v programu MagicaVoxel (viz kapitola 3.5.5). Seznam všech použitých modelů, které byly vytvořeny v programu MagicaVoxel:

- Budovy – 2 typy mrakodrapů
- Zbraně – 3 typy zbraní (Pistol, Shotgun, Charge gun)
- Ukazatel určující barvu zbraně
- Střela ze zbraně
- Nepřítel – 1 model mývala (viz obrázek č. 14)
- Ovládací krychle – 8 typů krychlí (Play, Exit, Frostbite, HP Booster, Velocity Upgrade, Rapid Fire, Krychle nastavující výskyt nepřátel z různých stran – on/off)



Obrázek 14: **Model mývala** vykreslený v programu MagicaVoxel. (zdroj: autor)

Zbylé modely jsou vytvořeny přímo v editoru Godot Engine. To zahrnuje 3D modely částicových efektů. Ty jsou použity při eliminaci nepřátel a u letících střel. Jedná se pouze o primitivní krychle.

Font veškerého textu, který se ve hře nachází (nadpisy ovládacích krychlí, ukazatelé skóre na boku mrakodrapu, nápis *LEVEL UP!* a návod při startu hry) byl stažen ze zdarma přístupného zdroje [96] a následně aplikován na dané objekty v Godot Engine.

4.4.2 Hudba a zvukové efekty

Většina zvukových efektů, včetně hudby, je uměle vytvořena a složena v programu LMMS (viz kapitola 3.5.4). Zbylé efekty byly nahrány na mikrofon mobilního zařízení. Hlasovým hercem zvukových efektů je pes Filip, který při nahrávání strážil svoji hračku pro psa. Díky němu vznikl zvukový efekt „Pokousání od nepřítele“. Nahráný zvuk byl před použitím ořezán a upraven v programu Audacity (viz kapitola 3.5.3). Seznam všech zvuků je následovný:

- Zasažení nepřítele
- Výstřel ze zbraně
- Pokousání od nepřítele

4.5 Technické zpracování herních mechanismů

Tato kapitola rozebere veškerou logiku a design, který stojí za funkčností samotné hry z technického hlediska. Podrobně vysvětlí jednotlivou skladbu scén a jejich naprogramování v jazyce GDScript.

4.5.1 Inicializace virtuální reality

Připojení k virtuální realitě probíhá skrz vestavěnou třídu Godot Engine, s názvem *XRServer*. Ke komunikaci se zařízením se využívá open-source standard *OpenXR*. Tato inicializace VR rozhraní se provede při startu hry a zajistí, že kamera typu *XRCamera3D* a dva ovladače typu *XRController3D* komunikují a přenášejí pohyb z reálného do virtuálního světa. U ovladačů je poté nastaveno, zda se jedná o levou nebo pravou ruku.

4.5.2 Barvy

Hlavní mechanika hry se pohybuje kolem systému vybírání vhodných barev. K tomu využívá barevného modelu HSV (Hue, Saturation, Value). Tento model je ideální kvůli svému parametru „Hue“, který určuje odstín barvy v kruhu 360°, kde hodnoty 0 a 359 jsou rovny červené barvě. Mezi těmito hodnotami se nachází všechny ostatní požadované barvy spektra. Díky této jedné hodnotě se výpočty rozdílů v podobě barev počítají velmi pohodlně.

Jako pomůcka hráči k výběru barvy slouží barevný torus, který je připevněn na zadní části zbraně. Ten je zcela vygenerován přímo v editoru Godot. Ve scéně je zbrani přidán „child node“ typu *MeshInstance3D*. V tom je nastaven nový *TorusMesh* s požadovanými parametry určující jeho členění a velikost. Následně je přiřazen materiál s texturou, na které je aplikován gradient základních šesti barev „Hue“ spektra.

4.5.3 Pohyb hráče

Pohyb hráče probíhá následujícím způsobem. Při zaznamenání tlačítka „grip“ se zavolá funkce, která zkontroluje, zda již nějaké tlačítko „grip“ není zmáčknuto. Pokud je tlačítko drženo, každý další snímek se počítá nová pozice hráče. Nakonec se ověří, zda se nová pozice nenachází mimo střechu mrakodrapu a popřípadě hráče nepřesune.

Citlivost detekování zmáčknutí tlačítka „grip“ je vyladěna tak, aby lépe odpovídala úmyslu hráče. Dále je způsob implementován tak, že hráč může držet obě tlačítka na ovlá-

dačích současně. V tom případě tlačítko, které bylo zmáčknuto později, začne působit až ve chvíli, kdy je první tlačítko uvolněno.

4.5.4 Ovládací krychle

Ovládací krychle slouží jako uživatelské rozhraní, díky kterým hráč ovládá různé stavy hry. Všechny instance krychle obsahují program, který jim přiřazuje podle jména jejich barvu, model a celkovou funkčnost při kontaktu se střelou. Pro zachování konzistence herního mechanismu se krychle při kontaktu se střelou chovají podobně jako nepřátelé. Každá krychle má svůj počet životů, který se při kolizi s projektilem zbraně snižuje, na základě shody barvy s danou střelou. Při snížení životů se přepočítá barva krychle a snižuje se její sytost. Přesná hodnota závisí na poměru zbylých a maximálních životů krychle.

