

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

Vývoj mobilní hry pro platformu Android
Bakalářská práce

Autor: František Machoň
Studijní obor: Aplikovaná informatika

Vedoucí práce: Ing. Jakub Beneš

Prohlášení:

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

V Hradci Králové dne 23. 4. 2023

František Machoň

Poděkování:

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Jakobovi Benešovi za metodické vedení práce, konzultace a rady k vypracování jednotlivých částí.

Anotace

Cílem bakalářské práce je obeznámit čtenáře s problematikou vývoje her pro přenosné platformy, respektive pro chytrá mobilní zařízení s Android OS a následně s pomocí získaných znalostí navrhnout a implementovat hru pro tuto platformu. Práce je rozdělena do 5 částí. Nejprve jsou obecně představeny hry, herní platformy a jejich historie, dále se text zabývá tím, jakým způsobem probíhá proces vývoje pro přenosné platformy a jaké překážky přináší. Poté jsou specifikovány oblasti, kterým je potřeba při vývoji mobilních her věnovat pozornost, tak aby hra byla přístupná a potencionálními hráči kladně přijata. V další části práce se autor zabývá výběrem vhodného vývojového prostředí pro vytvoření mobilní hry a nakonec za pomoci zvolené technologie hru vyvine a čtenáře s klíčovými částmi procesu seznámí.

Annotation

Title: Development of a mobile game for the Android platform

The aim of this bachelor's thesis is to familiarize the reader with game development for portable platforms, more specifically for smart mobile devices running Android OS. Then with the help of the acquired knowledge a game for this platform will be designed and developed. The work is divided into 5 parts. First, games, game platforms and their history in general are introduced, then the text deals with how the development process for portable platforms takes place and what obstacles it brings. After that, the important areas that need to be paid attention to during the process of mobile game development are specified, so that the game is accessible and positively received by potential players. In the next part of the work, the author deals with the selection of a suitable development environment for the creation of a mobile game. In the final part the game will subsequently be developed using the selected technology, and the reader will be introduced to the key parts of the process.

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce.....	2
3	Vývoj her.....	3
3.1	Definice videohry	3
3.2	Videoherní platformy	3
3.2.1	Herní konzole	3
3.2.2	Počítač.....	3
3.2.3	Přenosné herní konzole	4
3.2.4	Chytrá mobilní zařízení.....	4
3.3	Historie her.....	4
3.3.1	První hra a počátek rozvoje.....	5
3.3.2	Historie přenosných herních zařízení	5
3.3.3	První hry na mobilních zařízeních.....	6
3.3.4	Vrchol popularity přenosných herních konzolí.....	7
3.3.5	Vzestup chytrých mobilních zařízení.....	7
4	Přenosné platformy.....	8
4.1	Nejrozšířenější přenosné platformy	8
4.2	Android.....	8
4.2.1	Největší výrobci smartphonů s Android OS	8
4.2.2	Rozšířenost verzí Androidu.....	9
4.2.3	Limitace při vývoji.....	9
4.2.4	Výhody vývoje na Android.....	11
4.2.5	Šíření aplikací.....	12
4.3	iOS	12
4.3.1	iPhone	13

4.3.2	Vývoj pro iOS	13
4.3.3	Publikování aplikací	13
4.4	Smartphone jako herní zařízení	14
4.4.1	Nevýhody	14
4.4.2	Herní smartphony	14
4.4.3	Cloudové technologie.....	15
4.5	Nintendo Switch.....	15
4.5.1	Srovnání se smartphony	15
4.6	Steam deck.....	16
4.6.1	Srovnání se smartphony	16
5	Vývoj mobilních her	17
5.1	Oblíbené kategorie a žánry mobilních her	17
5.1.1	Hyper Casual hry.....	17
5.1.2	Mid-Core hry.....	18
5.2	Zpoplatnění her.....	18
5.2.1	Freemium hry	18
5.2.2	Reklamy.....	18
5.2.3	Mikrotransakce.....	19
5.3	Vzhled her	19
5.4	Ovládání her	19
5.4.1	Dotyk	20
5.4.2	Tažení prstem	20
5.4.3	Button.....	20
5.4.4	Joystick.....	20
5.4.5	Zabudované senzory	20
5.4.6	Rozložení.....	21

6	Technologická řešení pro vývoj her	22
6.1	Vývoj vlastními prostředky	22
6.2	Game framework.....	22
6.3	Game engine	23
6.4	Výběr game enginu	24
6.5	Unity	26
7	Vývoj mobilní hry s využitím vybraného enginu	27
7.1	Návrh a koncept hry	27
7.1.1	Výběr 2D vs 3D	27
7.1.2	Inspirace.....	27
7.1.3	Žánr a koncept	28
7.2	Design hry	28
7.3	Implementace důležitých mechanik	32
7.3.1	Ovládaní	33
7.3.2	Střílení.....	33
7.3.3	System Turret	36
7.3.4	Enemy spawner	37
7.4	Příprava Unity na android vývoj	39
7.5	Implementace reklam.....	41
7.6	Testování výkonu	43
7.7	Zpětná vazba a implementace	47
7.8	Potencionální rozšíření hry	48
7.9	Export a upload na Google Play	49
8	Shrnutí výsledků.....	52
9	Závěry a doporučení	53
10	Seznam použité literatury	54

Seznam obrázků

Obr. 1 - Nokia N-Gage. Zdroj: [18]	6
Obr. 2 - Podíl verzí Android OS k první čtvrtině roku 2023. Data zprůměrována z: [27, 28]	9
Obr. 3 - Doba, po které nové aplikace musí cílit na nejnovější verzi OS. Zdroj: [30]	10
Obr. 4 - Doba, po které již vydané aplikace musí být updatovány pro nejnovější verzi OS. Zdroj: [30]	10
Obr. 5 - Zobrazení herní oblasti na zařízeních s rozdílným poměrem stran při nesprávném nastavení kamery hry. Zdroj: Autor	11
Obr. 6 - Výdělky jednotlivých žánrů za rok 2021. Data zprůměrována z [46, 47] ..	17
Obr. 7 - Zobrazení držení mobilního zařízení na šířku. Zdroj: [57]	21
Obr. 8 - Ukázka grafického zpracování hry. Zdroj: Autor	29
Obr. 9 - Ukázka vzhledu hlavní postavy. Zdroj: Autor	31
Obr. 10 - Diagram rozložení ovládacích prvků hry. Zdroj: Autor	33
Obr. 11 - Diagram výběru cíle automatického střelení. Zdroj: Autor	34
Obr. 12 - Diagram funkčnosti systému turret. Zdroj: Autor	36
Obr. 13 - Výběr modulů pro Android development. Zdroj: Autor	39
Obr. 14 - Výběr 2D mobile templaty. Zdroj: Autor	40
Obr. 15 - Nastavení simulace dotyku prstu. Zdroj: Autor	40
Obr. 16 - Znázornění vzhledu UI na různých typech zařízení. Zdroj: Autor	41
Obr. 17 - Diagram aktuálního přesunu mezi herními menu. Zdroj: Autor	42
Obr. 18 - Diagram znázorňující nejlepší čas pro zobrazení reklamy, respektive před návratem z Game Over menu do hlavního menu. Zdroj: Autor	42
Obr. 19 - Diagram use case využití zhlédnutí reklamy jako odměny. Zdroj: Autor	42
Obr. 20 - Ukázka vložení kódu pro přehrání reklamy. Zdroj: [75]	43
Obr. 21 - Profiler za běhu hry. Zdroj: Autor	44
Obr. 22 - Overview vybrané části. Zdroj: Autor	44
Obr. 23 - Srovnání vytvořeného a zabudovaného FPS counteru. Zdroj: Autor	45
Obr. 24 - Testování funkčnosti odemknutí FPS. Zdroj: Autor	46

Obr. 25 – Srovnání původního (bílý bar pod shop buttonem) a předělaného HP baru. Zdroj: Autor	47
Obr. 26 – Diagram momentálního běhu úrovně. Zdroj: Autor	48
Obr. 27 – Diagram budoucího rozšíření hry. Zdroj: Autor	49
Obr. 28 – Zabránění překlopení hry do landscape modu v nastavení Unity. Zdroj: Autor	49
Obr. 29 – Ukázka vytvořené ikony pro hru. Zdroj: Autor	50
Obr. 30 – Ukázka prostředí Google Play Console. Zdroj: Autor	50

Seznam tabulek

Tabulka 1 – Výhody a nevýhody vývoje pomocí vlastních prostředků	22
Tabulka 2 - Výhody a nevýhody vývoje pomocí game frameworku	23
Tabulka 3 – Výhody a nevýhody vývoje pomocí game enginu.....	24
Tabulka 4 – Porovnání game enginů podle vybraných kritérií k roku 2023.....	25
Tabulka 5 – Měření výkonu na dostupných zařízeních	46

1 Úvod

V dnešní době je videoherní průmysl celosvětově jedním z nejrozšířenějších a nejvýdělečnějších odvětví zábavního průmyslu. Významnou částí tohoto sektoru jsou nejen počítačové a konzolové hry, ale i hry vyvíjené specificky pro mobilní zařízení [1]. Přestože dříve existovaly více či méně úspěšné pokusy o rozšíření přenosných herních konzolí a hry se na mobilech daly hrát dlouho před nástupem chytrých mobilních zařízení, právě jejich příchod a postupné vylepšování, zlevňování a rozšíření (podle některých odhadů smartphone vlastní více jak 80 % populace [2]) umožnily vývojářům a herním studiím zaměřit se na vývoj mobilních her. Ty jsou v mnoha případech i populárnější a finančně výnosnější než jejich protějšky na počítačích a konzolách.

Výrobci smartphonů mají často ve své nabídce i mobilní zařízení, která jsou velmi cenově dostupná a může si je dovolit zakoupit i část obyvatelstva, která by si zařízení schopná hrát hry jinak nemohla dovolit. Většina mobilních her je též zdarma ke stažení, což umožňuje zájemcům začít hrát bez přemýšlení nad tím, zdali se vyplatí peníze za hru utrácet, či nikoliv, což značně rozšiřuje potencionální počet hráčů. Hry pak generují zisk především díky reklamám, mikrotransakcím a zakoupitelným předmětům nabízeným přímo ve hře.

Trendu smartphonů se ujali i vývojáři herních enginů, například Unity či Unreal Engine, kteří je adaptovali a umožnili tím i vývoj her pro mobilní operační systémy, jako jsou Android či IOS. Díky tomu, že se jedná o velmi rozšířené herní enginy, existuje pro ně propracovaná dokumentace, velký počet tutoriálů a postupů a také hojná komunitní podpora, což umožňuje všem bez ohledu na předchozí znalosti s vývojem her začít.

Jak Google, který vlastní a vyvíjí Android, tak i Apple se svým IOS umožňují vývojářům následně na svých platformách hry a aplikace publikovat a dále šířit pomocí tzv. app store, což je aplikace, jež umožňuje uživateli stáhnout si dané produkty. Ty jsou většinou na mobilních zařízeních předinstalované, a je proto velice jednoduché na nich obsah šířit, případně na nich i vydělávat peníze.

2 Cíl práce

Bakalářská práce je rozdělena na dvě části, a to část teoretickou a praktickou. Cílem teoretické části je prozkoumat oblast vývoje mobilních her, seznámit se s ním a rozšířit o něm znalosti širší veřejnosti. Nejprve budou vysvětleny základní pojmy, dále stručně popsána historie a vývoj mobilních zařízení a her. Následně práce porovná nejrozšířenější mobilní a přenosné platformy a jednotlivé limitace a specifikace hardwaru mobilních zařízení, jež je potřeba brát v potaz při vývoji. Poté bude popsáno, jaké jsou trendy ve vývoji mobilních her, a následně se čtenáři seznámí s možnostmi publikování a s potencionálními možnostmi monetizace produktu. V práci budou dále prozkoumány existující populární mobilní herní enginy a porovnány podle vybraných kritérií.

V praktické části práce je cílem vytvořit mobilní hru pro platformu Android s aplikací znalostí z teoretické části práce. Bude využito porovnání herních enginů pro zvolení vhodného vývojového prostředí a následně bude proveden návrh a vývoj hry podle předpokladů určených při teoretickém výzkumu.

3 Vývoj her

Cílem kapitoly je seznámit čtenáře s obecnými pojmy potřebnými pro vývoj her, dále pak s jejich historií a s možnostmi a fakty, jež je potřeba brát v potaz pro úspěšné vytvoření hry pro mobilní platformu.

3.1 Definice videohry

Hra je aktivitou či sportem, při níž se hraje podle předem daných pravidel a v předem určeném prostředí s předem určenými prostředky, a to za účelem dosáhnout cíle, zvítězit, rozšířit své znalosti či se zabavit [3, 4]. „Videohry jsou tedy hry, které jsou hrány za pomoci audiovizuálního zařízení,“ jež reaguje na vstupy od hráče a pomocí softwaru se stará o běh hry a převádí jej na výstupy [5]. Ty se poté projevují vykreslením vizuálního prvku na zařízení, přehráním zvuku či fyzickou odezvou, nejčastěji ve formě vibrací. Zpracování vstupů, výstupů a samotný běh softwaru může každý zvlášť probíhat na samostatném zařízení nebo v zařízením jednom, a to v závislosti na platformě, viz následující část.

3.2 Videoherní platformy

Pro hraní videoher je díky technologickému pokroku možné využít nejen stacionární zařízení dedikovaná pro daný účel, ale i jiných, víceúčelových produktů, jakými jsou právě osobní počítače či chytrá mobilní zařízení.

3.2.1 Herní konzole

Herní konzole je zařízení vytvořené specificky za účelem hraní her, novější konzole však podporují i různé multimediální funkce. Konzole se stará o běh hry, nejčastěji je ovládána pomocí herního ovladače, který kromě zpracování vstupů dokáže i vibrovat a poskytovat tak i jistou odezvu. Ke konzoli lze připojit libovolné výstupní zařízení – nejčastěji ve formě televizoru nebo monitoru. Mezi jedny z nejznámějších konzolí patří Xbox a PlayStation.

3.2.2 Počítač

Počítač je většinou vyvíjen pro více účelů, herní PC se od normálního počítače liší hlavně použitím hardwaru, přesněji dedikované grafické karty, jež se hodí více pro

renderování (vykreslování) grafických prvků v reálném čase. Jsou také vybaveny efektivnějším chlazením a výkonnějším procesorem [6]. Hry jsou ovládány pomocí myši a klávesnice, lze však připojit i jiná zařízení podle potřeby, dále je pak připojen externí displej pro zobrazování obsahu. Díky zmenšování hardwarových prvků jsou i hojně rozšířené tzv. notebooky, které spojují veškeré potřebné periferní zařízení do jednoho přenosného.

3.2.3 Přenosné herní konzole

Přenosné herní konzole jsou konzole, u kterých došlo k výraznému zmenšení rozměrů a ke spojení všech potřebných periférií do kompaktního přenosného formátu. Má tedy zabudovaný displej a ovládání. Mezi nejznámější patří Nintendo Switch, PlayStation Portable, Nintendo 3DS či Game Boy. Kuriozitou je Steam Deck, jedná se o počítač ve formě přenosné konzole.

3.2.4 Chytrá mobilní zařízení

Chytrá mobilní zařízení jsou z výčtu platforem v průměru nejlevnější, nejpřenosnější a také nejvíce versatilní. Zařízení většinou disponují dotykovým displejem, který se stará jak o ovládání, tak i zobrazování obsahu. Pro ovládání her je tedy nejčastěji využito stejných prvků jako u konzolových ovladačů s tím, že fyzické prvky jsou nahrazeny virtuálními dotykovými. Kvůli kompaktnímu formátu však jejich výkon nedosahuje výkonu jiných platforem a dotykové ovládání není tak přesné a uživatelsky přívětivé. Některé firmy proto vyvíjejí herní mobily, které mají dedikovaná tlačítka na ovládání her, podobně jako přenosné konzole. Tyto telefony též disponují pokročilejším chlazením a nejvýkonnějším hardwarem pro zajištění rychlosti a plynulosti [7].

3.3 Historie her

V této části práce bude popsán vznik a zpopularizování her na jednu z nejvýznamnějších částí zábavního průmyslu, a to včetně zařízení, jež hraní těchto her umožňovala. Větší důraz je kladen na přenosná zařízení a hry, které pro ně vznikly.

3.3.1 První hra a počátek rozvoje

Vznik první videohry se jménem Tennis for Two lze datovat již do roku 1958, kdy v laboratoři Brookhaven National Laboratory ve státě New York, USA, provedli vědci pod vedením fyzika Williama Higinbothama experiment, při němž na analogovém počítači předvedli simulaci hry tenisu, jež se ovládala za pomoci otáčení knoflíků [8]. Experiment inspiroval mnoho dalších a v následujících letech se vývoj her začal pomalu rozvíjet, dalším důležitým milníkem bylo vydání hry PONG v roce 1972 [8]. Ve stejném roce byla též vydána první konzole určená pro domácnosti. Jednalo se o konzoli s názvem Magnavox Odyssey [8]. To sloužilo jako inspirace pro další společnosti jako například Nintendo, Sega nebo Atari, které začaly vydávat vlastní konzole – Nintendo Entertainment System, Sega Master System, Atari 2600 [8, 9]. V následujících letech se vývoj her plně rozvinul a bylo vydáno mnoho dnes již celosvětově známých titulů jako například Pac-Man (1980), Tetris (1984), Super Mario Bros (1985) [9].

V roce 1989 Nintendo vydala revoluční konzoli Gameboy [9, 10], která byla kompletně přenosná a bylo možné na ní hrát hry kdekoliv.

3.3.2 Historie přenosných herních zařízení

Za první pokusy o vznik přenosných herních zařízení lze považovat elektronické přenosné hry vznikající na přelomu 70. a 80. let. Možnosti těchto zařízení však byla velice limitovaná a povětšinou dokázala hrát pouze jednu nebo několik předem připravených her [11]. První s tímto konceptem přišla v roce 1976 firma Mattel se hrou Auto Race. Jednalo se o jednoduchou hru, ve které měl hráč za úkol vyhýbat se překážkám. Konzole disponovala jednoduchým displejem a několika tlačítky na ovládání [12].