4.5.5 Menu

Hlavní menu hry se zobrazí hned po zapnutí hry. Zde se nachází dohromady pět ovládacích krychlí. Největší krychle s nápisem „PLAY!“ při aktivaci zapne samotnou hru a odstraní všechny zbylé instance ovládacích krychlí. Kolem největší krychle se nacházejí další tři, které nastavují výskyt nepřátel z daných stran. Nakonec je vpravo nahoře krychle s nápisem „Exit Game“, která při aktivaci hru ukončí.



Obrázek 15: Hlavní menu a počítadlo skóre (v pozadí). (zdroj: autor)

Dále se ve hře nachází *level up* menu, to se zobrazí ve chvíli, kdy hráč dosáhne nové úrovně. Menu se skládá z animovaného nápisu „LEVEL UP!“ a dvou ovládacích krychlí s vylepšeními. Jednotlivé části tohoto menu jsou předvytvoreny v editoru a uloženy do samostatné scény. Celá tato scéna je poté přidána prostřednictvím hráče, tím zdědí jeho pozici i rotaci a díky tomu se zobrazí přímo před kamerou hráče. Hned poté se scéna osamostatní a stane se nezávislou vůči pohybům hráče.

Seznam možných typů vylepšení je sepsán v jednoduchém poli, ze kterého jsou náhodně vybrány vylepšení, které se hráči objeví. Nikdy se nemůžou zobrazit dvě stejné vylepšení v jeden čas. V okamžiku, kdy je hráčem vybrána zbraň, se daná zbraň z pole odstraní a tím se mu již nikdy nemůže objevit.

4.5.6 Nepřítel

Systém přidávání nepřátel do scény je realizován pomocí *Path3D* a *PathFollow3D*. V *Path3D* je nastaveno pět bodů, které obkreslují hrany mrakodrapu. *PathFollow3D* následně slouží jako funkce, která podle parametru *Progress* převádí délku v metrech na 3D pozici ve světě. Ta určuje, kde konkrétně se má nepřítel objevit. Parametr *Progress* je určen náhodně a díky čtvercovému výskytu nepřátel je počítán po čtvrtinách. V poslední řadě jsou zakázány ty čtvrtiny, které by odpovídali zakázané hraně.

Parametr „*hue*“ je u barvy nepřítele při jeho zrození náhodný. Při zásahu střelou jeho barva snižuje sytost na základě životů, stejně jako u ovládací krychle. Čím méně má nepřítel životů, tím je pomalejší.

Obtížnost nepřátel se časem zvyšuje, má ji na starost proměnná, která nese na začátku hry hodnotu 0,5. Za každého zrozeného nepřítele se poté zvýší o dvě desetiny. Tato proměnná se následně násobí s minimálním a maximálním počtem životů nepřítele a mezi tímto rozsahem se určí jeho náhodný počet životů. Tento násobič obtížnosti také vynásobí rychlost pohybu nepřítele. Čím více má nepřítel životů, tím větší je.

4.5.7 Animace

Přímo v Godot Enginu se nachází velmi užitečný a silný nástroj animací. Ten velice ulehčuje práci především díky tomu, že dokáže animovat v podstatě vše. Ve hře se vyskytuje hned několik animací, které tento nástroj využívají.

Animace, která má na starost zrod nepřítele, se provádí hned poté, co je nepřítel přidán do hlavní scény. Snaží se o přirozený pohyb modelu mývala, který vylézá na střechu mrakodrapu.

Druhá animace nepřítele se přehraje při jeho smrti a na konci animace uvolní instanci nepřítele ze scény. Výhodou použití animací je, že se nemusí v kódu složitě počítat jaký čas se má počkat na konec animace a poté až volat funkce v kódu. Ale jednoduše se dají volání i více rozdílných funkcí nastavit přehledně na časové ose.

Další využití animací je v nápisu „*LEVEL UP!*“. Nápis má definovaných šest barev, mezi kterými v čase několika sekund mění svou vlastnost, která má na starost barvu ohraničení textu.

Poslední předdefinovanou animací je animace výstřelu, která má za úkol přirozeně pohnout se zbraní v případě stisknutí spouště pistole. Tato animace může být problémová ve chvíli, kdy hráč vystřelí znovu a dříve, než se předchozí animace výstřelu stihla dokončit. To je ošetřeno jednoduchou podmínkou, která před přehráním animace zkontroluje, zda se předchozí animace stále nepřehrává. Pokud ano, předchozí animace se nejdříve zastaví a poté se od začátku začne přehrávat znovu.

Většina animací má také hodnotu, díky které se dá ovlivnit, jak rychle se bude daná hodnota v daném bodě měnit.

Animace lze také upravovat kódem, ještě před spuštěním. Může být užitečné takto upravit ty animace, jejichž hodnoty se mění a můžou být vždy různé. Tento způsob využívá animace na změnu hustoty mlhy, ve které se hodnota mění na základě maximálních a současných životů hráče.

4.5.8 Budovy a podlaha

Všechny mrakodrapy kolem hráče se skládají ze dvou unikátních modelů, které jsou dále nakopírovány. Každý model mrakodrapu má kvůli optimalizaci vymodelované pouze dvě strany.

Textura podlahy, po které se hráč může pohybovat, je vygenerována přímo v Godotu díky technice šumu, neboli *noise*. Parametry generace šumu byly nastaveny tak, aby textura připomínala náhodné obrazce různě velkých skvrn, které mají pixelovou strukturu v odstínech šedé barvy. Následně je textura nastavena k materiálu, který je přiřazen k objektu typu *MeshInstance3D*.

Jak již bylo zmíněno, ve hře se nachází mlha. Ta je docílena kombinacemi technik *fog* a *volumetric fog*. Tyto techniky jsou nastaveny v objektu typu *WorldEnvironment* a následně upravovány a animovány v kódu.

4.5.9 Ukládání hry

Hra automaticky ukládá skóre a nastavení. Do skóre se počítá celkový počet eliminovaných nepřátel se způsobeným poškozením. Následně se ještě rozděluje na celkové skóre za všechny čas hraní i z předchozích her a skóre za pouze poslední pokus.

Tyto čtyři hodnoty jsou ve hře zobrazeny na jednom z mrakodrapů, který je umístěn nejbližší. Díky tomu hráč může pohodlně zjistit, jaké má skóre a zároveň nápis zapadá do estetiky světa.

5 Shrnutí a diskuze výsledků

5.1 Testování hry

Testování hry probíhalo na PC, do kterého bylo připojeno zařízení virtuální reality. Je nutné podotknout, že funkčnost videohry byla testována pouze na operačním systému Windows a zařízením virtuální reality „Pico 4“, za použití bezplatné aplikace *SteamVR* [97]. Funkčnost hry na jiných VR zařízeních není zaručena, ale ani vyloučena.

Připojení PC a zařízení VR bylo uskutečněno převážně využitím aplikace *Virtual Desktop* [98]. Počítač byl připojen síťovým kabelem do směrovače, jenž vysílal 5 GHz Wi-Fi, na kterou bylo bezdrátově připojeno zařízení „Pico 4“. Latence komunikace byla přijatelná a pohybovala se v řádech desítek milisekund.

Při používání již zmíněné aplikace *Virtual Desktop* bylo testování hry efektivní, pohodlné a především nezvyklé. Vývojář mohl mít nasazené zařízení VR a zároveň vidět virtuálně plochu počítače, které mohl upravovat velikost a vzdálenost v prostoru. Dále měl umožněno vidět vše kolem v místnosti, včetně svých rukou a klávesnice, v reálném čase. To umožnilo rychlé přepínání mezi testováním hry a upravováním kódu.

Je nutné podotknout, že aplikace *Virtual Desktop* není zdarma a tudíž její používání porušuje zadání. Byla ovšem použita pouze pro jednodušší testování z hlediska připojení k PC. Žádný fyzický obsah do hry nepřidala a pro vznik hry nemusela být vůbec použita.

5.2 Problémy při vývojovém procesu

Návrh některých prvků nebyl před vývojem dostatečně promyšlen. Samotná mechanika odemykání vylepšení se nejdříve nacházela přímo v hlavním menu. Proto nesou určité scény a objekty pojmenování, které nejsou v kontextu jejich umístění a účelu smysluplné.

Projekt byl během vývoje několikrát testován nezávislými dobrovolníky. Celý testovací proces byl pozorován. Nejčastějším problémem byl návod hry, který se zobrazuje při zapnutí a zmizí až poté, co hráč splní dané úkoly. Tento návod lidé ignorovali a jeho nápis, který tam následně zůstával i během hry, zcela nevnímali. K vyřešení tohoto problému byl návod upraven tak, že hráči nedovoluje konat nic jiného, kromě aktuálního zadání.

5.3 Verze pro operační systém Android

Před koncem vývoje proběhl export pro operační systém *Android*, jehož výstupem byl balíček typu *Android APK*, který byl následně nainstalován přímo na zařízení „Pico 4“. Na úspěšný export bylo potřeba více úsilí, než bylo předpokládáno. Nastaly komplikace ohledně několika nesprávných verzí *Javy* a nekompatibilní verze balíčku *Android*, který umožňoval celý export. Po úspěšném exportu a instalaci měla hra, běžící přímo v zařízení VR, značné nedostatky. Různé grafické prvky, včetně mlhy kompletně chyběly a mačkání tlačítek ovladačů nemělo žádný účinek. Tento výsledek nebyl překvapující.

Z toho vyplývá, že nemusí být vhodné exportovat stejnou verzi hry na více platform současně, bez nutnosti provedení značných změn.

5.4 Kritika a návrh na zlepšení hry do budoucna

Projekt by mohl být do budoucna stále zdokonalován ve všech ohledech. Hra se v nynějším stavu může stát nudnou při delším či opakovaném hraní, neboť celý obsah hry lze objevit během dvaceti minut. To by šlo vyřešit přidáním více typů zbraní a vylepšení.

Hra byla otestována pouze na VR zařízení „Pico 4“. Bylo by vhodné hru otestovat i na ostatních zařízeních virtuální reality a popřípadě upravit kód hry, který by umožňoval podporu daného modelu. Následně by bylo vhodné zhotovit seznam, který by obsahoval pouze ta zařízení VR, na kterých hra zaručeně funguje.

Současná hra má pouze anglickou lokalizaci. Ačkoli se ve hře nenachází mnoho textu, některé uživatele to může odradit, či zklamat. To by se dalo vyřešit překladem hry do jiných jazyků.