Bylo vyvinuto několik dalších zařízení založených na tomto konceptu, avšak velký průlom nastal v roce 1979, kdy firma Milona Bradleyho vydala první přenosnou konzoli s vyměnitelnými cartridge (medium pro přenos a distribuci her). Zařízení tak nebylo limitováno pouze na několik her a bylo možné hry i dodatečně vyvíjet [12]. Konzole se skládala pouze z LCD displeje a ovládacích prvků, CPU se vždy nacházelo na cartridge, což vývoj dalších her poměrně ztěžovalo.

Koncept se několik let nepodařilo žádné jiné firmě smysluplně rozvinout a veškeré projekty končily komerčním neúspěchem. V roce 1989 pak prorazila firma Nintendo se svou konzolí Game Boy [11, 12], kterou se počtem prodaných jednotek nepodařilo až do roku 2010 překonat [13].

Prodalo se skoro 120 milionů kusů zařízení [14] a bylo pro něj vyvinuto odhadem 1244 her [15]. Hry se načítaly z ROM (Read-only memory) cartridge. Mezi nejvýznamnější hry, které byly pro tuto konzoli vyvinuté, patří Pokémon Red/Blue, Tetris či několik her ze sérií Mario a The Legend of Zelda.

3.3.3 První hry na mobilních zařízeních

Důležitou událostí je pak vydání první mobilní hry. Jednalo se o verzi hry Tetris předinstalovanou na mobilním zařízení s názvem Hagenuk MT-2000. Zařízení bylo vydáno v roce 1994. Následně pak roku 1997 firma Nokia na mobilním telefonu Nokia 6110 začala s distribucí mobilní verze hry Snake [16].

Kvůli popularitě pak byly na následujících modelech distribuovány i jiné hry, což dovedlo firmu v roce 2003 k vydání Nokia N-Gage. Jednalo se o hybrid mezi telefonem a herní konzolí, zařízení lze tedy považovat za první herní telefon [16]. Nokii se však tímto produktem nepodařilo zaujmout širší veřejnost a prodalo se jej pouze 3 milionů kusů [17]. Za jeho neúspěchem stála hlavně příliš vysoká cena 299 dolarů, kterou se výrobci nepodařilo vykompenzovat z herní stránky. N-Gage tedy sice splňoval funkčnost mobilního zařízení, ale jako herní systém byl nepraktický a nebyl pro něj vyvinut dostatečný počet her, který by zákazníky nalákal [17].



Obr. 1 - Nokia N-Gage. Zdroj: [18]

3.3.4 Vrchol popularity přenosných herních konzolí

V následujícím roce 2004 vyšla nejprodávanější přenosná herní konzole všech dob – Nintendo DS, které se prodalo kolem 154 milionů kusů [19]. Zařízení bylo zajímavé tím, že disponovalo dotykovým displejem a možností online bezdrátového hraní, což jsou funkce, které v dnešní době smartphony běžně nabízejí, na tehdejší dobu však byla konzole technologicky pokročilá [20].

V témže roce také vyšla populární konzole PlayStation Portable, ta byla hardwarově výkonnější a umožňovala hraní her, které svou kvalitou a rozsahem dosahovaly úrovně her vydávaných na klasické konzole jako například PlayStation 2 [20].

3.3.5 Vzestup chytrých mobilních zařízení

Přelomovým bodem pro vývoj smartphonů a pro ústup přenosných herních konzolí bylo vydání prvního iPhoneu firmou Apple v roce 2007. Ten disponoval kamerou, dotykovým displejem, internetovým připojením a podobnými funkcionalitami jako v té době populární iPod, což pomohlo přilákat více potenciálních zákazníků. Do následujícího roku se prodalo téměř 12 milionů kusů zařízení [21]. Díky internetovému připojení měli uživatelé přístup k nespočtu aplikací a her, které si mohli jednoduše stáhnout skrze App Store.

Například hra Angry Birds vyvinutá právě pro smartphony dosáhla v roce 2012 milníku 250 milionů zakoupených kusů [16]. Studio investovalo do vývoje hry v roce 2009 pouhých 100 000 euro, avšak již v roce 2011 vydělalo zpět kolem 50 milionů eur [22]. Vysoká návratová hodnota a jednoduchost šíření tak nalákala mnoho dalších vývojářů a mobilní herní průmysl se tak mohl plně rozvinout.

4 Přenosné platformy

Pro vývoj mobilní hry či hry pro přenosné zařízení si lze vybrat z široké nabídky platforem od různých výrobců. Jednotlivá zařízení se od sebe liší nejen hardwarovým vybavením, ale i operačním systémem, softwarovou implementací, rozličnými podmínkami pro vydávání her i možnými limitacemi pro vývoj her.

4.1 Nejrozšířenější přenosné platformy

Mezi nejrozšířenější platformy patří mobilní zařízení s operačním systémem Android či iOS. Dále stojí za zmínku moderní přenosné konzole – Nintendo Switch, jeho vylepšená verze Nintendo Switch OLED a Steam Deck. Tyto konzole jsou hlavní konkurencí herních smartphonů, a to díky výkonnějšímu hardwaru a nabídce exkluzivních her. V neposlední řadě stojí také za zmínku využití cloudových technologií, u kterých následně slouží smartphone pouze jako ovládací a výstupní zařízení, přičemž samotná hra běží na zařízení jiném a na telefon se obsah pomocí internetového připojení streamuje.

4.2 Android

Jedná se o OS určený primárně pro mobilní zařízení. Od roku 2005 je vyvíjen firmou Google [23]. První smartphone, který jím disponoval, byl vydán v roce 2008, v současné době je celosvětově nejrozšířenějším mobilním OS, k roku 2023 je jeho podíl na trhu téměř 72 % [24]. Díky tomu, že se jedná o open-source software (původní kód je veřejně dostupný a lze jej dle potřeby modifikovat a šířit) a pro jeho běh není potřeba specializovaný hardware, jako tomu je u iOS a produktů firmy Apple, je první volbou pro většinu firem zabývajících se výrobou chytrých mobilních zařízení [25]. Možnosti distribuovat upravené verze Android OS výrobci hojně využívají a většina větších firem má verzi modifikovanou pro své potřeby.

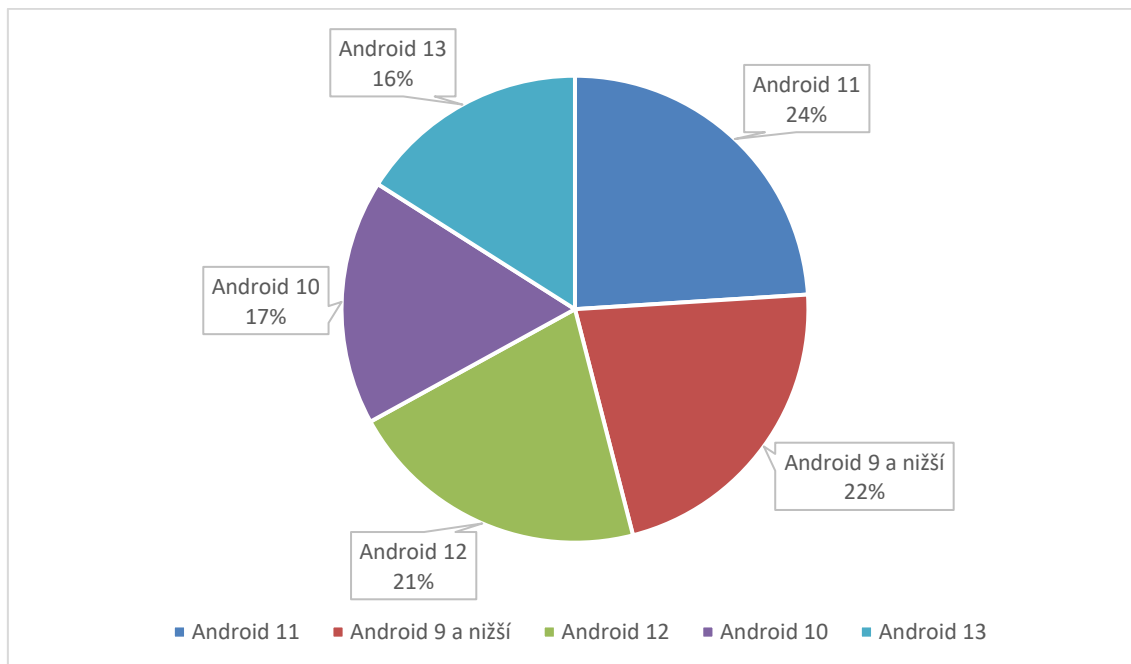
4.2.1 Největší výrobci smartphonů s Android OS

Výrobou smartphonů s OS Android se zabývá mnoho firem, mezi nejznámější patří Samsung, Xiaomi, Huawei, Oppo, Vivo či Google [26]. Mezi jednotlivými výrobci jsou velké odlišnosti ve využívaném hardwaru, rozdílných modifikacích Androidu a dostupnosti nabízených produktů. Dále má většina výrobců své produkty

rozdělené do 3 cenových kategorií – Budget/Low-End, Mid-Range a High-End/Flagship. Ty se kromě ceny liší i nabízenými technologiemi displejů, kamer, uložení, procesorů atd. Rozdíly mezi modifikacemi Androidu jednotlivých výrobců se projevují odlišným UI (uživatelské rozhraní), předinstalovanými aplikacemi, funkcemi, intervalem vydávaných updatů na nejnovější verzi Android OS či dostupností Google Services. Za zmínku stojí například One UI (Samsung), MIUI (Xiaomi) nebo Pixel UI (Google).

4.2.2 Rozšířenost verzí Androidu

Podle odhadů disponuje počátkem roku 2023 momentálně nejnovější verzí OS Android 13 13–17 % zařízení. Nejrozšířenější verzemi jsou pak Android 11, 12 a 10, ty se dohromady vyskytují přibližně na 70 % zařízení [27, 28].



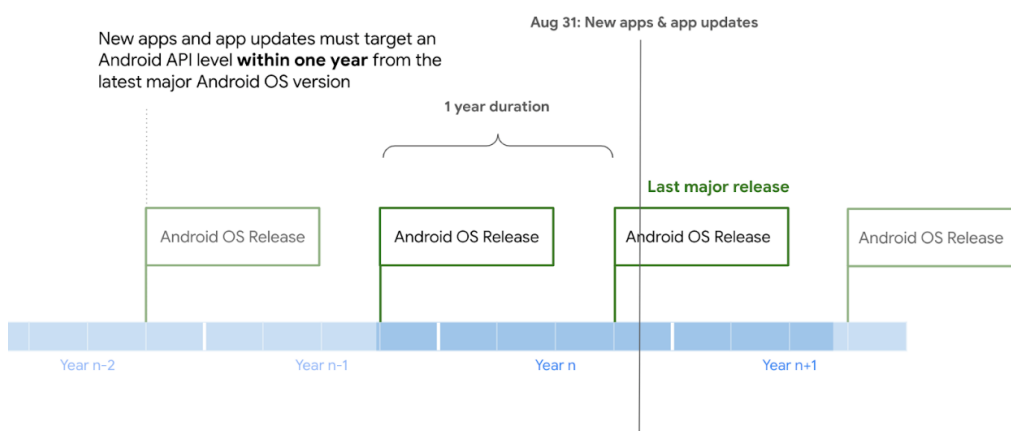
Obr. 2 - Podíl verzí Android OS k první čtvrtině roku 2023.
Data zprůměrována z: [27, 28]

4.2.3 Limitace při vývoji

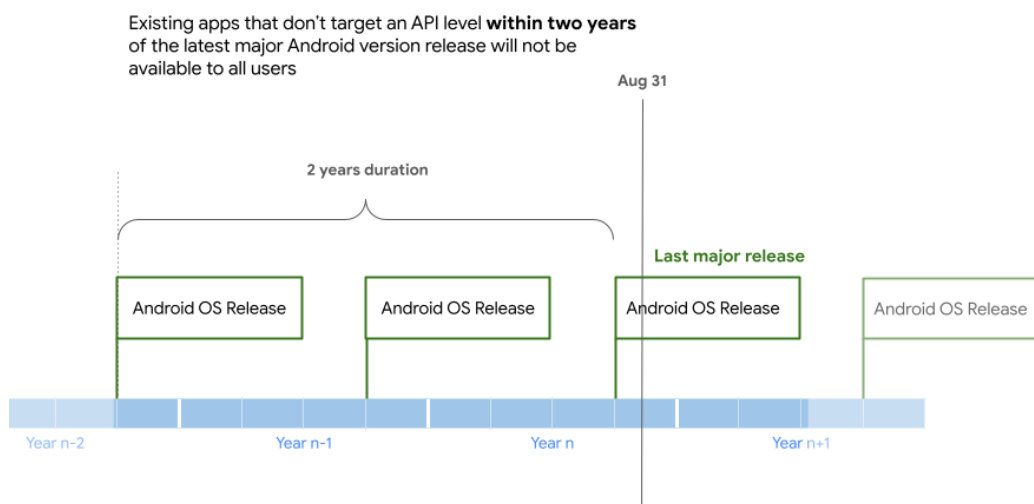
Kvůli rozdílné době, po kterou poskytují výrobci pro svá zařízení podporu, dochází k roztržitosti verzí OS, a je proto potřeba zvážit, pro jak staré verze OS aplikaci vyvíjet. Nejstarší verzí, která ještě podporuje Google Play services, je Android 4.4. Nižší verze již tyto služby nepodporují a vývoj na ně by tak byl zbytečně obtížný a nevýhodný. Google Play services totiž umožňují automatické updaty vydané

aplikace a optimalizaci běhu aplikace či přístup k různým SDK (sada vývojových nástrojů) [29].

Přestože by tedy byl možný i vývoj pro velmi staré verze Androidu, Google pro vydání nové aplikace vyžaduje momentálně (počátek roku 2023), aby byly vytvářené minimálně pro Android 12 (API level 31), tedy nejvýše o jedno vydání starší verzi OS. Pokud je aplikace již vydaná a není směřovaná a updatována pro nejnovější OS, z Google Play sice nebude odstraněna, ale po čase již nebude doporučována novým zájemcům [30].



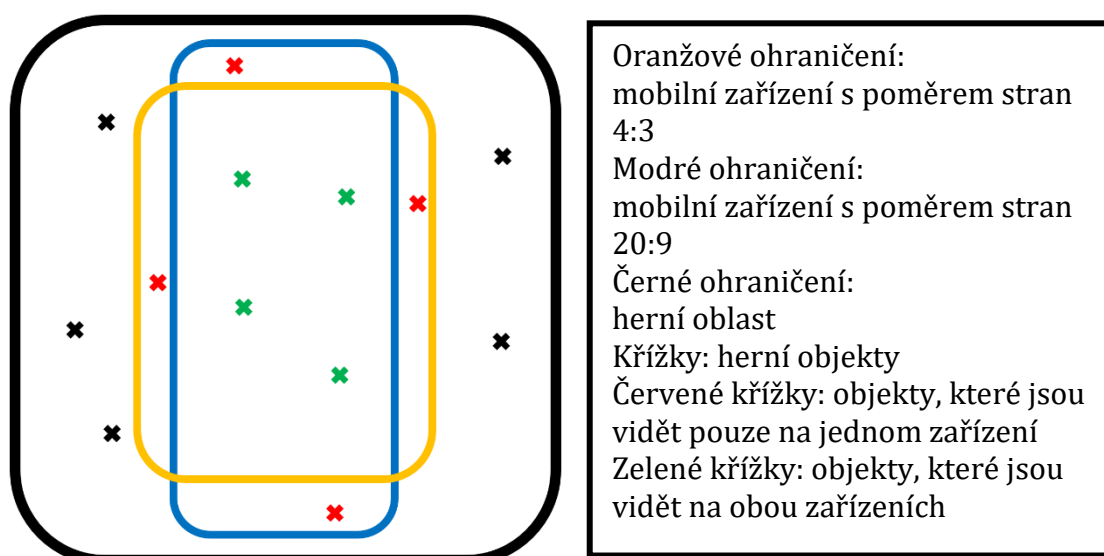
Obr. 3 - Doba, po které nové aplikace musí cílit na nejnovější verzi OS. Zdroj: [30]



Obr. 4 - Doba, po které již vydané aplikace musí být updatovány pro nejnovější verzi OS. Zdroj: [30]

Dále je potřeba vzít v potaz fakt, že každý výrobce může využívat rozdílný hardware a výsledný výkon jednotlivých zařízení se může výrazně lišit. Je proto vhodné si rozmyslet, zdali chceme aplikaci vyvíjet a optimalizovat pro méně výkonná zařízení, či chceme využít plný potenciál nejvýkonnějších smartphonů.

Rozdíly v hardwaru se neprojevují pouze u výkonu, ale i například v rozlišení, velikosti a poměru stran displeje. Tyto faktory se můžou negativně projevit například při vývoji her, kdy se při nesprávném nastavení mohou části uživatelského rozhraní navzájem překreslovat, vykreslovat mimo obrazovku či by každý hráč mohl vidět větší či menší část hry, což by vedlo k výhodě/nevýhodě.



Obr. 5 - Zobrazení herní oblasti na zařízeních s rozdílným poměrem stran při nesprávném nastavení kamery hry. Zdroj: Autor

Také je potřeba dát si pozor na výřez pro umístění přední kamery smartphonu. Ty se liší velikostí a umístěním a až na výjimky nemají aktivní pixely, takže blokují zobrazení obsahu a nedokáží zpracovat dotykový input. Proto stojí za zvážení, zda se vyhnout umístování důležitých informací a ovládacích prvků uživatelského rozhraní do vrchních částí zařízení, kde se tyto výřezy většinou nachází.