5.5 Využití nástrojů umělé inteligence

Během výzkumu této práce byl využit nástroj umělé inteligence ChatGPT 3.5, který umožňoval efektivnější vyhledávání relevantních informací v předem poskytnutých částech textu. Pomáhal překládat cizí zdroje do českého jazyka a nabízel vhodná synonyma českých výrazů. Je nutné zdůraznit, že žádné použité informace nebyly generovány prostřednictvím nástroje umělé inteligence. Získaný výstup nebyl použit doslovně, ale byl důkladně zkontrolován a upraven dle kontextu.

6 Závěry a doporučení

Vyhotovený produkt³³ dodržel zadání, je plně funkční bez jakýchkoli technických problémů. Cílem práce bylo analyzovat proces vývoje videoher a technologie virtuální reality. Dále měla za úkol navrhnout a implementovat efektivní postup vývoje videohry pro virtuální realitu, za použití bezplatně dostupných a jednoduchých nástrojů.

Mimo dané cíle byl v rámci práce zkoumán význam videoher ve společnosti a byly analyzovány problémy a přínosy virtuální reality. V poslední řadě byly porovnány profesionální velká videoherní studia s nezávislými malými skupinami.

Videohra byla vyvinuta dle zadání, na základě předcházející analýzy, která poskytla obecné informace o videoherním průmyslu z hlediska hráče a herních vývojářů. Analýza nepopisuje konkrétní technické postupy, nýbrž poznatky z hlediska managementu a vývoje videoher obecně.

Získané poznatky z vývoje potvrzují, že většina doporučení, uvedená v kapitole 3.4, jsou skutečně účinná a přínosná pro praktické využití. Zaznamenávání nápadů a poznámek se prokázalo jako velmi užitečné. Většina nápadů na konkrétní implementaci, či vymyšlení kompletně nového herního prvku, vznikla ve volném čase, během provádění všedních činností. Nejčastěji při cestování vlakem a přemýšlení před spaním. Dále se potvrdilo, že posledních 10 % vývoje hry bylo vskutku mnohem náročnějších, než první polovina projektu.

Tato práce ukázala, že bezplatný vývoj videoher pro virtuální realitu je možný. Odhad složitosti procesu vývoje videoher není vždy přímočarý. Pozoruhodné však je, že i pouze mírně pokročilý herní vývojář dokáže implementovat nejrůznější videoherní prvky v rozumném časovém horizontu.

³³Celý zdrojový kód a další soubory tohoto projektu jsou veřejně přístupné na adrese: https://github.com/Majsek/Project_BC

Literatura

- [1] Larian Studios. Baldur's Gate 3 on Steam. Available from:
https://store.steampowered.com/app/1086940/Baldurs_Gate_3/
- [2] Games, P.; Media, O. Bejeweled 2 Deluxe on Steam. Available from:
https://store.steampowered.com/app/3300/Bejeweled_2_Deluxe/
- [3] Russoniello, C. V.; O'Connell, B.; Brien, K.; et al. EEG, HRV and Psychological Correlates while Playing Bejeweled II: A Randomized Controlled Study. In *Annual Review of Cybertherapy and Telemedicine 2009*, IOS Press, 2009, pp. 189–192, doi:10.3233/978-1-60750-017-9-189. Available from:
<https://ebooks.iospress.nl/doi/10.3233/978-1-60750-017-9-189>
- [4] Warner Bros. Games. Hogwarts Legacy on Steam. Available from:
https://store.steampowered.com/app/990080/Hogwarts_Legacy/
- [5] Druckmann, N.; Straley, B. The Last of Us. June 2013, IMDb ID: tt2140553 event-location: United States. Available from:
<https://www.imdb.com/title/tt2140553>
- [6] The Last of Us. Jan. 2023, IMDb ID: tt3581920 event-location: Canada, United States. Available from: <https://www.imdb.com/title/tt3581920/>
- [7] Dog, N. The Last of Us™ Part I. Available from:
<https://www.playstation.com/en-cz/games/the-last-of-us-part-i>
- [8] Meta. Meta Quest 3: New Mixed Reality VR Headset - Shop Now | Meta Store. Available from: <https://www.meta.com/quest/quest-3/>
- [9] Dodgson, N. Variation and extrema of human interpupillary distance. Jan. 2004, ISBN 978-0-8194-5194-1, pp. 36–46, doi:10.1117/12.529999.
- [10] Road to VR. Road to VR – Virtual Reality News. Apr. 2024. Available from:
<https://www.roadtovr.com/>
- [11] Corporation, V. Steam Store. Sept. 2003. Available from:
<https://store.steampowered.com/>
- [12] Valve Corporation. Half-Life: Alyx. Available from:
<https://www.half-life.com/en/alyx/>
- [13] Beat Games. Beat Saber on Steam. Available from:
https://store.steampowered.com/app/620980/Beat_Saber/
- [14] Gregory, J. *Game Engine Architecture, Third Edition*. CRC Press, July 2018, ISBN 978-1-351-97427-1, google-Books-ID: EwlpDwAAQBAJ.
- [15] Burgun, K. *Game Design Theory: A New Philosophy for Understanding Games*. CRC Press, Aug. 2012, ISBN 978-1-4665-5421-4, google-Books-ID: 8lbOBQAAQBAJ.
- [16] Koster, R. *Theory of Fun for Game Design*. O'Reilly Media, Incorporated, 2005, ISBN 978-1-932111-97-2, google-Books-ID: GQpQAAAAMAAJ.

- [17] Barron, C. Smithsonian museum explores the art of gaming. *Washington Post*, Apr. 2012, ISSN 0190-8286. Available from: https://www.washingtonpost.com/lifestyle/kidspost/smithsonian-museum-explores-the-art-of-gaming/2012/04/26/gIQAUGYsjT_story.html
- [18] Granic, I.; Lobel, A.; Engels, R. C. M. E. The benefits of playing video games. *American Psychologist*, volume 69, no. 1, 2014: pp. 66–78, ISSN 1935-990X, doi:10.1037/a0034857, place: US Publisher: American Psychological Association.
- [19] Entertainment Software Association. Essential facts about the computer and video game industry. 2012. Available from: https://danielrparente.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/06/esa_ef_2012.pdf
- [20] Entertainment, B. World of Warcraft. Aug. 2023. Available from: <https://worldofwarcraft.blizzard.com/en-us/>
- [21] Zynga. FarmVille 3. Available from: <https://farmville3.com/>
- [22] Ruggiero, T. E. Uses and Gratifications Theory in the 21st Century. *Mass Communication and Society*, volume 3, no. 1, Feb. 2000: pp. 3–37, ISSN 1520-5436, doi:10.1207/S15327825MCS0301_02, publisher: Routledge _eprint: https://doi.org/10.1207/S15327825MCS0301_02. Available from: https://doi.org/10.1207/S15327825MCS0301_02
- [23] Ryan, R. M.; Rigby, C. S.; Przybylski, A. The Motivational Pull of Video Games: A Self-Determination Theory Approach. *Motivation and Emotion*, volume 30, no. 4, Dec. 2006: pp. 344–360, ISSN 1573-6644, doi:10.1007/s11031-006-9051-8. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11031-006-9051-8>
- [24] FromSoftware, Inc. FromSoftware, Inc. Available from: <https://www.fromsoftware.jp/ww/>
- [25] Games, R. League of Legends. Available from: <https://www.leagueoflegends.com/cs-cz/>
- [26] Entertainment, D.; Nine, D. Life is Strange. Available from: <https://lifeisstrange.square-enix-games.com/>
- [27] Greitemeyer, T.; Mügge, D. O. Video Games Do Affect Social Outcomes: A Meta-Analytic Review of the Effects of Violent and Prosocial Video Game Play. *Personality and Social Psychology Bulletin*, volume 40, no. 5, May 2014: pp. 578–589, ISSN 0146-1672, doi:10.1177/0146167213520459, publisher: SAGE Publications Inc. Available from: <https://doi.org/10.1177/0146167213520459>
- [28] Ewoldsen, D. R.; Eno, C. A.; Okdie, B. M.; et al. Effect of Playing Violent Video Games Cooperatively or Competitively on Subsequent Cooperative Behavior. May 2012, doi:10.1089/cyber.2011.0308, archive Location: 140 Huguenot Street, 3rd Floor New Rochelle, NY 10801 USA Publisher: Mary Ann Liebert, Inc. 140 Huguenot Street, 3rd Floor New Rochelle, NY 10801 USA. Available from: <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/cyber.2011.0308>
- [29] Aarseth, E. Computer game studies, year one. Aug. 2001. Available from: <https://www.gamestudies.org/0101/editorial.html>

- [30] Borowiecki, K. J.; Prieto-Rodriguez, J. Video games playing: A substitute for cultural consumptions? *Journal of Cultural Economics*, volume 39, no. 3, Aug. 2015: pp. 239–258, ISSN 1573-6997, doi:10.1007/s10824-014-9229-y. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10824-014-9229-y>
- [31] Statista Market Insights. Video Games - Worldwide | Statista Market Forecast. Available from: <https://www.statista.com/outlook/dmo/digital-media/video-games/worldwide>
- [32] Ailolaiei, A. Academy Awards vs Game Awards Viewership: Are Video Games More Popular Than Cinema? Feb. 2023. Available from: https://www.cyberghostvpn.com/en_US/privacyhub/academy-vs-game-awards-viewership/
- [33] IBISWorld. IBISWorld - Industry Market Research, Reports, and Statistics. Available from: <https://www.ibisworld.com/default.aspx>
- [34] Academy of Motion Picture Arts and Sciences. Oscars.org | Academy of Motion Picture Arts and Sciences. Available from: <https://www.oscars.org/>
- [35] Henley, S. Please Stop Comparing The Oscars And The Game Awards. Dec. 2022, section: TheGamer Originals. Available from: <https://www.thegamer.com/oscars-the-game-awards-stop-comparing/>
- [36] Arcane: League of Legends. Nov. 2021, translated title: Arcane IMDb ID: tt11126994 event-location: United States, France.
- [37] Horvath, A.; Jelenic, M.; Leduc, P. The Super Mario Bros. Movie. Apr. 2023, IMDb ID: tt6718170 event-location: United States, Japan.
- [38] Fleischer, R. Uncharted. Feb. 2022, IMDb ID: tt1464335 event-location: Spain, United States.
- [39] Poketto monsutâ. Apr. 1997, translated title: Pokémon IMDb ID: tt0168366 event-location: Japan.
- [40] Tajiri, S. Poketto monsutâ aka. Oct. 1996, translated title: Pokémon: Red Version IMDb ID: tt0217733 event-location: Japan.
- [41] Tajiri, S. Poketto monsutâ ao. Oct. 1996, translated title: Pokémon: Blue Version IMDb ID: tt0217729 event-location: Japan.
- [42] Nesbitt, K.; Nalivaiko, E. Cybersickness. In *Encyclopedia of Computer Graphics and Games*, edited by N. Lee, Cham: Springer International Publishing, 2018, ISBN 978-3-319-08234-9, pp. 1–6, doi:10.1007/978-3-319-08234-9_252-1. Available from: https://doi.org/10.1007/978-3-319-08234-9_252-1
- [43] Ramaseri Chandra, A. N.; El Jamiy, F.; Reza, H. A Systematic Survey on Cybersickness in Virtual Environments. *Computers*, volume 11, no. 4, Apr. 2022: p. 51, ISSN 2073-431X, doi:10.3390/computers11040051, number: 4 Publisher: Multidisciplinary Digital Publishing Institute. Available from: <https://www.mdpi.com/2073-431X/11/4/51>