4.2.4 Výhody vývoje na Android

Vývoj samotné aplikace je velice přístupný, lze využít kteroukoliv z hlavních OS platform, tedy Windows, Mac OS X či Linux. Existuje také více možností a větší podpora pro vývoj aplikací [25].

Díky tomu, že Android je open-source, lze jej spustit na velké škále zařízení, což může usnadnit potencionální testování běhu aplikace na reálném zařízení.

Ve finále je i následné vydání aplikace mnohem jednodušší díky existenci více prostředků pro jejich distribuci, a pokud vývojář nesplní podmínky jedné, může ji šířit přes jinou či využít vlastních distribučních řešení. Aplikace lze totiž instalovat i z obchodů třetích stran, tedy nejen z Google Play.

4.2.5 Šíření aplikací

Pro šíření aplikací si lze vybrat ze spousty možností, avšak zdaleka nejpopulárnější je Google Play. Vytvoření Google Developer účtu potřebného pro vydávání aplikací na tuto platformu stojí jednorázový poplatek 25 dolarů. Dalšími možnostmi jsou Samsung Galaxy Store, Amazon App Store, GetJar, Opera Mobile Store či Huawei App Gallery [31]. Vybrání distribučního obchodu může být podmíněno cílovým zařízením – pokud jsou cílovou kategorií aplikace Samsung výrobky, můžeme využít Galaxy Store. U některých výrobců také nemusí být dostupné Google Services, tomu je tak například u zařízení Huawei, proto je využití jiných app stores nutné. Aplikace také nemusí nutně splňovat podmínky pro vydání, které Google či i jiné app stores požadují, a může se tak rozhodnout šířit je vlastní cestou.

4.3 iOS

iOS je operační systém vyvíjený americkou firmou Apple Inc. Vyznačuje se svojí exkluzivitou, a využívají jej tedy pouze zařízení této firmy. Mezi modelové řady, jež OS využívají, patří hlavně iPhone (smartphone) a iPad (tablet). iOS je upravenou verzí MAC OS X, který Apple používá pro své počítače [25]. iOS je nejrozšířenější právě v USA, jeho podíl na trhu zde tvořil v roce 2022 55 % [32]. Oproti tomu celosvětově zaostává za zařízeními s operačním systémem Android, kde jeho podíl tvoří k roku 2022 pouze 27 % [24]. Distribuce aplikací probíhá přes App Store, jedná se o aplikaci předinstalovanou výrobcem, ze které uživatel může stahovat aplikace další.

4.3.1 iPhone

Apple iPhone jsou chytrá mobilní zařízení vyvíjená firmou Apple. Hlavní výhodou těchto zařízení oproti telefonům s OS Android je jejich dlouhodobá podpora a díky lepší provázanosti iOS a hardwaru dosahují zařízení v průměru vyššího výkonu a optimalizace než konkurence. Apple slibuje podporu a softwarové updaty na zařízení stará 5 až 7 let [33].

Právě díky této dlouhodobé podpoře, vysokému výkonu a konektivité s jinými produkty Apple, tzv. Apple ecosystem, jsou zařízení i přes jisté nevýhody jako například vyšší cena a limitace při opravách a modifikacích populární volbou při výběru nového zařízení. iPhone a celkově iOS je proto lukrativní platformou pro vývoj, zvláště pokud chceme směřovat aplikaci pro trh v USA [34].

4.3.2 Vývoj pro iOS

Uniformnost a exkluzivita této platformy přináší jistá specifika, která je potřeba při vývoji zvážit. Díky nižšímu počtu zařízení je jednodušší aplikace optimalizovat, hardware a poměry stran displeje jsou též jednotnější a uniformita softwaru zařízení umožňuje lépe pracovat s potřebnými prvky, jako jsou upozornění, nastavení soukromí a práce se zabudovanými animacemi [34].

Avšak právě exkluzivita vývoj ztěžuje. iOS aplikace je nejen vhodné (z hlediska vývoje her například Unity umožňuje vývoj iOS her i na Windows OS po instalaci potřebných balíčků [34]), v některých případech dokonce pouze možné vyvíjet na zařízeních od Apple vybavených Mac OS X [35] s připraveným iOS SDK. Pokud také chceme vyvinutou aplikaci řádně otestovat na reálném výrobku, potřeba Apple zařízení je už nutností, což se vzhledem k průměrně vyšším cenám těchto produktů oproti Androidu může prodražit.

4.3.3 Publikování aplikací

Zvýšená cena za vývoj nekončí u zvýšené ceny produktů a pro následnou publikaci na App Store je potřeba zařídit si Apple Developer Account, pro jehož úspěšné vedení je potřeba platit roční poplatek 99 USD, pro větší firmy pak částka narůstá na 299 USD [36]. Šíření aplikací je omezeno pouze na App Store, instalace z jiných zdrojů sice není nemožná, avšak pro koncového uživatele je příliš složitá či by

vyžadovala metody, které Apple považuje za porušení smluvních podmínek, tzv. jailbreak telefonu [37]. Vývojáři jsou tedy limitováni na App Store, a pokud nesplní přísné podmínky pro upload, svou aplikaci distribuovat nemohou.

4.4 Smartphone jako herní zařízení

Většina moderních smartphonů disponuje vysoce výkonným hardwarem, jež umožňuje spustit širokou škálu her. V závislosti na ceně a výrobci se výkon zařízení může lišit a nemusí být schopné spustit veškeré hry či nedosáhne hratelné snímkové frekvence. Avšak i výkonná zařízení nemusí být úplně optimální na hraní her.

4.4.1 Nevýhody

Většina smartphonů má kvůli své velikosti a designu problémy s chlazením, což při delším hraní omezuje výkon. Hraní her je též náročné na baterii a zařízení se rychleji vybíjí, to může být problém, pokud disponuje menší kapacitou baterie.

Další limitací je ovládání, přičemž průměrný smartphone umožňuje ovládání her pouze pomocí dotykového displeje. To nemusí být nutně problém, poněvadž lze virtualizovat mnoho jinak fyzických prvků, jako jsou joystick, tlačítka a triggerly klasických ovladačů. Pokud hra používá k ovládání nízký počet těchto prvků, displej stačí, avšak hraní her s komplikovanějším ovládáním to značně limituje. Ovládání je také umístěno pouze na přední straně a zadní strana smartphonu je nevyužita. Situaci lze vylepšit připojením externího ovladače, či dokonce myši a klávesnice. Nutnost nošení externích ovládacích zařízení však limituje přenosnost a není tak úplně optimální.

4.4.2 Herní smartphony

Zmíněné nevýhody se rozhodlo několik výrobců vyřešit vývojem smartphonů určených pro hraní her. Mezi výrobce patří Asus či Xiaomi a firmy, které pod něj patří. Nejlepšími herními zařízeními v minulém roce byly Asus ROG Phone 6, Red Magic 7 či Black Shark 5 Pro. Všechna tato zařízení minimalizují problémy zmíněné v předchozí části. Mají vylepšené chlazení, nejvýkonnější hardware, tlačítka na zadní a boční stěně specializovaná pro ovládání her, větší kapacitu baterie a uložení [38]. Díky těmto vylepšením se z nich stávají plnohodnotné přenosné herní konzole.

4.4.3 Cloudové technologie

Nevýhodu výkonu a nedostupnosti her, které byly vydány primárně pro PC a konzolové platformy, lze řešit pomocí cloudových technologií. V takovémto případě hra běží na zařízení jiném a na smartphonu je spuštěn pouze software starající se o zpracování vstupů a výstupů. Limitací pak tedy je pouze rychlost internetového připojení, které se stará o přenos dat mezi oběma zařízeními. Pokud již počítač či konzoli vlastníme, nabídka her je prakticky neomezená, tato zařízení umožňují tzv. remote play, což umožňuje přístup ke knihovně vlastněných her z jiných zařízení [39, 40]. Avšak jestliže chceme využít cloudových technologií bez přístupu k vlastnímu zařízení, jež by se staralo o běh hry, musíme se spolehnout na poskytovatele cloudových služeb, jako je například Google Stadia, GeForce Now, Xbox Game Pass Cloud Gaming či PlayStation Plus Premium. Tyto služby za poplatek nabízejí knihovnu her, ke kterým má následně uživatel přístup [41].

4.5 Nintendo Switch

Jedná se o přenosnou herní konzoli vyvíjenou firmou Nintendo. Hlavní výhodou oproti klasickým, staticky umístěným konzolám je přenosnost. Právě kvůli faktu, že Switch je přenosný, musely být učiněny jisté kompromisy v oblasti hardwaru a výkonu, konzole i přesto nabízí mnoho AAA her či exkluzivních titulů od Nintendo [42].

4.5.1 Srovnání se smartphony

Díky přenosnosti Switche je možné jej srovnávat se smartphony. Jak Switch, tak i chytrá mobilní zařízení disponují dotykovým displejem, avšak Switch kromě toho i klasickými ovládacími prvky, jako jsou joystick či vysoký počet ovládacích tlačítek a triggerů [42]. Některé herní smartphony mají tlačítka určená k ovládní her, avšak normální smartphony v tomto oproti Switchy zaostávají.

Switch nabízí mnoho her, které je možné hrát pouze na něm, avšak vzhledem k jejich celkovému počtu oproti chytrým telefonům zaostává. Z pohledu vývojáře je totiž mnohem jednodušší vyvíjet hry pro smartphoney. Vývoj her pro Switch je sice možný i v klasických enginech, jako je například Unity, avšak následné testování a schválení

aplikace je mnohem složitější, je potřeba podstoupit vícero kroků před vydáním a schvalovací proces, jež může trvat dlouhou dobu [43].

4.6 Steam deck

Jedná se o přenosnou herní konzoli, respektive tzv. handheld gaming computer, který je vyvíjen firmou Valve. Protože se jedná o handheld PC, Switch běží na linuxové distribuci pod názvem SteamOS [44, 45]. To umožňuje uživatelům hrát hry z obchodu Steam, ale i jiné hry vyvíjené pro PC. Uživatel také není limitován nainstalovaným SteamOS, může si OS podle vlastní potřeby přeinstalovat [44]. Steam Deck je tedy vhodnou volbou, pokud uživatel chce přenosné zařízení s téměř neomezenou nabídkou možností a her, nevýhodou může být, že přijde o exkluzivní hry zamýšlené právě pro konzole, jako jsou Nintendo Switch, PS5, Xbox Series X.

4.6.1 Srovnání se smartphony

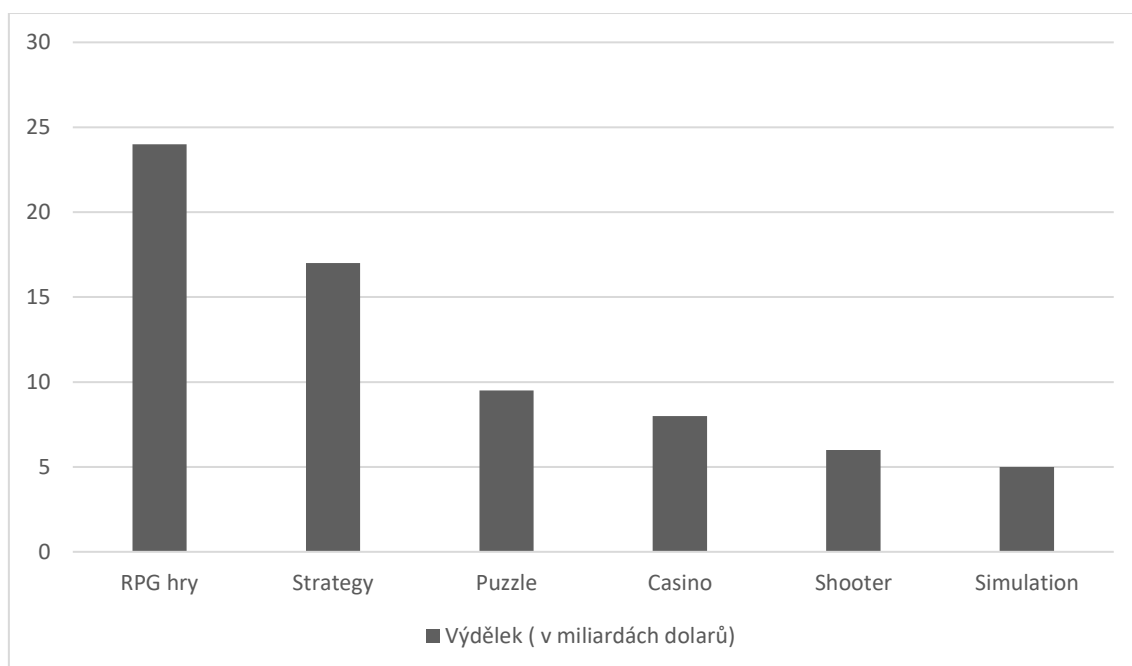
Pokud chceme srovnávat Steam Deck se smartphony, Steam Deck ztrácí v oblasti přenosnosti, je totiž mnohem větší a těžší než průměrný smartphone, avšak disponuje více ovládacími prvky a větším displejem [45]. Také již nemá výhodu široké nabídky her a customizace, smartphony s Android OS jsou na tom stejně dobře, záleží tedy spíše na preferencích uživatele a na tom, jaké hry má zájem hrát. Z pohledu vývoje her je stejně snadné vyvíjet a vydávat hry pro obě platformy. Díky faktu, že Steam Deck je vlastně PC, není potřeba žádných změn v postupu vývoje a následné vydání také není ničím omezeno, na Steam Deck lze instalovat i hry mimo Steam.

5 Vývoj mobilních her

Z technického hlediska lze pro smartphony vyvíjet téměř kterýkoliv žánr či styl hry, avšak některé trendy jsou mezi hráči oblíbenější a je vhodné se jimi při vývoji inspirovat. To se týká několika částí finálního produktu – žánru hry, složitosti gameplaye, časové investice do hry, mikrotransakcí, grafiky či ovládání.

5.1 Oblíbené kategorie a žánry mobilních her

V posledních letech se mezi nejhranějšími a nejvýdělečnějšími hrami střídalo mnoho žánrů, k nim patří například RPG, Strategy, Puzzle, Casino, Shooter či Simulation [46, 47].



Obr. 6 – Výdělky jednotlivých žánrů za rok 2021. Data zprůměrována z [46, 47].

5.1.1 Hyper Casual hry

Mezi nejstahovanějšími hrami vedou tzv. Hyper Casual hry [47]. Jejich principem je co nejjednodušší gameplay a ovládání, díky čemuž jsou přístupné pro široké publikum a je velice jednoduché je kdykoliv a kdekoliv začít hrát. Jsou nejčastěji zdarma ke stažení a vydělávají peníze pomocí reklam a mikrotransakcí, které jsou spojeny s ulehčením gameplaye. Dlouhodobě však nedokáží hráče udržet, kvůli jednoduchosti je mohou rychle omrzet. Do této kategorie lze zařadit různé puzzle

hry, velice zjednodušené racing či sports hry (zaměřují se pouze na jednu mechaniku, například dát gól nebo se vyhýbat překážkám) [48, 49].

5.1.2 Mid-Core hry

Na základě výdělků povětšinou vedou žánry, jež lze zařadit do tzv. Mid-Core kategorie her [47]. Mid-Core hry jsou často zjednodušenou verzí Hardcore her (lze přirovnat k AAA titulům vydávaným na PC či konzole); mají tedy jednodušší gameplay a ovládání, oproti Hyper Casual hrám však vyžadují od hráče větší časovou investici, aby se se hrou seznámili a zdokonalili se v ní. Je potřeba vytvořit gameplay dostatečně zajímavým pro hardcore hráče, avšak musí zůstat také dostatečně jednoduchým pro casual hráče, tak aby ani jednu ze skupin hráčů neodradil. Kvůli komplexnosti a možnosti progresu u nich hráči vydrží déle a budou ochotnější za ni utrácet [50]. Do této kategorie patří RPG hry, simulation, strategy, racing nebo jiné hry s multiplayerovými prvky (battle royale, MOBA) [46, 47].

5.2 Zpoplatnění her

Nejpřímočařejším způsobem, jak na hře vydělat peníze, je prodávat ji za určitou částku. Je vhodné zvolit takový obnos, jež odpovídá rozsahu a kvalitě hry. Jiným přístupem může být poskytnutí hry ke stažení zdarma a využít několika způsobů, jak vydělat, přestože její stáhnutí nic nestojí [51, 52].

5.2.1 Freemium hry

Jedním ze způsobů je vytvoření tzv. Freemium hry, kdy je poskytnuta pouze část hry zdarma, další je uzamknuta poplatkem. Hráč tedy může začít hrát zadarmo, a pokud bude se hrou spokojen, může si svůj zážitek za peníze prodloužit [52].

5.2.2 Reklamy

Využití reklam je dobrou formou výdělku, protože není potřeba, aby se uživatel rozhodl utrácet – sledováním reklam při hraní vydělává vydavateli peníze. Reklamy se mohou objevovat automaticky nebo je lze uživateli poskytnout jako způsob, jak dostat bonusy ve hře ve formě herní měny či nějaké dočasné výhody. Též lze nabízet odstranění reklam ze hry za poplatek [51, 52].

5.2.3 Mikrotransakce

Mikrotransakce a zakoupitelné předměty ve hře poskytují uživateli způsob, jak si ulehčit či vylepšit herní zážitek použitím reálné měny [51, 52]. Někteří hráči jsou takto za hru ochotni zaplatit mnohem více, než by dali za koupi hry samotné či než by vydělali pro vydavatele sledováním reklam.

Mikrotransakce se vyskytují například ve formě kosmetických itemů, battle passu, lootboxů, herní měny nebo různých ulehčení hry (možnost přeskočit obtížné či zdoluhavé herní mechaniky) [51, 52].

V posledních letech je populární tzv. battle pass. Jeho implementace se u her liší, většinou se po jeho zakoupení zpřístupní různé mise, které slouží k odemknutí předmětů či získání herní měny. Často je ve hře free verze battle passu, která má horší odměny či ji trvá déle dokončit, což může hráče přesvědčit ke koupi lepší, placené verze [53]. Kromě možnosti výdělků slouží i jako pobídka pro hráče, aby se ke hře vrátili či u ní déle vydrželi a získali tím z passu co nejvíce odměn.

5.3 Vzhled her

Po grafické stránce jsou hry spíše jednodušší (textury mají nižší rozlišení, menší počet polygonů a efektů u 3D her atd.), tak aby je bylo možné spustit na co nejvyšším počtu zařízení, avšak to nebrání v popularitě některých graficky náročných 3D her, např. PUBG nebo COD Mobile. Výběr 2D vs 3D záleží tedy hlavně na žánru a vytvářené hře.

2D je často využíváno u následujících žánrů: platformers, fighting games, puzzle, rogue-like, casino [54]. 3D je hojně využíváno u následujících žánrů: first/third person shooters, racing games, rpg, adventures [54].

Výjimečně se pak v žebříčku populárních her objeví hra vytvořená na principu augmented reality. Nejznámějším příkladem, který AR využívá, je Pokémon GO [55].

5.4 Ovládání her

Pro ovládání mobilních her lze použít mnoho ovládacích prvků, které lze libovolně rozmístit po dotykovém displeji. Jak ovládací prvky, tak i jejich rozmístění je často inspirováno herními ovladači.

5.4.1 Dotyk

Základním ovládacím prvkem je dotyk prstem. Ten se podobá kliknutí tlačítka myši u počítače. Reakce hry se liší podle toho, kde se uživatel obrazovky dotkne. Může být využito například pro interakci s objekty, které po kliknutí na ně provedou nějakou akci. Hodí se například pro vytvoření herního menu. Některé hry jej využívají pro střelení v FPS hrách, tak aby uživateli stačilo kliknout na prázdnou obrazovku a nemusel hledat příslušný button.

5.4.2 Tažení prstem

Hra reaguje podle toho, kterým směrem hráč prstem táhl. Hodí se například pro jednoduché ovládání postavy, jež se bude pohybovat podle směru tažení. Lze též použít pro přesouvání objektů, kdy je objekt vybrán podržením a následným tažením přesunut. Dalším použitím může být ovládání kamery u 3D her.

5.4.3 Button

Jedná se o prostor či objekt vykreslený na obrazovce, jež reprezentuje klasické tlačítko. Lze jej propojit s nějakou akcí provedenou po jeho „stlačení“. Má mnoho využití, která záleží na potřebě vývojáře. Například ho lze využít jako imitaci WASD klávesnic u PC her, kde kliknutí tlačítka spustí pohyb postavy v daném směru. Dále lze button propojit s provedením schopnosti postavy hráče v bojových hrách či vystřelením v FPS hře.

5.4.4 Joystick

Princip je identický s joystickem u herních ovladačů. Tažením prstu od středu joysticku se provede korespondující akce ve hře, která použije data vzniklá pohybem joysticku jako svůj input. Nejčastěji se tedy zaznamenává nějaká změna X a Y souřadnic, což se poté promítne na pohyb postavy či kamery daným směrem.

5.4.5 Zabudované senzory

Většina moderních smartphonů má zabudováno mnoho senzorů, mezi nimi například akcelerometr a gyroskop. Senzory jsou použity k zaznamenávání změny v náklonu a poloze zařízení. Lze jich využít pro ovládání her, např. naklonění

telefonu může korespondovat s nakloněním objektu nebo s pohybem kamery. Dále některé závodní hry používají těchto senzorů pro imitaci volantu, kdy se rotací telefonu vozidlo ve hře chová realisticky tak, jako kdyby byl telefon reálným volantem. [56]

5.4.6 Rozložení

Při hraní v portrait módu (telefon na výšku) většinou uživatel telefon drží jednou rukou a ovládá jej palcem. Tím lze v závislosti na velikosti zařízení a ruky dosáhnout pohodlně spíše do spodních částí zařízení, a proto je vhodné prvky umísťovat do této oblasti [57].

V landscape módu (telefon na šířku) uživatel uchopí telefon podobně, jako kdyby držel herní ovladač, tedy oběma rukama po stranách zařízení a ovládá jej palci. Lze se inspirovat rozložením prvků u ovladače s výjimkou tlačítek na zadní straně, těmi normální mobilní zařízení nedisponují a je potřeba je buď vynechat, či je umístit nejlépe do spodních rohů obrazovky tak, aby byly na dosah palců [57].



Obr. 7 – Zobrazení držení mobilního zařízení na šířku. Zdroj: [57]

Dále je vhodné nechat uživateli možnost přesouvat ovládací prvky. Mobilní zařízení nemají jednotnou velikost obrazovky a každý uživatel má též rozlišnou velikost rukou. To lze řešit například korespondujícím menu v nastavení či použitím plovoucích prvků, které nemají přesně danou pozici. Ty se hodí například u joysticku, kdy je dotykem zaznamenána prvotní poloha a poté se následný input počítá od místa dotknutí.

6 Technologická řešení pro vývoj her

Pro vývoj her lze využít několika technologických řešení, těmi jsou například game engine, game framework nebo psaní vlastního řešení od nuly. Před samotným vývojem je potřeba zvolit vhodný postup podle určitých parametrů [58]. Ty se mohou lišit podle projektu, avšak obecnými, pro většinu projektů společnými parametry, jsou čas, rozpočet, znalosti, velikost týmu, licencování, unikátnost projektu, optimalizace atd.

6.1 Vývoj vlastními prostředky

Pokud nechceme používat komerčně dostupné frameworky a herní enginy, můžeme se pokusit o napsání vlastního či se používání těchto prostředků vyhnout úplně. Hru lze díky tomu vytvořit v libovolném jazyce a za použití libovolných knihoven (již napsané a znovupoužitelné části kódu, které řeší daný problém, např. uživatelské rozhraní, ovládání, fyzika atd.). Můžeme tedy využít jen to, co pro finální aplikaci potřebujeme, a specifikovat své řešení dle svých představ [58].

Tabulka 1 – Výhody a nevýhody vývoje pomocí vlastních prostředků

Výhody	Nevýhody
Úplná kontrola nad finálním produktem	Časově náročnější
Řešení specifikováno pro danou aplikaci	Náročnější na znalosti
Potencionálně nejlepší optimalizace	S menším týmem pravděpodobně méně efektivní
Omezení vázanosti na cizí firmy a jejich požadavky, licence atd.	Horší podpora třetích stran při řešení problémů

Psaní vlastního řešení se nejvíce hodí pro firmy, které si ho mohou časově a rozpočtově dovolit, například ve formě game engine, který pak budou používat pouze pro své účely. Také se může hodit pro projekty, jež vyžadují lepší optimalizaci produktu nebo které mají velice specifické požadavky.

6.2 Game framework

Pokud není potřeba využít výhod psaní vlastního řešení a zároveň se nechceme svazovat použitím game engine a mít tak větší kontrolu nad naší aplikací, můžeme

použit pro tvorbu game framework. Ten je tvořen kolekcí knihoven, které se v případě her většinou starají o ovládání, grafiku, fyziku hry, uživatelské rozhraní atd. Dále je většinou součástí frameworku i sada různých podpůrných nástrojů, jež pomáhají při tvorbě hry, například pro editaci a formátování textur či audiosouborů, vytváření různých fontů či vykreslování textu. Jak knihovny, tak různé nástroje je případně možné dle potřeby importovat [58, 59].

Tabulka 2 - Výhody a nevýhody vývoje pomocí game frameworku

Výhody	Nevýhody
Stále vysoká kontrola nad finálním produktem	Náročnější na znalosti než použití game engine
Potencionálně lepší optimalizace než u game engine	Potencionálně horší optimalizace než u interně vyvinutého řešení
Není potřeba vše vymýšlet sám, dostupnost dokumentace/tutoriálů	Vázanost na jazyk a nástroje, které framework používá
Jednodušší než psát vše samostatně	Hledání řešení problému může být obtížnější než u game engine

Využití frameworku je výhodnější, pokud chceme mít vyšší kontrolu nad hrou, avšak psaní kódu od nuly by bylo neefektivní. Dále nemusí být vhodné pro úplné začátečníky, protože vyžaduje znalost psaní kódu, čemuž se lze u některých game engineů vyhnout.

6.3 Game engine

Pokud chceme vyvinout hru co nejjednodušeji a co nejrychleji, neexistuje lepší volba než použití game engine. Jedná se o rozšířený framework, který je obohacen o více nástrojů, které dále usnadňují vývoj hry. Těmito nástroji mohou být například graf scény pro datovou reprezentaci prvků ve scéně, jedna scéna může například tvořit jednu mapu ve hře. Dále disponují editorem prostředí, který umožňuje umístění prvků do herního prostředí za pomoci grafického uživatelského rozhraní [58]. I většina psaní kódu je abstrahována prováděním akcí v uživatelském rozhraní, což může vývoj ulehčit [59]. Enginy dále většinou podporují import dalších knihoven, packages (většinou kód a nástroje pro provedení specifického požadavku) nebo assetů (předem vytvořené herní prvky jako třeba postavy, prvky prostředí atd.).

Tabulka 3 – Výhody a nevýhody vývoje pomocí game engineu

Výhody	Nevýhody
Jednoduchost a rychlost vývoje	Potřeba znalosti práce s game engineem
Abstrakce	Licencování
Grafické rozhraní	Omezená kontrola nad finálním produktem
Podpora komunity a výrobce	Nutnost přizpůsobit se engineu

Game engine je tedy dobrou volbou jak pro jednotlivce, tak i firmy, které chtějí vyvíjet hry efektivně a jednoduše. Je vhodný i pro začátečníky, kteří nemají předchozí znalosti s psaním kódu. Nevýhodou může být licencování a vázanost na firmu, která engine vyvíjí. Také jim chybí podrobná kontrola nad používanými nástroji, spíše je potřeba se přizpůsobit engineu než se ho pokoušet přizpůsobit svým požadavkům [59].

6.4 Výběr game engineu

Z předchozího srovnání Game engine vychází pro použití v praktické části nejlépe, a bude tedy využit pro vývoj hry. Následujícím krokem bude vybrání vhodného game engineu, k čemuž bude použita tabulka 4 na následující straně, jež porovnává následující parametry: jazyk užívaný při vývoji, platformy, pro které se dá vyvíjet, cena, známé hry vyvinuté v engineu (to indikuje, jak komplexní hry dokáže engine vyvinout či jak moc je populární mezi vývojáři a hráči).

Pro účely vytvoření hry pro praktickou část práce by bylo možné využít nejspíše kterýkoliv z engineů uvedených v tabulce 4, avšak z porovnání nejlépe vychází buď Unreal Engine, nebo Unity. Byl zvažován i GameMaker, avšak ten neumožňuje zdarma distribuci pro Android. Jak Unity, tak i Unreal Engine jsou pro potřebné účely zdarma a jsou nejznámější, tedy počet dostupných tutoriálů a podpora by měla být nejlepší. Unity však využívá C#, což je jazyk, se kterým je autor již obeznámen, a tak bude zvoleno pro vývoj právě Unity.

Tabulka 4 – Porovnání game enginů podle vybraných kritérií k roku 2023

Název	Programovací jazyk	Platformy	Cena	Znamé hry
Unity	C#	PC, Android, iOS, konzole a mnoho dalších [60]	Zdarma do výtědku 100 000 dolarů/rok, možnost zakoupení různých edicí [61]	Subway Surfers, Pokémon Go, Mobile Legends, Free Fire, Among Us
Unreal Engine	C++	PC, Android iOS, konzole, VR, AR [62]	Zdarma, poplatek 5 % z tržby, pokud hra vydělavá více jak 1 mil dolarů [62]	PUBG Mobile, Mortal Kombat, Fortnite
AppGameKit [63]	AppGameKit Script	PC, Android, iOS	Zkušební verze zdarma, poté více edicí (od 50 dolarů)	Driving Theory Test Kit, Skrobol, Towerbots
Godot [64]	GDScript /C#/C++	PC, Android, iOS	Zdarma	Carol Reed Mysteries, Hardcoded, Brotato
GameMaker [65]	GameMaker Language, Možnost drag and drop „kódování“	PC, Android, iOS, konzole	Zdarma s omezeným publikováním, poté různé edice (od 65 Kč/měsíc)	Hotline Miami, Hyper Light Drifter, Undertale

6.5 Unity

Jedná se o game engine vyvíjený firmou Unity Technologies. Zpočátku byl sice vytvořen exkluzivně pro vývoj na Mac OS X, avšak postupem času byl umožněn vývoj na většinu v dnešní době dostupných platforem a kromě klasických 2D a 3D her pro PC, smartphony a konzole umožňuje i vývoj AR (Augmented Reality) a VR (Virtual Reality) her [60].

Výhodou pro začátečníky a menší vývojáře je, že je zdarma, dokud výdělky ze hry nepřesahují 100 000 dolarů za rok [61]. Kvůli popularitě je dostupných mnoho různých návodů či videotutoriálů, jež popisují, jak s Unity pracovat či řešit různé nastalé problémy a dále je volně dostupná propracovaná dokumentace. Kombinace těchto faktorů umožňuje efektivní vývoj bez delších zdržení.

Unity též umožňuje většinu práce provádět díky abstrakci pomocí grafického uživatelského rozhraní. Pro potřeby řízení funkcí objektů je využito skriptování pomocí C#. I získávání assetů je zjednodušené propojením s Unity Asset Storem, jež umožňuje import prvků potřebných pro vývoj od jiných tvůrců [66]. Assety lze přetvořit do Prefabu, což je kolekce objektů, komponent a scriptů s upřesněnými nastaveními, která slouží pro vytváření instance objektu v herním prostředí [67].

Unity a Android

Pro správné sestavení a spuštění je potřeba zajistit kompatibilitu hry s danou platformou. Aby hru vytvořenou v Unity bylo možné na Androidu spustit, zařízení musí běžet na verzi OS 5.1 a výše [68]. Rozhraní k předávání dat mezi grafickou kartou a hrou zajišťuje tzv. API (aplikační programové rozhraní) [69]. Android k tomuto účelu využívá grafické API OpenGL ES a Vulkan. Unity podporuje obě tato API, Open GL však až od verze 2.0 a výše [68]. K sestavení aplikace je využit systém Gradle, který se stará o správnou kompilaci kódu a vybrání potřebných a využitých složek z projektu pro běh aplikace, jejich konfiguraci, propojení a následné zabalení do package (balíček) ve správném, pro Android spustitelném formátu. Packages jsou nejčastěji ve formátu .apk nebo .aab [70, 71].

Pro vývojáře je většina kroků abstrahována na vybrání a instalaci potřebných balíčků pro vývoj na Android při zakládání projektu a zaškrtnutí potřebných položek v UI při exportu/buildu aplikace [72, 73].

7 Vývoj mobilní hry s využitím vybraného engine

Pro účely implementování získaných znalostí z teoretické části byla vytvořena mobilní hra cílená pro platformu Android. K jejímu vývoji byl zvolen engine Unity. V praktické části bude následně popsán její návrh, design, implementace některých mechanik, testování na dostupných zařízeních a to, jak by autor hry dále mohl spravovat jak z hlediska zpoplatnění, zpracování zpětné vazby, tak i dalších budoucích rozšíření.

7.1 Návrh a koncept hry

Před začátkem vývoje bylo třeba ujasnit si, jak by hra mohla vypadat. V této části autor popíše základní koncept vytvářené hry, odkud byla brána inspirace a jak probíhal návrh základních mechanik.

7.1.1 Výběr 2D vs 3D

Podle informací z teoretické části lze odvodit, že jak 2D, tak i 3D hry jsou populární volbou pro hráče mobilních her. Celkově jsou však 2D hry jednodušší na vývoj, a to jak z hlediska potřebných znalostí, tak i z hlediska vytváření assetů. Dále nejsou tak náročné na hardware cílového zařízení a vzhledem k časovým limitacím a autorovým zkušenostem s vytvářením her bude lineárnější a jednodušší gameplay přijatelnější právě ve 2D.

7.1.2 Inspirace

Mezi 2D hry, z nichž se autor rozhodl čerpat inspiraci, patří Vampire Survivors, Survivor.io či Magic Survival. Survivor.io má na platformě Google Play přes 10 milionů stažení a Magic Survival přes 5 milionů, obě hry jsou navíc velice kladně hodnoceny. Jedná se tedy o koncept, jenž je mezi hráči populární, a díky tomu by vzniklá hra mohly být lukrativní pro potenciální zájemce.

Žánrově lze tyto hry zařadit mezi casual survival hry s rogue-lite elementy. Principem těchto her je většinou přežít po předem danou dobu, s tím že se v průběhu hry náhodně generují ve vlnách okolo hráče nepřátelé se stupňující obtížností. Zabíjením těchto nepřátel si pak může hráč odemknout náhodně generované odměny ve formě různých schopností a vylepšení, díky čemuž může přežít déle

a zabíjet nepřátelské postavy efektivněji. Pokud zemře, musí začít hrát danou úroveň znovu od začátku a o vylepšení přijde. Některé tyto hry však umožňují po úspěšném dokončení vylepšení postavy i mimo daný level a hráč si tak může jisté schopnosti přenášet do dalších úrovní. Jako formu generování profitu většinou využívají buď reklam, nebo různých mikrotransakcí, za něž si lze odemykat například daná vylepšení.