- [44] Evans, B. L. Simulation Sickness and VR - What is it, and what can developers and p. Apr. 2014, section: design. Available from: <https://www.gamedeveloper.com/design/simulation-sickness-and-vr---what-is-it-and-what-can-developers-and-players-do-to-reduce-it->
- [45] Era, P.; Sainio, P.; Koskinen, S.; et al. Postural Balance in a Random Sample of 7,979 Subjects Aged 30 Years and Over. *Gerontology*, volume 52, no. 4, July 2006: pp. 204–213, ISSN 0304-324X, doi:10.1159/000093652. Available from: <https://doi.org/10.1159/000093652>
- [46] Shafer, D.; Carbonara, C.; Korpi, M. Modern Virtual Reality Technology: Cybersickness, Sense of Presence, and Gender. *Media Psychology Review*, volume 11, Dec. 2017.
- [47] Stanney, K.; Fidopiastis, C.; Foster, L. Virtual Reality Is Sexist: But It Does Not Have to Be. *Frontiers in Robotics and AI*, volume 7, 2020, ISSN 2296-9144. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frobt.2020.00004>
- [48] Singer, G. Simula One’s Auto-IPD System. Nov. 2022. Available from: <https://simulavr.com/blog/simula-one-auto-ipd-adjustment/>
- [49] Stanney, K. M.; Hale, K. S.; Nahmens, I.; et al. What to Expect from Immersive Virtual Environment Exposure: Influences of Gender, Body Mass Index, and Past Experience. *Human Factors*, volume 45, no. 3, Sept. 2003: pp. 504–520, ISSN 0018-7208, doi:10.1518/hfes.45.3.504.27254, publisher: SAGE Publications Inc. Available from: <https://doi.org/10.1518/hfes.45.3.504.27254>
- [50] Saredakis, D.; Szpak, A.; Birkhead, B.; et al. Factors Associated With Virtual Reality Sickness in Head-Mounted Displays: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Human Neuroscience*, volume 14, 2020, ISSN 1662-5161. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2020.00096>
- [51] Sharples, S.; Cobb, S.; Moody, A.; et al. Virtual reality induced symptoms and effects (VRISE): Comparison of head mounted display (HMD), desktop and projection display systems. *Displays*, volume 29, no. 2, Mar. 2008: pp. 58–69, ISSN 0141-9382, doi:10.1016/j.displa.2007.09.005. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014193820700100X>
- [52] Mon-Williams, M.; Warm, J. P.; Rushton, S. Binocular vision in a virtual world: visual deficits following the wearing of a head-mounted display. *Ophthalmic and Physiological Optics*, volume 13, no. 4, 1993: pp. 387–391, ISSN 1475-1313, doi:10.1111/j.1475-1313.1993.tb00496.x, _eprint: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1475-1313.1993.tb00496.x>. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1475-1313.1993.tb00496.x>
- [53] Ng, A. K. T.; Chan, L. K. Y.; Lau, H. Y. K. A study of cybersickness and sensory conflict theory using a motion-coupled virtual reality system. *Displays*, volume 61, Jan. 2020: p. 101922, ISSN 0141-9382, doi:10.1016/j.displa.2019.08.004. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141938218300301>