7.1.3 Žánr a koncept

Autor se rozhodl využít pro svou hru hlavně koncept casual survival s náhodným generováním nepřátelských vln okolo hráče. Koncept náhodně generovaných odměn je již z principu náhodnosti jak výhodou, tak i nevýhodou, poněvadž může docházet k různým extrémním případům. Hráč může v některých případech získat veškeré schopnosti, které potřebuje, a úroveň je díky tomu pro něj příliš jednoduchá. Na druhé straně může mít štěstí málo a nedostane žádné požadované odměny a level pro něj bude nedokončitelný. Autor nakonec zvolil koncept vylepšení podobný například tower defense žánru, kdy hráč dostává peníze za zabíjení nepřátel a za tuto měnu si kupuje různé turrety (pomocné objekty, jež zabíjí či jinak ovlivňují okolní nepřátele) a jejich následný upgrade. To ponechává více prostoru pro „skill expression“, kdy má hráč větší kontrolu nad tím, co jeho postava dělá a jak se může bránit nepřítelům. Zamezí se tak extrémním případům náhody a je snazší hru vybalancovat tak, aby hráč s postupem času zjistil, které kombinace fungují a co je vhodné vylepšovat pro dokončení levelu.

Z hlediska potencionálního generování profitu bude ve hře naznačena implementace reklam. Unity umožňuje i jednoduché implementování mikrotransakcí, avšak ke komplexnosti hry by dané řešení nebylo vhodné. Reklamy by šly jednoduše vložit například po smrti hráče před restartem levelu. Systém reklam však vzhledem k možným legálním komplikacím nebude kompletně dokončen.

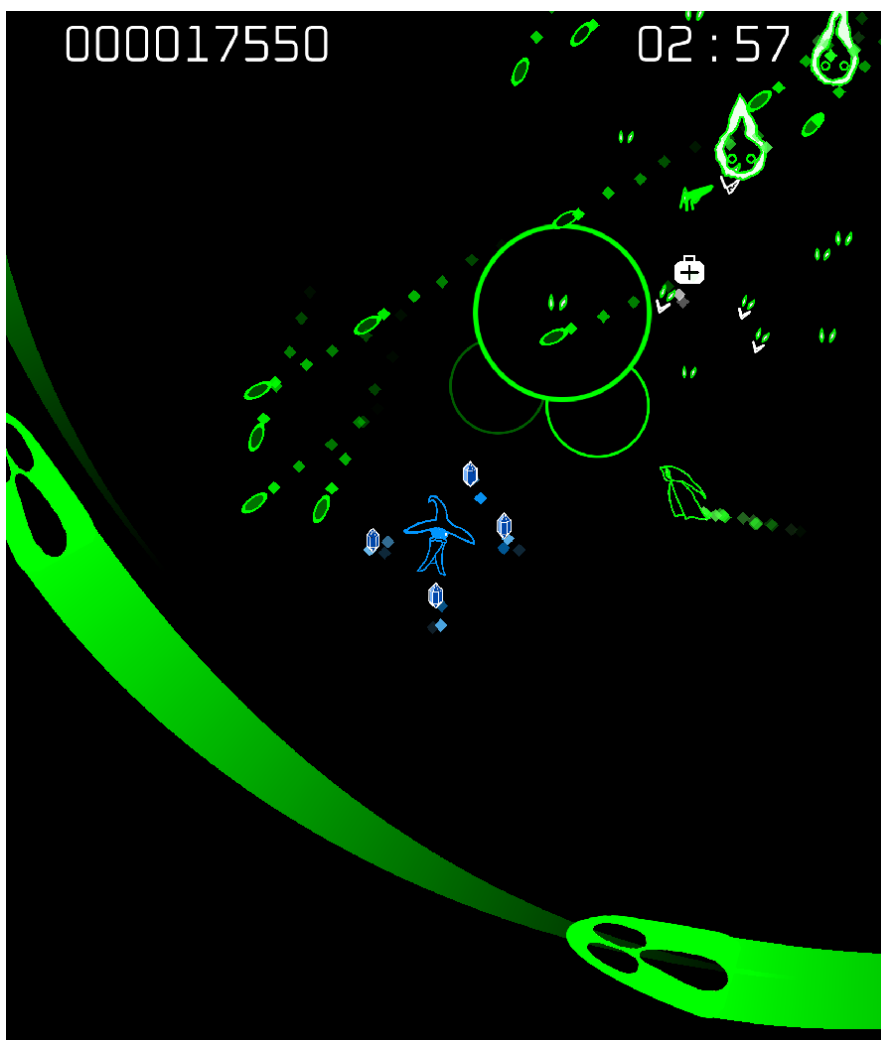
7.2 Design hry

Název

Vzhledem ke grafice a tematice hry byl zvolen název In The Darkness.

Grafika

Pro zpestření vizuální stránky hry bylo využito vlastnosti OLED displejů, jimiž velká část moderních smartphonů disponuje. Ty díky použité technologii dokáží rozsvítit pouze pixely potřebné pro zobrazení obsahu. Zbytek pixelů zůstane vypnutý a dochází tím k přesnému zobrazení černé barvy. Autor zvolil tuto barvu pro pozadí/prostředí. Pro UI, objekty a postavy nacházející se v něm vybral vysoce kontrastní barvy. Vzhledem k tomu, že v Unity Asset Store chyběly assety zdarma s vyhovujícím designem, byly dokreslovány dle potřeby v neplaceném grafickém programu Krita.



Obr. 8 - Ukázka grafického zpracování hry. Zdroj: Autor

Prostředí

Jak již bylo zmíněno, většina prostředí je černé barvy, pro ohraničení hratelné oblasti byly použity nepřátelské postavy/objekty, jež budou popsány v následující části.

Nepřátelé

Pro označení nepřátelských objektů, postav a efektů bylo použito zelené barvy. Pro tematiku nepřátel byla vybrána různá monstra, jež by se mohla nacházet například v temné jeskyni, třeba duchové či bludičky.

Aréna

Hratelnou oblast (po odchodu z této oblasti se životy hráče/nepřátelské postavy sníží na nulu) označuje vzhledem k tematice sada točících se duchů okolo středu arény. Aréna se též průběžně zvětšuje a zmenšuje, tak aby hráč nemohl stát pouze na jednom místě a nemusel přitom nic dělat. Velikost arény se též přizpůsobuje, když dochází ke spawnu bossa tak, aby hráči limitoval prostor pohybu.

Bossfight

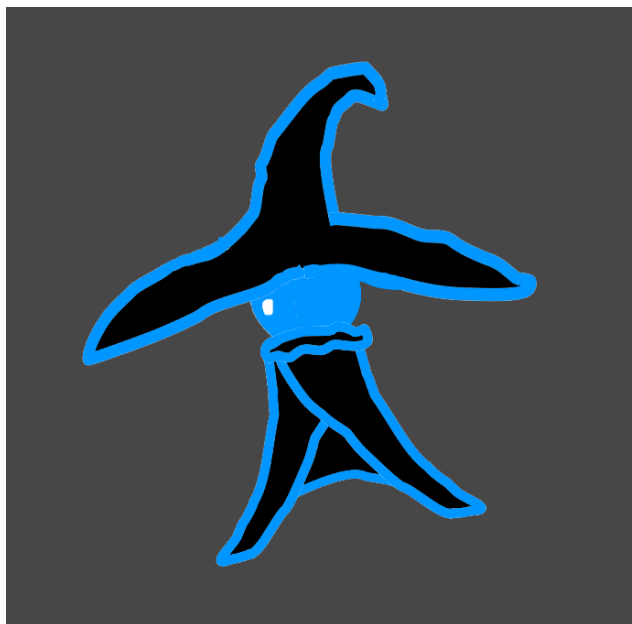
Boss je koncipován jako statická zóna, do které nesmí hráč vstoupit, je označena podobně jako okolí arény. Boss samotný po svém okolí střílí ve střídajících se vlnách projektily, kterým se musí hráč vyhnout. Jeho životy jsou indikovány postupným ztmavováním této postavy. Po zabití dostane hráč odměnu ve formě pomocníka, jenž je tematicky spjatý s bossfightem.

Statické objekty a efekty v prostředí

Pro hráče pozitivní a pro nepřátele neutrální objekty jsou označeny bílou barvou. Daná barva je pak dále použita pro různé efekty, jež se v prostředí mohou odehrát a nejsou pro hráče negativní.

Hlavní postava

Hlavní postava, objekty a efekty, které jsou s ní spjaté, byly označeny modrou barvou. „Backstory“ pro hlavní postavu je založen na tom, že se jedná o čaroděje seslaného bojovat do této temnoty. Pomocné turrety mají představovat různé krystaly, které dokáží sesílat kouzla na okolní nepřátele.



Obr. 9 – Ukázka vzhledu hlavní postavy. Zdroj: Autor

Uživatelské rozhraní

Pro uživatelské rozhraní bylo použito bílé a černé barvy. UI má být minimalistické, proto vyobrazuje pouze indikátor joysticku, životy, skóre, časovač a tlačítko obchodu s indikací získané měny. Za součást UI lze považovat i tracker, jenž má pomoci hráči ve sbírání turret. Ten se však zobrazuje pouze ve chvíli, kdy se v prostředí nachází ještě nesebraný turret.

Ovládání

Hra je koncipována tak, aby byla hrána v portrait (na výšku) držení mobilního telefonu. Bylo tedy potřeba vyřešit, jak hru ovládat pouze palcem jedné ruky. Byl využit tzv. floating joystick, který umožňuje jednoduše postavu ovládat z kteréhokoliv bodu obrazovky. Dalším důležitým prvkem je button pro přístup do menu/shopu umístěný tak, aby byl co nejbližší přirozené pozici palce při držení telefonu. Zbytek akcí je prováděn automaticky či hráčovým pohybem a nevyžaduje tak další ovládací prvky.

Herní smyčka

Od startu úrovně se okolo hlavní postavy začnou „spawnovat“ nové nepřátelské postavy. Typ a počet těchto nepřátel je ovlivněn časem a dynamicky se stupňuje. Zpočátku je jejich počet nízký, aby se mohl hráč seznámit s mechanikami střelení, získáváním skóre a peněz, kupováním upgradu a turret a jejich následným sběrem.

Turrety fungují na principu automatického střelení ve směru, ve kterém byly sebrány, což hráči umožní je rozmístit tak, jak potřebuje, a může uzpůsobovat svůj „playstyle“ tomu, na které straně chce mít více turret. Fakt, že musí turrety ze země sebrat, zabraňuje tomu, aby hráč byl „afk“ (neaktivní) na jednom místě. V průběhu hry se též náhodně „spawnují“ lékárničky, jež doplní hráči část ztraceného zdraví. Po daném čase se v aréně objeví boss a po jeho zabití lze ve hře dále pokračovat. Pak dojde ke zdvojnásobení životů a získávaného skóre. Následně proběhne další bossfight, po jehož dokončení hra pokračuje momentálně donekonečna se stále se navyšujícím počtem nepřátel. Po smrti se porovná získané skóre s předchozím highscore. Momentální skóre se zobrazí na Game Over screenu, a pokud hráč přesáhl své předchozí highscore, nové je uloženo, aby měl do budoucna další výzvu. Pokud by se jednalo o „full release“ hry, která by měla být dále spravována, bylo by vhodné dodat nějaký „event“, jenž by úroveň zakončil – buď ve formě speciálního bossfightu, či nějaké jiné události.

Progress

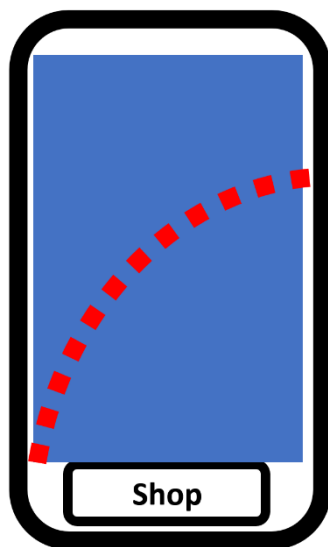
Momentálně je progress postavy centrován pouze na zvětšování počtu projektilů, jež dokáže postava a jeho turrety střílet. Další schopnost je odemknuta a vylepšována po dokončení bossfightu. Do budoucna by toto šlo rozšířit o turrety, jejichž schopnosti se neprojevují pouze udílením poškození, ale například zpomalováním nepřátel či poskytováním štítu hráči z daného směru. Také by šlo přidat další úrovně jak s novým tvarem arény, tak s novými nepřáteli s rozdílnými schopnostmi a unikátními bossfighty. Mezi úrovněmi by bylo vhodné poskytnout hráči možnost si dlouhodobě postavu vylepšit či si odemknout postavu novou.

7.3 Implementace důležitých mechanik

V této podkapitole popisuje autor návrh a implementaci některých mechanik, které tvořily core (hlavní) gameplay hry.

7.3.1 Ovládaní

Pro ovládaní postavy byl stažen package z Unity Asset Store s názvem Joystick Pack [74], který umožňuje jednoduše implementovat ovládaní pomocí floating joysticku. Stačilo pouze přetáhnout potřebný UI element z package na část obrazovky, ve které chceme, aby bylo možné postavu táhnutím prstu ovládat. Button pro přesun do shopu je též umístěný ve spodní části obrazovky.



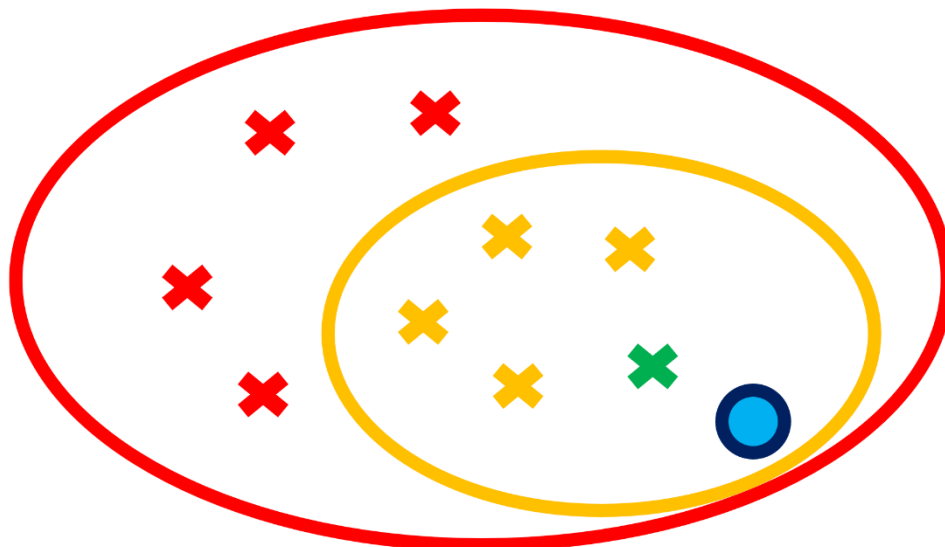
Obr. 10 – Diagram rozložení ovládacích prvků hry. Zdroj: Autor

Modrá oblast na tomto diagramu znázorňuje, kde všude lze vyvolat floating joystick. Červená oblast má představovat odhadovaný dosah palce uživatele. Ten se může měnit v závislosti na uživateli/telefonu, i přesto by veškeré ovládací prvky měly být jednoduše k dosažení.

7.3.2 Střílení

Střílení hlavní postava provádí automaticky výběrem nejbližší nepřátelské postavy a následným voláním Instantiate prefabu Bullet – projektil, který letí daným směrem a po kolizi s cílem udělí poškození a zaniká.

Výběr cíle probíhá podle následujícího diagramu:



Obr. 11 - Diagram výběru cíle automatického střelení. Zdroj: Autor

Modrá představuje hráče.

Červená oblast a objekty se nachází mimo dosah hráče.

Žlutá znázorňuje dosah hráče a objekty v něm. Mezi těmito objekty dojde k porovnání a je vybrán nejbližší.

Zelená představuje nejbližší objekt, po kterém bude automaticky vystřeleno.

V kódu je hledání nepřítel provedeno následovně:

```
private void GetClosestEnemy()
{
    //seznam nepřátel
    Enemies = GameObject.FindGameObjectsWithTag("Enemy");
    if(Enemies.Length > 0)
    {
        //uschování range hráče pro další testování
        float closestDistance = playerRange;
        closestEnemy = null;
        foreach (GameObject enemy in Enemies)
        {
            float currDist = Vector2.Distance(transform.position,
                enemy.transform.position);
            //pokud se nachází enemy v range playera je jeho pozice
            //uložena jako nejbližší a dochází k dalšímu porovnání
            if (currDist < closestDistance)
            {
                closestDistance = currDist;
                closestEnemy = enemy.transform;
            }
        }

        //pokud byl nalezen aspoň jeden enemy v player range
        //tak je na pozici nejbližšího enemy vystřelen projektil
        if (closestDistance < playerRange)
            Shoot(closestEnemy);
    }
}

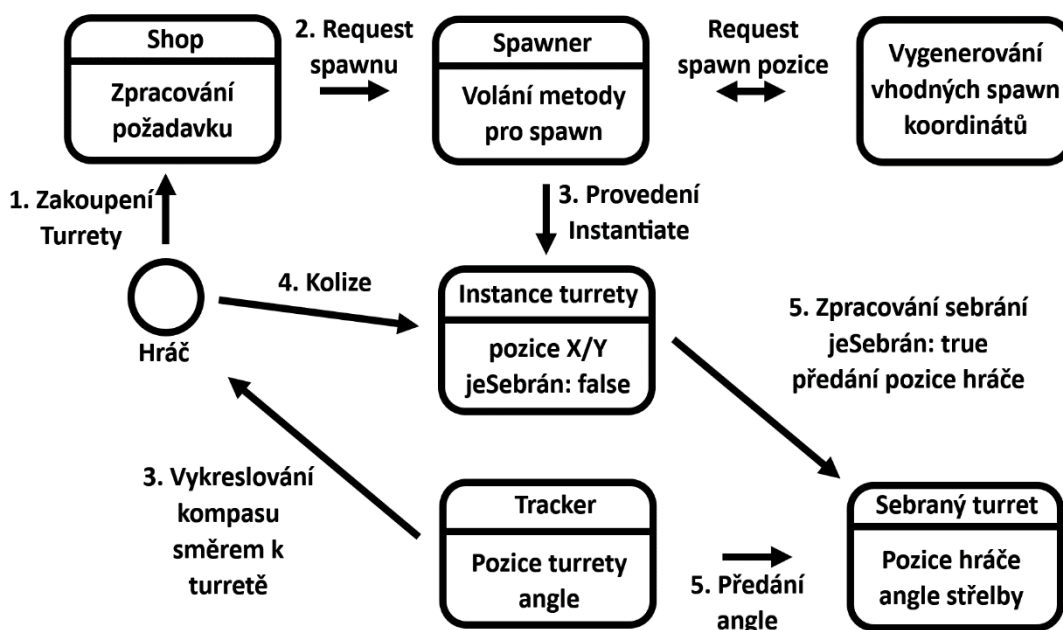
private void Shoot(Transform shootAtPos)
{
    animator.Play("Attack");
    audioManager.PlayShootSound();
    ChangeTrailColor();
    //výpočet úhlu mezi hráčem a enemy postavou
    //pro správnou orientaci a směr projektilu
    var tempAngle = shootAtPos.position - transform.position;
    float angle = Mathf.Atan2(tempAngle.y, tempAngle.x)
        * Mathf.Rad2Deg - 90;

    //při upgradu se zvyšuje počet projektilů které hlavní postava
    //vystřelí
    //je potřeba zajistit, aby vždy jeden projektil letěl na nepřítel
    //zbytek se rozmístí pod úhlem okolo centrálního projektilu
    //playerDmg uschovává počet projektilů
    int spread = stats.GetPlayerDmg() / 2;
    for (int i = -spread; i < spread + (stats.GetPlayerDmg() % 2); i++)
    {
        Instantiate(bullet, transform.position,
            Quaternion.AngleAxis(angle + i * 20f, Vector3.forward));
    }
    fired = true;
}
```

7.3.3 Systém Turret

Spawn turrety je zakoupen v shop menu. Po zakoupení spawner objektů provede Instantiate prefabu turrety do hratelné oblasti a hráči se zobrazí tracker této spawnuté turrety. Ten slouží jako kompas a směřuje k turetě. Tracker si zároveň uchovává informace o tom, jaký angle je mezi postavou hráče a turretou. Poté, co dojde ke kolizi mezi hráčem/již připojenou turretou a spawnutou turretou, je jí předán angle, jenž měl tracker uložen v okamžiku kolize. Informace, jako je poloha hráče a angle, jsou dále využity k připojení turrety a pohybu spolu s hráčovou postavou a ke střílení požadovaným směrem.

Průběh zakoupení turrety hráčem, jejího spawnu a následného sebrání a připojení:



Obr. 12 – Diagram funkčnosti systému turret. Zdroj: Autor

V kódu řešeno následovně:

```
//hledání helpera u objektu tracker
helper = GameObject.FindWithTag("Helper");
if (helper != null)
{
    //zobrazení objektu
    transform.localScale = scale;
    //výpočet úhlu pro správnou rotaci a následné předání
    var tempAngle = helper.transform.position - transform.position;
    angle = Mathf.Atan2(tempAngle.y, tempAngle.x)
    * Mathf.Rad2Deg - 90;
    transform.rotation =
    Quaternion.AngleAxis(angle, Vector3.forward);
}
else
{
    //nejjednodušší způsob, jak vizuálně skrýt objekt
    transform.localScale = new Vector3(0, 0, 0);
}

//řešení kolize
if((collision.CompareTag("Player")
|| collision.CompareTag("AttachedHelper"))
&& !attached)
{
    //předání angle
    shootAngle = FindObjectOfType<RotationTracker>().GetAngle();
    //uložení vzdálenosti od hráče, je dále používáno pro
    //výpočet správné pozice v metodě update
    player = GameObject.Find("Player");
    distance = transform.position - player.transform.position;
    attached = true;
    //změněný tag je použit při upgradu turret
    //tak aby nebyly upgradovány turrety ještě nesebrané
    gameObject.tag = "AttachedHelper";
    audioManager.PlayAttachSound();
    particleSystem.Play();
}
```

7.3.4 Enemy spawner

Enemy spawner uchovává čas od startu hry, s ním pak pracuje několika způsoby jako například vyvoláváním různých eventů (bossfight) či zvětšováním obtížnosti nebo spawn enemy v časových intervalech.

Ukázka spuštění eventu bossa či přepnutí typu spawnovaných nepřátel:

```

//randomizace velikosti vlny nepřátel, tato velikost je postupně navyšována
//v momentální verzi každých 10 sekund
int sizeOfWave = Random.Range(minWaveSize, waveSize);
//procento jednotlivých nepřátel ve vlně
amountOfBasic = Mathf.RoundToInt(sizeOfWave * basicEnemyPercentage);
amountOfFast = Mathf.RoundToInt(sizeOfWave * fastEnemyPercentage);
amountOfShooter = Mathf.RoundToInt(sizeOfWave * shooterEnemyPercentage);
//když je vlna větší než 10 dojde k jejímu rozdělení na třetiny
//problém s výkonem sice nenastává již hned při spawnu
//10 nepřátel v jednu chvíli, avšak i tak to výkonu pomůže
if (sizeOfWave > 10)
{
    amountOfBasic = Mathf.RoundToInt(sizeOfWave * basicEnemyPercentage *
    0.33f);
    amountOfFast = Mathf.RoundToInt(sizeOfWave * fastEnemyPercentage *
    0.33f);
    amountOfShooter = Mathf.RoundToInt(sizeOfWave * shooterEnemyPercentage
    * 0.33f);
    //Spawn jednotlivých třetin je odložen o 1.5 sekundy
    //kdyby se v budoucích verzích hry ukázalo takovéto rozdělení jako stále
    //nedostatečné,
    //šlo by rozdělit spawny i dále či využít pooling (předem naspawnovat
    //enemy mimo herní plochu
    //a následně je pouze do herní oblasti přemístit)
    Invoke("SpawnEnemies", 0f);
    Invoke("SpawnEnemies", 1.5f);
    Invoke("SpawnEnemies", 3f);
}
else
{
    SpawnEnemies();
}
private void SpawnEnemies()
{
    for (int i = 0; i < amountOfBasic; i++)
        Instantiate(enemyTypeList[0],
        GenerateSpawnPos(), Quaternion.identity);
    for (int i = 0; i < amountOfFast; i++)
        Instantiate(enemyTypeList[1],
        GenerateSpawnPos(), Quaternion.identity);
    for (int i = 0; i < amountOfShooter; i++)
        Instantiate(enemyTypeList[2],
        GenerateSpawnPos(), Quaternion.identity);
}

```

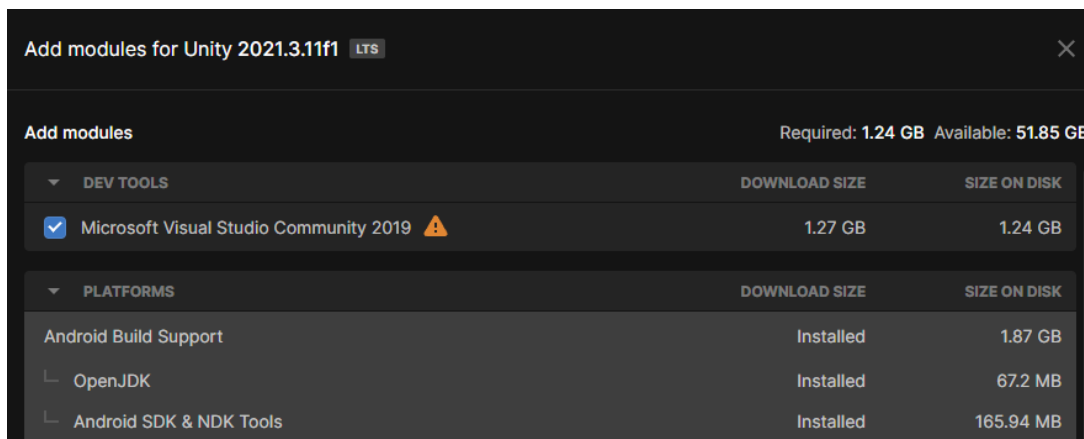
Generování spawnovací pozice:

```
private Vector2 GenerateSpawnPos()
{
    Vector2 tempPos;
    do
    {
        tempPos = new Vector2(
            Random.Range(minPos.x, maxPos.x),
            Random.Range(minPos.y, maxPos.y)
        );
    }
    //pokud je pozice příliš blízko hráče je vygenerována nová
    while (Vector2.Distance(tempPos,
        GameObject.FindGameObjectWithTag("Player").transform.position)
        < noGoZone);
    return tempPos;
}
```

7.4 Příprava Unity na android vývoj

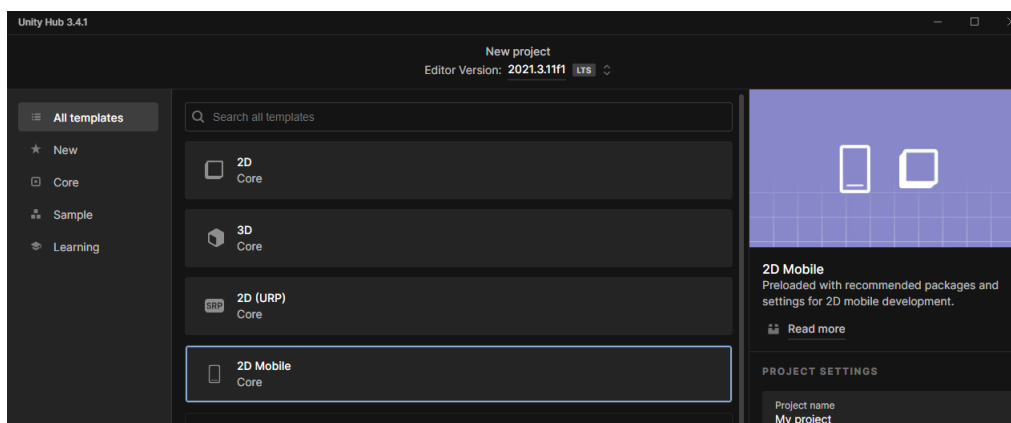
Vzhledem k tomu, že Unity umožňuje multiplatformní vývoj, příprava editoru na tvorbu pro Android není nijak obtížná.

Kromě základního balíčku Unity je potřeba přidat při instalaci moduly pro Android development.



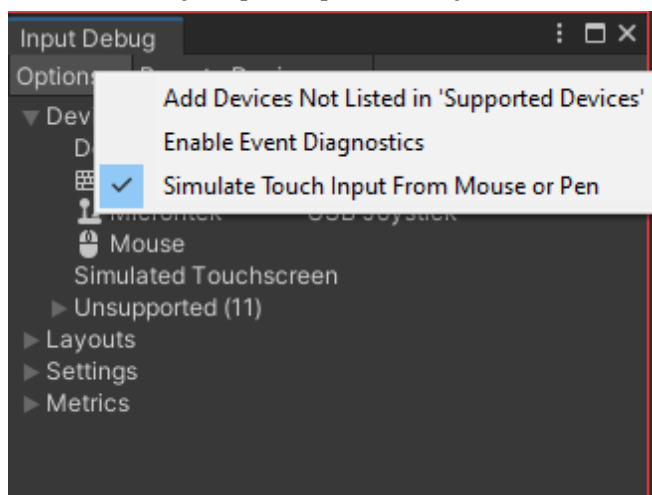
Obr. 13 – Výběr modulů pro Android development. Zdroj: Autor

Následně stačí při zakládání nového projektu vybrat korespondující template.



Obr. 14 – Výběr 2D mobile templatu. Zdroj: Autor

Posledním krokem, který je vhodné provést, je nastavit v záložce Window > Analysis > Input Debugger simulaci dotyku prstu pomocí myši.



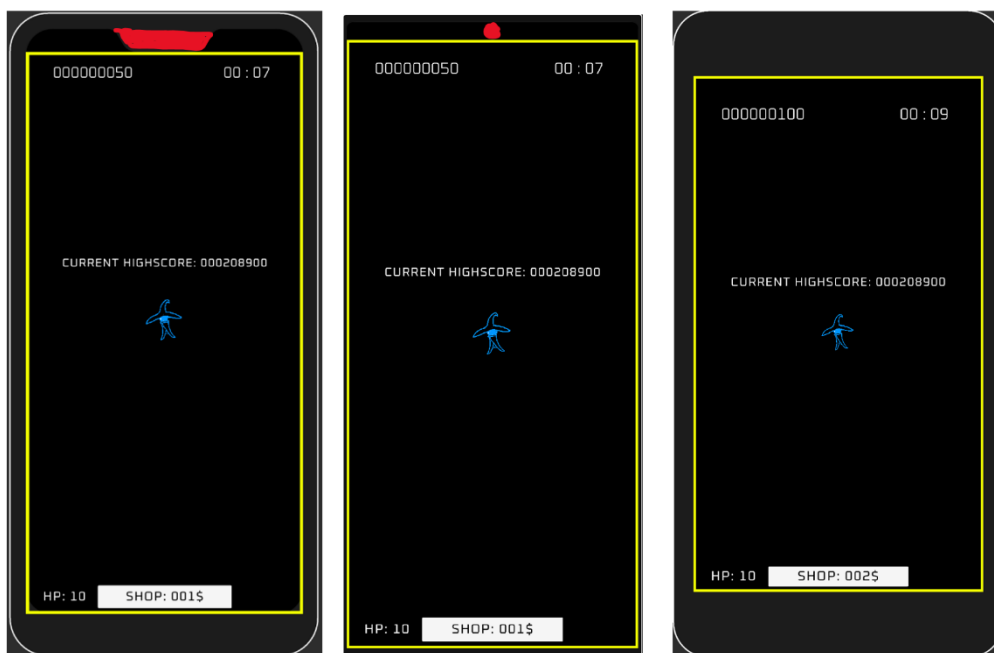
Obr. 15 – Nastavení simulace dotyku prstu. Zdroj: Autor

Díky vybranému templatu máme následně přístup k záložce Window > General > Device Simulator. Device Simulator umožňuje nasimulovat, jak by hra vypadala na různých zařízeních, což se hodí k ulehčení testování hry. Každé zařízení má různý poměr stran, rozlišení a umístění přední kamery nebo tzv. notch (výřez obrazovky). Jak již bylo zmíněno v teoretické části, toto může negativně ovlivnit UI či poskytovat hráčům výhodu díky tomu, že jeden na svém zařízení vidí jinou část hry než hráč druhý. Vzhledem k tomu, že vytvářená hra je casual singleplayer s automatickým střelením, problém této potencionálně vzniklé výhody nebyl řešen, protože je v tomto případě zanedbatelný.

Avšak správné rozmístění UI elementů a nastavení jejich velikosti tak, aby vypadaly přirozeně, je problém, který bylo potřeba vyřešit. Aby bylo možné umístit UI elementy tak, aby je omylem nezakryla přední kamera, lze si zapnout možnost zobrazení překrytí Safe Area, to ukazuje oblast obrazovky, kam lze vkládat UI elementy, aniž by hrozilo jejich zakrytí.

Vzhled UI na třech typech zařízení:

notch vs kamera zabudovaná do displeje vs kamera zabudovaná do těla telefonu



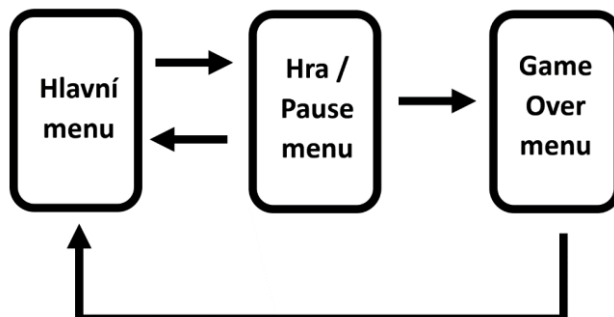
Obr. 16 – Znáznornění vzhledu UI na různých typech zařízení. Zdroj: Autor

Červeně je označené problémové místo (kamera a oblast okolo ní). Žlutý čtverec označuje Safe Area, z obrázků je tedy patrné, že u UI elementů by nemělo nastat nezáměrné zakrytí částmi telefonu.

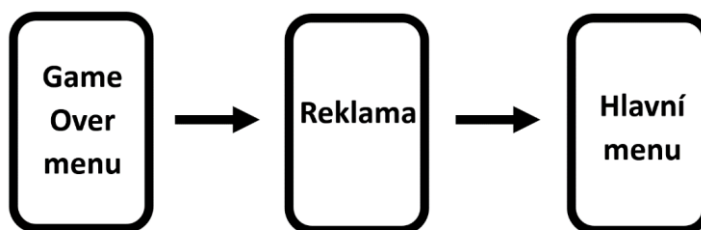
7.5 Implementace reklam

Vývoj her není jak z hlediska časového, tak finančního levnou záležitostí. Jak již bylo zmíněno v teoretické části, je několikero způsobů, jak může hra peníze vydělat zpět. Pro hru vytvořenou v implementační části je nejvhodnější využití reklam. Nabízet hru za peníze by bylo vzhledem k nízkému počtu obsahu nevhodné a v současné verzi by bylo použití mikrotransakcí vzhledem k nedostatku progresu mezi úrovněmi zbytečné.

Implementace reklam bude v této části pouze naznačena, poněvadž bakalářský projekt má být zdarma přístupný a mohly by nastat i legální komplikace, pokud by autor chtěl hru používat jako výdělek bez dostatečných povolení.