- [54] Porcino, T. M.; Clua, E.; Trevisan, D.; et al. Minimizing cyber sickness in head mounted display systems: Design guidelines and applications. In *2017 IEEE 5th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, Apr. 2017, pp. 1–6, doi:10.1109/SeGAH.2017.7939283.
- [55] Kaimara, P.; Oikonomou, A.; Deliyannis, I. Could virtual reality applications pose real risks to children and adolescents? A systematic review of ethical issues and concerns. *Virtual Reality*, volume 26, no. 2, June 2022: pp. 697–735, ISSN 1434-9957, doi:10.1007/s10055-021-00563-w. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10055-021-00563-w>
- [56] Li, L.; Yu, F.; Shi, D.; et al. Application of virtual reality technology in clinical medicine. *American Journal of Translational Research*, volume 9, no. 9, Sept. 2017: pp. 3867–3880, ISSN 1943-8141. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5622235/>
- [57] Parmaxi, A. Virtual reality in language learning: a systematic review and implications for research and practice. *Interactive Learning Environments*, volume 31, May 2020: pp. 1–13, doi:10.1080/10494820.2020.1765392.
- [58] Villena-Taranilla, R.; Tirado-Olivares, S.; Cózar-Gutiérrez, R.; et al. Effects of virtual reality on learning outcomes in K-6 education: A meta-analysis. *Educational Research Review*, volume 35, Feb. 2022: p. 100434, ISSN 1747-938X, doi:10.1016/j.edurev.2022.100434. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1747938X22000033>
- [59] Bond, S.; Laddu, D. R.; Ozemek, C.; et al. Exergaming and Virtual Reality for Health: Implications for Cardiac Rehabilitation. *Current Problems in Cardiology*, volume 46, no. 3, Mar. 2021: p. 100472, ISSN 0146-2806, doi:10.1016/j.cpcardiol.2019.100472. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0146280619301458>
- [60] Cho, B.-H.; Kim, S.; Shin, D. I.; et al. Neurofeedback Training with Virtual Reality for Inattention and Impulsiveness. *CyberPsychology & Behavior*, volume 7, no. 5, Oct. 2004: pp. 519–526, ISSN 1094-9313, doi:10.1089/cpb.2004.7.519, publisher: Mary Ann Liebert, Inc., publishers. Available from: <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/cpb.2004.7.519>
- [61] Blume, F.; Hudak, J.; Dresler, T.; et al. NIRS-based neurofeedback training in a virtual reality classroom for children with attention-deficit/hyperactivity disorder: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, volume 18, no. 1, Jan. 2017: p. 41, ISSN 1745-6215, doi:10.1186/s13063-016-1769-3. Available from: <https://doi.org/10.1186/s13063-016-1769-3>
- [62] Kim, S.; Ryu, J.; Choi, Y.; et al. Eye-Contact Game Using Mixed Reality for the Treatment of Children With Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *IEEE Access*, volume 8, 2020: pp. 45996–46006, ISSN 2169-3536, doi:10.1109/ACCESS.2020.2977688, conference Name: IEEE Access. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9020179>
- [63] Foxman, M.; Leith, A. P.; Beyea, D.; et al. Virtual Reality Genres: Comparing Preferences in Immersive Experiences and Games. In *Extended Abstracts of the 2020*

- Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play*, Virtual Event Canada: ACM, Nov. 2020, ISBN 978-1-4503-7587-0, pp. 237–241, doi:10.1145/3383668.3419881. Available from: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3383668.3419881>
- [64] Half-Life: Alyx. Mar. 2020, IMDb ID: tt11321196 event-location: United States. Available from: <https://half-life.com/en/alyx/>
- [65] Princ, Z. Half-Life: Alyx Recenze » Vortex. Technical report, Mar. 2020. Available from: <https://www.vortex.cz/recenze-half-life-alyx/>
- [66] Strnad, P. Half-Life: Alyx - Recenze na INDIAN. Technical report, Mar. 2020. Available from: <https://indian-tv.cz/recenze/half-life-alyx-prinasi-revoluci-ve-vr-a-navrat-serie-xisjb0>
- [67] Stapleton, D. Half-Life: Alyx Review IGN. Technical report, Mar. 2020. Available from: <https://www.ign.com/articles/half-life-alyx-review>
- [68] Games, B. Beat Saber. May 2018, IMDb ID: tt9327842 event-location: Czech Republic. Available from: <https://beatsaber.com/>
- [69] Krečová, T. Beat Saber - Recenze na INDIAN. Technical report, June 2019. Available from: <https://indian-tv.cz/recenze/beat-saber-dajurt>
- [70] Stapleton, D. Beat Saber Review IGN. Technical report, May 2019. Available from: <https://www.ign.com/articles/2019/05/28/beat-saber-review>
- [71] GameCentral. Beat Saber review – Darth Vader disco. Technical report, Nov. 2018, section: Entertainment. Available from: <https://metro.co.uk/2018/11/26/beat-saber-review-darth-vader-disco-8176993/>
- [72] Ilavský, J.; Hrinčár, V. Hyperbolic Magnetism. Available from: <http://www.hyperbolicmagnetism.com/>
- [73] Ilavský, J. Vortex #34 | Ján Ilavský povídá o svém hitu Beat Saber a hodnotíme Donkey Konga - YouTube. May 2018. Available from: https://www.youtube.com/watch?v=9CA5hE0z-FY&ab_channel=Vortex
- [74] Gregory, J. *Game Engine Architecture*. A K Peters/CRC Press, first edition, June 2009.
- [75] Linietsky, J.; Manzur, A.; Community, G. Godot Engine - Free and open source 2D and 3D game engine. Available from: <https://godotengine.org/>
- [76] Technologies, U. Unity Real-Time Development Platform | 3D, 2D, VR & AR Engine. Available from: <https://unity.com>
- [77] Games, E. Unreal Engine | The most powerful real-time 3D creation tool. Available from: <https://www.unrealengine.com/en-US>
- [78] Ubisoft Entertainment SA. Ubisoft Entertainment SA: Download the Universal Registration Document 2022 - MoneyController (ID 772684). Available from: <https://www.moneycontroller.co.uk/finance-news/ubisoft-entertainment-sa/download-the-universal-registration-document-2022-772684>

- [79] Ng, P.; Nesbitt, K. Informative Sound Design in Video Games. Sept. 2013, doi:10.1145/2513002.2513015.
- [80] Burlamaqui, A. F.; Marques de Albuquerque, R. Good Practices for Indie and Solo Game Developers: A Survey Based on Online Videos. *Acta Ludologica*, volume 4, no. 1, 2021: pp. 52–71, ISSN 2585-8599, 2585-9218, publisher: Univerzita sv. Cyrila a Metoda v Trnave, Fakulta masmediálnej komunikácie. Available from: <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=959446>
- [81] Juca, P.; Yago de Alencar, A. Dificuldades Organizacionais de Empresas Indies de Desenvolvimento de Jogos Digitais. 2019.
- [82] Mental Checkpoint; Berbece, N. The Last Game Dev Advice You Need. Dec. 2021. Available from: https://www.youtube.com/watch?v=L-zKm6c8_IE
- [83] Atlassian. Trello. Available from: <https://trello.com/>
- [84] GitHub Inc. GitHub. Available from: <https://github.com>
- [85] Holfeld, J. On the relevance of the Godot Engine in the indie game development industry. Jan. 2024, doi:10.48550/arXiv.2401.01909, arXiv:2401.01909 [cs]. Available from: <http://arxiv.org/abs/2401.01909>
- [86] Mark Brown. Game Maker’s Toolkit. Available from: <https://gamemakerstoolkit.com/>
- [87] itch corp. itch.io. Available from: <https://itch.io/>
- [88] Blender Foundation. Blender. Available from: <https://www.blender.org/>
- [89] Muse Group & contributors. Audacity. Available from: <https://www.audacityteam.org/>
- [90] LMMS developers. LMMS. Available from: <https://lmms.io/>
- [91] ephtracy. MagicaVoxel. Available from: https://ephtracy.github.io/index.html?page=mv_main
- [92] Minddesk GmbH. Home. Available from: <https://www.minddesk.com/>
- [93] Junk, S.; Einloth, H. New Method for the Application of Voxels in Product Design for Multi-Material 3D-Printing. *Computer-Aided Design and Applications*, volume 18, no. 3, Sept. 2020: pp. 624–633, ISSN 16864360, doi:10.14733/cadaps.2021.624-633. Available from: http://cad-journal.net/files/vol_18/Vol18No3.html
- [94] poncle. Vampire Survivors on Steam. Available from: https://store.steampowered.com/app/1794680/Vampire_Survivors/
- [95] Nicolae (Xelu) Berbece. Xelu’s FREE Controller Prompts. 2021. Available from: <https://thoseawesomeguys.com/prompts/>
- [96] Fontworks Inc. DotGothic16. Available from: <https://fonts.google.com/specimen/DotGothic16>

[97] Valve Corporation. SteamVR on Steam. Available from:
<https://store.steampowered.com/app/250820/SteamVR/>

[98] Virtual Desktop, Inc. Virtual Desktop. Available from: <https://www.vrdesktop.net>

Přílohy

Celý zdrojový kód a další soubory tohoto projektu jsou veřejně přístupné na následující adrese: [*https://github.com/Majsek/Project_BC*](https://github.com/Majsek/Project_BC)



Zadání bakalářské práce

Autor: Matěj Minařík

Studium: I2100247

Studijní program: B1802 Aplikovaná informatika

Studijní obor: Aplikovaná informatika

Název bakalářské práce: **Vývoj počítačových her pro virtuální realitu s důrazem na jednoduchost a dostupnost**

Název bakalářské práce AJ: Development of virtual reality videogames with emphasis on simplicity and availability

Cíl, metody, literatura, předpoklady:

1. Analyzovat proces vývoje videoher a technologie virtuální reality, který zahrnuje programování, modelování 3D objektů a vytváření zvukových efektů, a to vše za použití bezplatně dostupných programů.
2. Cílem práce bude prezentovat efektivní postupy, které ukazují, že tvorba videoher může být jak jednoduchá, tak dostupná bez finančních nákladů.
3. Výstupem práce bude funkční videohra pro virtuální realitu, která bude sloužit jako ukázka úspěšné implementace postupů v praxi.

- Koster, R. *Theory of Fun for Game Design*. O'Reilly Media, Incorporated, 2005, ISBN 978-1-932111-97-2, google-Books-ID: GQpQAAAAMAAJ.
- Burgun, K. *Game Design Theory: A New Philosophy for Understanding Games*. CRC Press, Aug. 2012, ISBN 978-1-4665-5421-4, google-Books-ID: 8lbOBQAAQBAJ.
- Gregory, J. *Game Engine Architecture, Third Edition*. CRC Press, July 2018, ISBN 978-1-351-97427-1, google-Books-ID: EwlpDwAAQBAJ.

Zadávací pracoviště: Katedra informatiky a kvantitativních metod,
Fakulta informatiky a managementu

Vedoucí práce: Ing. Martin Konvička

Datum zadání závěrečné práce: 26.1.2021