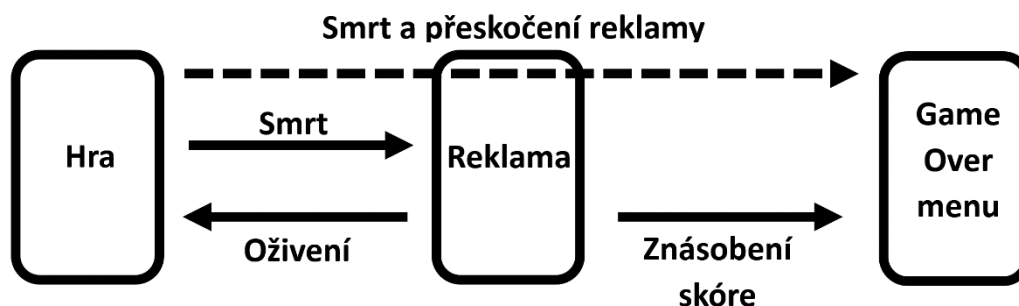


Obr. 17 – Diagram aktuálního přesunu mezi herními menu. Zdroj: Autor



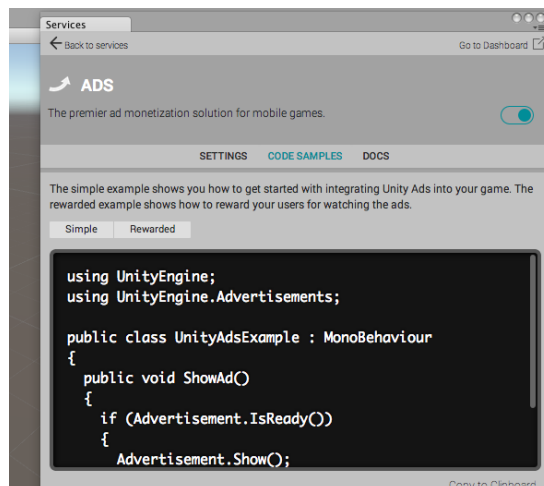
Obr. 18 – Diagram znázorňující nejlepší čas pro zobrazení reklamy, respektive před návratem z Game Over menu do hlavního menu. Zdroj: Autor

Jak bylo zmíněno v teoretické části, reklamy lze hráči nabízet i jako dobrovolnou formu získání odměny za zhlédnutí. Možný use case pro toto využití by bylo v současné verzi hry zdvojnásobení finálního skóre po smrti či oživení a možnost pokračovat dále ve hře.



Obr. 19 – Diagram use case využití zhlédnutí reklamy jako odměny. Zdroj: Autor

Unity umožňuje velice jednoduchou implementaci vkládání reklam. V závislosti na verzi editoru lze reklamy zprovoznit již přímo v něm či importem přes Package manager. Poté se již jedná pouze o záležitost volání potřebných metod v kódu [75].



Obr. 20 – Ukázka vložení kódu pro přehrání reklamy. Zdroj: [75]

V autorem vytvářené hře by šlo systém reklam zakomponovat do již existujícího skriptu Level Manager, jenž se stará o přesun mezi scénami (tedy Main menu, Hra a Game over menu).

Následující metoda je volána pro načtení scény hlavního menu:

```
public void LoadMainMenu()
{
    Handheld.Vibrate();
    SceneManager.LoadScene("MainMenu");
}
```

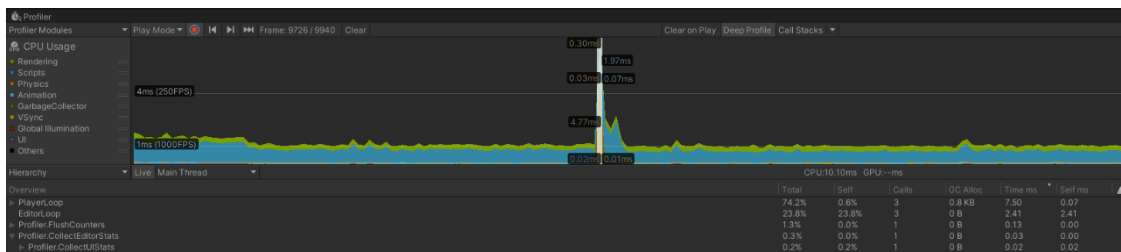
Metodu by šlo jednoduše upravit tak, aby se hráči zobrazila reklama před přesunem z Game over scény na hlavní menu:

```
public void LoadMainMenu()
{
    Handheld.Vibrate();
    if (SceneManager.GetActiveScene().name == "GameOverMenu")
    {
        //zde by byl vložen kód pro zobrazení reklamy
        SceneManager.LoadScene("MainMenu");
    }
}
```

7.6 Testování výkonu

Výkon hry nebude u jednoduché 2D hry, kterou autor vytváří, problémem nejspíše ani na méně výkonných mobilních zařízeních, i přesto je vhodné jej otestovat. Unity

poskytuje nástroj s názvem Profiler, který umožňuje zaznamenat, jak moc která část hry využívá hardwarové prvky. Lze tak odhalit například neefektivně pracující skripty či přílišné vytváření (instantiate) herních objektů v jednu chvíli.



Obr. 21 – Profiler za běhu hry. Zdroj: Autor

Na ukázce lze vidět graf generovaný profilerem za běhu hry, díky němu si lze povšimnout výkyvů v požadovaných hardwarových prostředcích. Následně je možné v části Overview dále zkoumat problematické části.

Overview	Total	Self	Calls	GC Alloc	Time ms	Self ms
PlayerLoop	74.2%	0.6%	3	0.8 KB	7.50	0.07
TimeUpdate.WaitForLastPresentationAndUpdateTime	47.2%	0.0%	1	0 B	4.77	0.00
GarbageCollector.CollectIncremental	47.2%	28.4%	1	0 B	4.76	2.87
TimeManager.Update	0.0%	0.0%	1	0 B	0.00	0.00
Update.ScriptRunBehaviourUpdate	8.5%	0.0%	1	450 B	0.85	0.00
BehaviourUpdate	8.4%	0.2%	1	450 B	0.85	0.02
EventSystem.Update()	5.1%	0.0%	1	0 B	0.52	0.00
UIScript.Update()	1.8%	0.0%	1	248 B	0.18	0.00
BuyScript.Update()	0.8%	0.0%	1	204 B	0.08	0.00

Obr. 22 – Overview vybrané části. Zdroj: Autor

Jak lze vidět, výkyv způsobují skripty, jež se zabývají překreslováním UI a Garbage Collector, který je musí obsluhovat. Je však potřeba podotknout, že samotný běh editoru a profileru si bere poměrně značnou část výkonu HW pro sebe a naměřené hodnoty jsou vyšší než při samotném běhu hry bez těchto prvků. Odezva CPU 10 ms, jak je vidět na vrchním obrázku, by tedy byla v reálném prostředí mnohem menší. Podle Unity dokumentace by však i odezva 10 ms byla pro hru zaměřenou na mobilní zařízení stále vhodná [76].

Ve finální verzi hry při dlouhodobějším testování za použití profileru autor nenarazil na žádné další části, jež by mohly způsobovat výkyvy, které by hráči zaznamenali jako záseky v běhu hry.

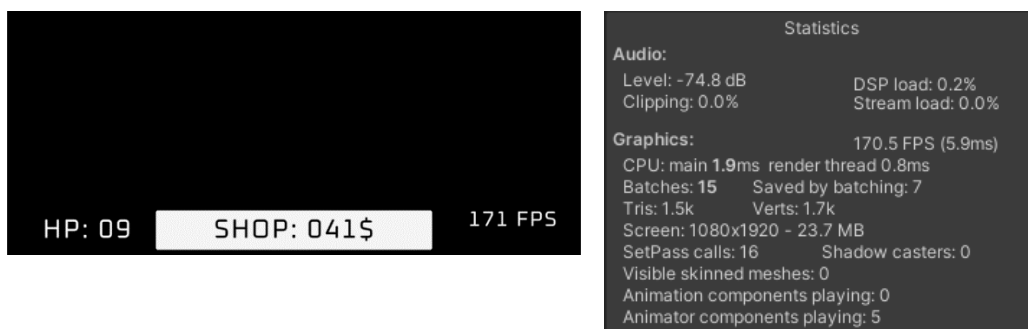
Dále byl implementován jednoduchý FPS counter, který může pomoci identifikovat rychlost běhu hry i bez využití profileru. Pomocí metody se FPS prokresluje do UI elementu:

```

public void GetFPS()
{
    fps = (int)(1f / Time.unscaledDeltaTime);
    fpsText.text = fps + " FPS";
}

```

Metoda poskytuje dostatečně shodné hodnoty s hodnotami poskytovanými Unity editorem a profilerem a lze ji tak použít pro následné testování na mobilních zařízeních.



Obr. 23 – Srovnání vytvořeného a zabudovaného FPS counteru. Zdroj: Autor

Prvním krokem bylo odemknutí FPS pro mobilní zařízení. Unity usuzuje, že vývojář bude chtít, aby jeho mobilní hra běžela pouze na nižší snímkové frekvenci (při měření se stabilizovala okolo 30 FPS), a uzamkne jej na tuto hodnotu. To je vhodné, pokud by se jednalo o hru hranou po delší dobu. Zařízení tak nevyužívá hardware na plný výkon a nespotřebovává tolik baterie a zároveň zabraňuje přehřívání. Avšak vzhledem k tomu, že autorem vytvářená hra má být casual, lze předpokládat kratší „user engagement time“ (dobu, kterou hráč ve hře stráví při jednom sezení). Bude tedy dobrým kompromisem nastavit maximální hodnotu FPS na hodnotu refresh rate displeje zařízení. Pro takovýto typ hry není potřeba po hardwaru vyžadovat render více snímků, než displej dokáže zobrazit. Hra tak poběží znatelně plynuleji, zvláště u zařízení, která disponují displejem s vyšším refresh ratem než 30 Hz.

K odemknutí byl vytvořen jednoduchý skript, který po startu hry FPS limiter přenastaví na hodnotu refresh rate displeje.

```

private void Awake()
{
    QualitySettings.vSyncCount = 0;
    Application.targetFrameRate = Screen.currentResolution.refreshRate;
}

```

Následné testování běhu hry na mobilu bez scriptu vs se scriptem a displejem nastaveným na 60 Hz vs 120 Hz:



Obr. 24 – Testování funkčnosti odemknutí FPS. Zdroj: Autor

Měření výkonu u 3 zařízení – low range X mid range X high end, pro indikaci výkonu byly použity informace od firmy Antutu zabývající se měřením HW výkonu mobilních zařízení. Je nutno podotknout, že podle autorova zkoumání nedosahují momentálně nejlevnější prodávané chytré telefony od známých značek, jako Xiaomi či Samsung, skóre nižšího jak 100 000. Dané skóre je vyšší než u 50 % firmou naměřených zařízení. To je způsobené tím, že výkonný HW je v dnešní době i pro levná zařízení běžným standardem.

Díky postupně se zvětšujícímu počtu spawnu objektů lze jednoduše otestovat náročnost hry na HW a baterii pouhým hraním po delší dobu. Úbytek baterie je spíše demonstrativní, může jej ovlivňovat více faktorů jako například jas či refresh rate obrazovky nebo celková velikost baterie zařízení.

Tabulka 5 – Měření výkonu na dostupných zařízeních

Název zařízení	Antutu skóre	Vizuální hodnocení	FPS při startu	FPS po 10 minutách hry	Úbytek baterie
Samsung Galaxy S5 Neo	35 000 – lepší jak 35% zařízení	Zpočátku běh plynulý ke konci mírné záseky	60 FPS (60 Hz displej)	Fluktuovalo mezi 30–60 FPS	Vzhledem k stáří telefonu není objektivní (cca 15 %)
Samsung Galaxy A71	265 000 – lepší jak 68 % zařízení	Plynulý běh bez rušivých záseků	60 FPS (60 Hz displej)	60 FPS	2-3 %
Samsung Galaxy S21 FE 5G	765 000 – lepší jak 91 % zařízení	Hra běží plynule po celou dobu bez záseků	120 FPS (120 Hz displej)	120 FPS	3-4 %

7.7 Zpětná vazba a implementace

Testování hry jinými hráči je důležitou částí vývoje, poněvadž některé chyby mohou vývojáři uniknout nebo mu některé mechaniky mohou přijít srozumitelné, ale pro někoho, kdo hru předtím nikdy neviděl, se může jednat o matoucí prvek. Hráči mohou také narazit na bugy, které mohl vývojář přehlédnout při svém testování. V této části práce bude popsán i feedback od ostatních hráčů.

Základní herní mechaniky

Z oblasti základních herních mechanik, jako jsou pohyb, střelení, spawnování nepřátel atd., byl feedback spíše pozitivní. Jedním z testerů byla označena mechanika sbírání turret jako originální, pro jiného však byla z vizuálního hlediska mírně nepřehledná a měl pocit, že se v turretě zasekl. To bylo vyřešeno přidáním particle systému, jenž přehrává stejný efekt, který nastane při sebrání medkitu. Dalšímu testerovi připadalo, že ve hře chybí nějaký systém dočasných vylepšení postavy ve formě pickupů, které by poskytovaly dočasnou nesmrtelnost či větší rychlost. To by se však dle autorova názoru do hry nehodilo a jako lepší implementaci dočasného boostu navrhuje přidání schopnosti štítu, jenž by pohlcoval nepřátelské útoky. Štít by se spouštěl v intervalech a hráč by tak měl možnost naplánovat si lépe například sebrání turrety.

Uživatelské rozhraní

K uživatelskému rozhraní byly připomínky hlavně k zobrazování HP hráče.



Obr. 25 - Srovnání původního (bílý bar pod shop buttonem) a předělaného HP baru. Zdroj: Autor

S takto předělaným zobrazením se uvolní i pravý spodní roh pro případné další UI elementy a je na první pohled jasné, kolik má hráč zbývajících životů.

Pochopitelnost hry

Při jednom z prvních testování hry měl tester problém pochopit, o co se ve hře jedná. Proto byl upraven spawn enemy postav tak, aby se spawnovaly jednotlivé typy enemy postupně, aby se hráč mohl s každou z nich a jejími mechanikami seznámit. Dále byl přidán UI element, který při prvním hraní hry zobrazuje textový tutoriál,

jenž má objasnit základní herní mechaniky. Také do pause/shop menu byl přidán text, který specifikuje funkčnost nakupování turetek.

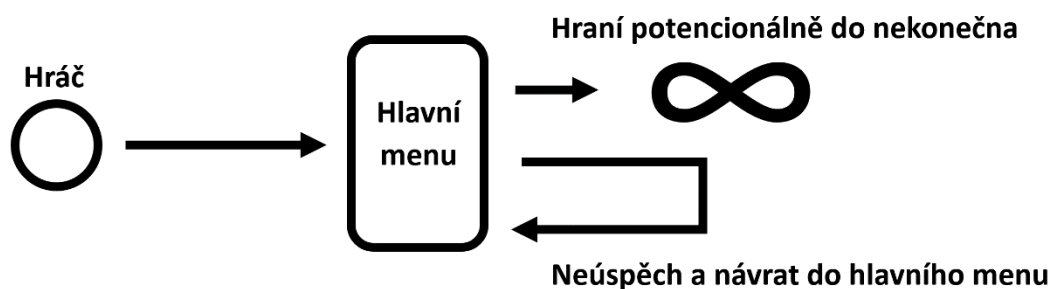
Visual Clarity

Pojem se často používá pro popsání toho, zda je vizuálně jasné, o jaký prvek se ve hře jedná a jak je nebezpečný. Díky vybraným barvám objektů bylo testerům jasné, kdo je nepřítel a kdo ne. Jediné připomínky se týkaly projektilů, jež střílí nepřátele, poněvadž mohly v původní verzi jednoduše splynout s okolím. Další komentář se týkal barvy trackeru turetek (tracker si testeři špatně odvozovali jako součást hráčské postavy, byl přebarven z modré na bílo). U projektilů byla přidána animace, jež jejich barvu v průběhu letu zvýrazňuje, a jsou nyní méně přehlédnutelné.

7.8 Potencionální rozšíření hry

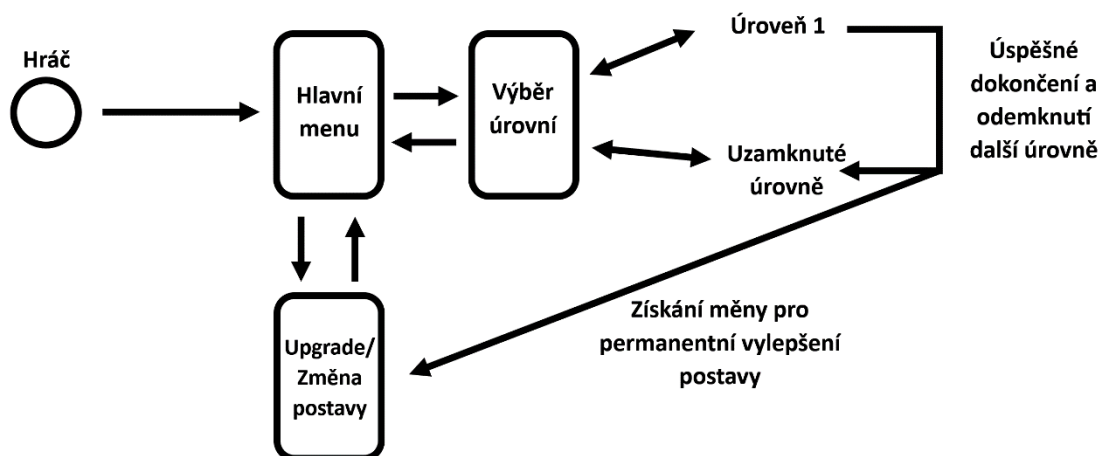
Díky již zavedeným systémům by další rozšiřování hry nebylo problém. Momentálně je systém turet sice funkční, avšak dále jej lze rozšířit o další speciální turety, které mají schopnosti zaměřené spíše na utilitu (pomocné schopnosti typu zpomalování nepřátel) nebo které mají AOE (area of effect – pokrývají nějakou oblast) útoky.

Momentálně má hra pouze jednu, donekonečna běžící úroveň:



Obr. 26 – Diagram momentálního běhu úrovně. Zdroj: Autor

V budoucích verzích hry by šlo hru rozšířit o více úrovní a o možnost, jak si postavu měnit a vylepšovat mezi jednotlivými úrovněmi:



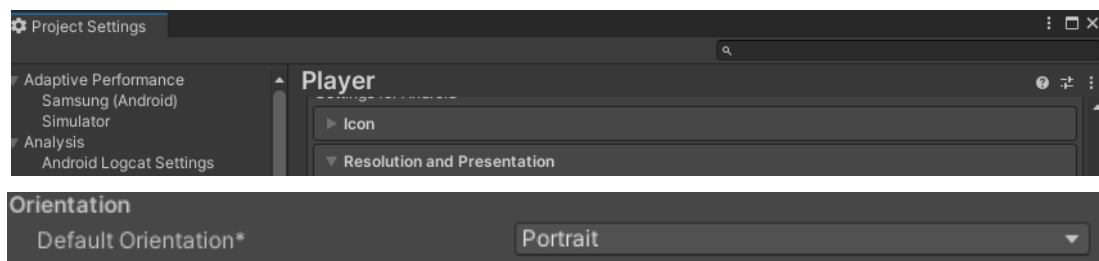
Obr. 27 – Diagram budoucího rozšíření hry. Zdroj: Autor

Implementace meziúrovňového herního obchodu by také umožnila zavedení mikrotransakcí pro urychlení vylepšování postavy či odemykání skinů, což by zvýšilo návratovou hodnotu hry pro vydavatele.

7.9 Export a upload na Google Play

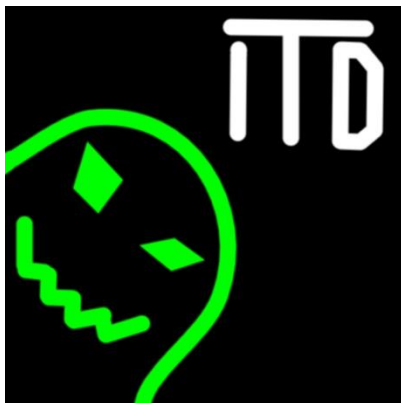
Jako platforma pro následné šíření hry byl vybrán Google Play. Pro upload na něj je potřeba provést několik kroků, např. při exportu hry či třeba založením účtu pro developery.

Protože se jedná o hru vytvářenou a zamýšlenou ke hraní v portrait modu, je potřeba aplikovat potřebná nastavení, jež zabrání přepnutí do landscape modu.



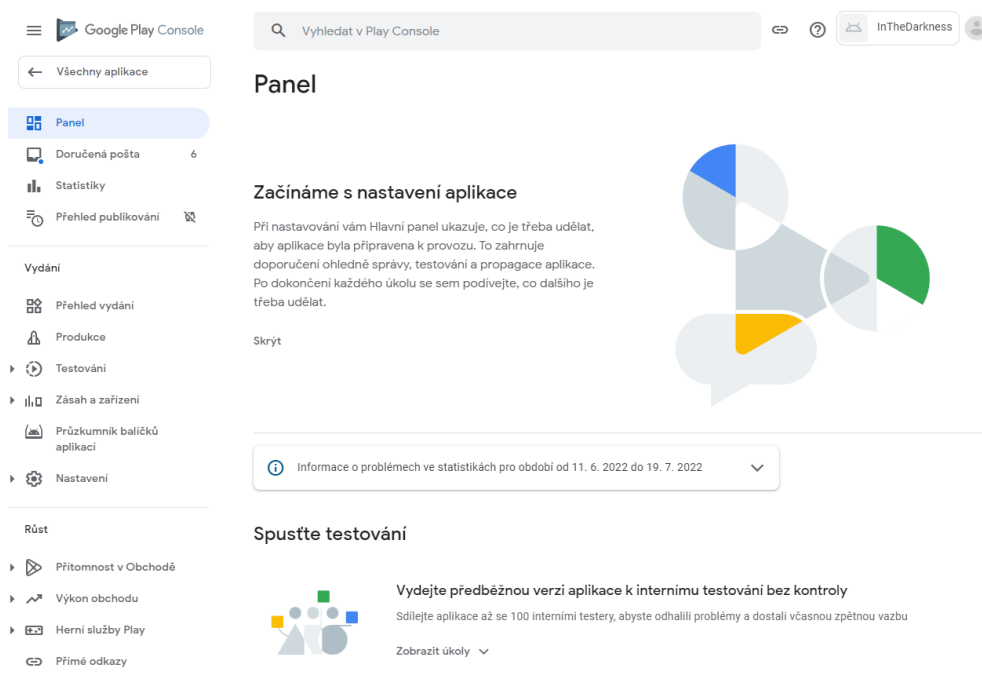
Obr. 28 – Zabránění překlopení hry do landscape modu v nastavení Unity. Zdroj: Autor

Pro upload na Google Play je požadováno vytvoření ikonky v rozlišení 512 x 512 px. Ostatní velikosti, jež se zobrazují podle různých kontextů, si je dále schopen odvodit sám a není potřeba vytvářet každou velikost samostatně.



Obr. 29 – Ukázka vytvořené ikony pro hru. Zdroj: Autor

Také je potřeba nastavit, aby se hra vytvořila jako App bundle místo APK. Následně je potřeba si vytvořit Google Developer Account, díky kterému se zpřístupní Google Play Console, ze které je možno dále pracovat.



Obr. 30 – Ukázka prostředí Google Play Console. Zdroj: Autor

Dále lze hru uploadovat pro testování či rovnou pro veřejné vydání po vyplnění několika potřebných formulářů, např. pro jaké cílové publikum je hra zaměřena, zda máme hru v úmyslu zpoplatnit atd. Po několika dnech, pokud hra projde schválením, bude na Google Play přidána. Bohužel samotný proces schvalování tak i následné splnění všech podmínek pro zachování na platformě je poměrně nejistý, a proto byla aplikace záložně uploadována ve formě APK na veřejně přístupný Google Disk.

8 Shrnutí výsledků

Při vytváření práce autor prošel velké množství článků, jež se zabývaly tematikou vývoje her pro přenosné platformy, zvláště pak tedy pro platformu chytrých mobilních zařízení s Android OS. Byly shrnuty argumenty pro a proti výběru jednotlivých přenosných platforem a uvedeny překážky, se kterými by se vývojář mohl na dané platformě potýkat. Následně byl do větší hloubky rozebrán vývoj a publikování na mobilních zařízeních, hlavně v relaci k Android OS. Probrány byly technické hardwarové a softwarové limitace dané tím, že každý výrobce má vlastní styl výroby zařízení a modifikování Androidu. Čtenáři byly předány informace o momentálních trendech vývoje mobilních her, přesněji jaké žánry a kategorie jsou nyní u hráčů populární. Také byly nastíněny nejčastěji používané způsoby, jak hry mohou vývojářům generovat profit. Autor též představil základní styly ovládání mobilních her. Následně využil svých zkušeností a shromážděných informací pro vybrání vhodného technologického řešení pro vývoj vlastní hry. Dospěl k závěru, že využití game engine bude nejvýhodnější, a z jejich následného porovnání vyšel nejpřijatelněji Unity engine, který pak byl využit k vyvinutí mobilní hry.

9 Závěry a doporučení

Vývoj her pro přenosné platformy, přesněji pro mobilní zařízení, je pouze částí mnohem rozsáhlejší problematiky vývoje her jako takových. Design, grafické zpracování, hratelnost, trendy monetizace, publikování atd. se liší platforma od platformy a autor se zaměřil hlavně na informace přínosné čtenáři, které se týkají vývoje pro smartphony s Android OS. Zkoumaná literatura se zásadně neodlišovala od autorových předchozích znalostí, a nebyl tedy problém těchto informací pro vytváření hry využít.

Při vývoji hry se autor snažil dodržet stanovená kritéria, která rešerší získal. Ta se týkala hlavně výběru game engine a práce s ním, návrhu vhodné hry, implementace jednotlivých herních mechanik tak, aby byly co nejvíce mobile-friendly, správného rozložení ovládacích prvků a uživatelského rozhraní. Vzhledem k autorovým minimálním předchozím zkušenostem s vývojem her a časovým limitacím byly některé části – jako například implementace reklam či dalších rozšíření – v souladu s rešerší alespoň s pomocí diagramů nastíněny. Pokud by se jednalo o hru dále vyvíjenou, bylo by možné jednoduše navázat na již vytvořený podklad. Problematika vývoje mobilních her by se dala zkoumat i z jiných pohledů, například se více zaměřit na optimalizaci, zpoplatnění her či na to, jak nejdéle u hry udržet hráče.

Vzhledem k tomu, že mobilní hry jsou poměrně nové médium, jsou zkoumány stále nové techniky a způsoby, jak hráče zaujmout a mít z her výtěžek. Autor sice nedokázal rozsáhlou problematiku herního vývoje kompletně prozkoumat, avšak vzhledem k informacím, jež získal, jsou jak vyvinutá hra, tak případná navržená rozšíření odpovídající jeho znalostem.

10 Seznam použité literatury

- [1] PROCHÁZKA, Tom. Rok videoher. Tržbami válčují další zábavní odvětví a pronikají do mainstreamu. *Forbes* [online]. 16. leden 2021 [vid. 2023-04-22]. Dostupné z: <https://forbes.cz/rok-videoher-trzbami-valcuji-dalsi-zabavni-odvetvi-a-pronikaji-do-mainstreamu/>
- [2] TURNER, Ash. How Many People Have Smartphones Worldwide (Apr 2023). *bankmycell* [online]. 10. červenec 2018 [vid. 2023-04-22]. Dostupné z: <https://www.bankmycell.com/blog/how-many-phones-are-in-the-world>
- [3] Game definition Cambridge. *Cambridge Dictionary* [online]. 8. únor 2023 [vid. 2023-02-09]. Dostupné z: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/game>
- [4] Game definition Oxford. *Oxford Learner's Dictionaries* [online]. [vid. 2023-02-09]. Dostupné z: https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/game_1
- [5] ESPOSITO, Nicolas. *A Short and Simple Definition of What a Videogame Is* [online]. Dostupné z: http://nicolasesposito.fr/publications_fichiers/esposito2005definition.pdf
- [6] Gaming Computers vs. Normal Computers... What is the difference? *Acer Recertified* [online]. [vid. 2023-02-09]. Dostupné z: <https://acerrecertified.com/blog/gaming-computers-vs-normal-computers-what-is-the-difference/>
- [7] ROG Phone 6. *Asus* [online]. [vid. 2023-02-09]. Dostupné z: <https://rog.asus.com/cz/phones/rog-phone-6-model/>
- [8] WOLF, Mark J. P. *The Video Game Explosion: A History from PONG to Playstation and Beyond* [online]. B.m.: ABC-CLIO, 2008. ISBN 978-0-313-33868-7. Dostupné z: https://books.google.cz/books?hl=en&lr=&id=XiM0ntMybNwC&oi=fnd&pg=PR5&dq=video+game+history&ots=1ZwsynrtOo&sig=7shdrFf6AXzDMVZXgXlhH8BYEuw&redir_esc=y#v=onepage&q=video%20game%20history&f=false
- [9] Defining Moments in Video Game History: A Timeline - Stash Learn. *Stash* [online]. [vid. 2023-02-09]. Dostupné z: <https://www.stash.com/learn/defining-moments-in-video-game-history-a-timeline/>
- [10] BEDFORD, Aaron. Top 10 Events in Video Game History. *Sutori* [online]. 12. prosinec 2017 [vid. 2023-02-09]. Dostupné z: <https://www.sutori.com/en/story/top-10-events-in-video-game-history--7VqSQUe4X6PrRwAvJgKmSjmz>
- [11] STEINBOCK, Dan. *The Mobile Revolution: The Making of Mobile Services Worldwide* [online]. B.m.: Kogan Page Publishers, 2005. ISBN 978-0-7494-4296-5. Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=cUQ1y4iNrGcC&q=popularizing+the+handheld+console+concept+nintendo&pg=PA150&redir_esc=y#v=onepage&q=popularizing%20the%20handheld%20console%20concept%20nintendo&f=false
- [12] PARISH, Jeremy. PSPredecessors from 1UP.com. *1UP* [online]. [vid. 2023-02-09]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20160602013802/http://www.1up.com/features/pspredecessors>

- [13] NORTH, Dale. DS finally outsells Game Boy, best-selling handheld ever. *Destructoid* [online]. 6. květen 2010 [vid. 2023-02-09]. Dostupné z: <https://www.destructoid.com/ds-finally-outsells-game-boy-best-selling-handheld-ever/>
- [14] OWENS, Timothy. Game Boy lifetime unit sales by region 2022. *Statista* [online]. [vid. 2023-02-09]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/1101888/unit-sales-game-boy-region/>
- [15] ASHCRAFT, Brian. In Just Two Years, Nintendo Fan Completes Game Boy Collection. *Kotaku* [online]. 10. září 2021 [vid. 2023-02-09]. Dostupné z: <https://kotaku.com/in-just-two-years-nintendo-fan-completes-game-boy-coll-1847649831>
- [16] BLOG, Microsoft Devices. 10 things you didn't know about mobile gaming. *Microsoft Devices Blog* [online]. 16. leden 2013 [vid. 2023-02-09]. Dostupné z: <https://blogs.windows.com/devices/2013/01/16/10-things-you-didnt-know-about-mobile-gaming-2/>
- [17] SNOW, Blake. The 10 Worst-Selling Handhelds of All Time Feature on GamePro.com. *GamePro* [online]. 12. říjen 2007 [vid. 2023-02-09]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20071012194600/http://gamepro.com/gamepro/domestic/games/features/125748.shtml>
- [18] EVAN-AMOS. *English: The Nokia N-Gage, a mobile phone and handheld gaming hybrid, came out in 2003 and was followed by the N-Gage QD a year later. It was not successful as a phone or a gaming platform.* [online]. 30. červen 2014 [vid. 2023-04-22]. Dostupné z: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nokia-NGage-LL.jpg>
- [19] *consolidated_sales-e1409* [online]. Dostupné z: https://www.nintendo.co.jp/ir/library/historical_data/pdf/consolidated_sales_e1409.pdf
- [20] STUART, Keith. The greatest handheld games consoles – ranked! *The Guardian* [online]. 2021 [vid. 2023-02-09]. ISSN 0261-3077. Dostupné z: <https://www.theguardian.com/games/2021/jan/15/the-greatest-handheld-games-consoles-ranked>
- [21] CHANTEL, Jessie. Smartphone History: Looking Back (And Ahead) At a Modern Marvel. *Textedly* [online]. [vid. 2023-02-09]. Dostupné z: <https://blog.textedly.com/smartphone-history-when-were-smartphones-invented>
- [22] MEER, Alec. Angry Birds revenues at \$70m from \$140k costs. *GamesIndustry.biz* [online]. 9. březen 2011 [vid. 2023-02-09]. Dostupné z: <https://www.gamesindustry.biz/angry-birds-revenues-at-usd70m-from-usd140k-costs>
- [23] ELGIN, Ben. Google Buys Android for Its Mobile Arsenal. *Bloomberg Businessweek* [online]. [vid. 2023-02-14]. Dostupné z: https://web.archive.org/web/20110205190729/http://www.businessweek.com/technology/content/aug2005/tc20050817_0949_tc024.htm
- [24] Mobile Operating System Market Share Worldwide. *StatCounter Global Stats* [online]. [vid. 2023-02-06]. Dostupné z: <https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/worldwide>

- [25] WUKKADADA, Bharati, Ramith NAMBIAR a Amala NAIR. Mobile Operating System: Analysis and Comparison of Android and iOS. *IJCAT* [online]. 2015, 2(7). ISSN 2348-6090. Dostupné z: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=101f723d06082a6c06d327077607aded1e5c7a56>
- [26] CURRY, David. Android Statistics (2023). *Business of Apps* [online]. 6. květen 2021 [vid. 2023-02-14]. Dostupné z: <https://www.businessofapps.com/data/android-statistics/>
- [27] Android OS version market share over time. *AppBrain* [online]. [vid. 2023-02-14]. Dostupné z: <https://www.appbrain.com/stats/top-android-sdk-versions>
- [28] Mobile Android Version Market Share Worldwide. *StatCounter Global Stats* [online]. [vid. 2023-02-14]. Dostupné z: <https://gs.statcounter.com/android-version-market-share/mobile/worldwide/>
- [29] Overview of Google Play services. *Google Developers* [online]. [vid. 2023-02-14]. Dostupné z: <https://developers.google.com/android/guides/overview>
- [30] Target API level requirements for Google Play apps - Play Console Help. *Google Support* [online]. [vid. 2023-02-14]. Dostupné z: <https://support.google.com/googleplay/android-developer/answer/11926878?hl=en>
- [31] The top mobile app stores: A definitive list (2023). *AppMySite* [online]. 8. září 2022 [vid. 2023-02-14]. Dostupné z: <https://www.appmysite.com/blog/the-top-mobile-app-stores-a-definitive-list/>
- [32] Mobile Operating System Market Share United States Of America. *StatCounter Global Stats* [online]. [vid. 2023-02-06]. Dostupné z: <https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/united-states-of-america>
- [33] HASLAM, Karen. How long does Apple support iPhones? *Macworld* [online]. [vid. 2023-02-06]. Dostupné z: <https://www.macworld.com/article/675021/how-long-does-apple-support-iphones.html>
- [34] How to Make an iPhone Game in Unity. *Game-Ace* [online]. [vid. 2023-02-06]. Dostupné z: <https://game-ace.com/blog/make-iphone-game-in-unity/>
- [35] Pros and Cons of iOS app Development. *DDI Development* [online]. [vid. 2023-02-06]. Dostupné z: <https://ddi-dev.com/blog/programming/pros-and-cons-of-ios-app-development/>
- [36] Enrollment - Support - Apple Developer. *Apple Developer* [online]. [vid. 2023-02-06]. Dostupné z: <https://developer.apple.com/support/enrollment/>
- [37] JOHANSEN, Alison Grace. Is jailbreaking legal and safe? *Norton* [online]. [vid. 2023-02-06]. Dostupné z: <https://us.norton.com/blog/mobile/is-jailbreaking-legal-and-safe>
- [38] PRESTON, Dominic. The best gaming phone 2023. *Tech Advisor* [online]. [vid. 2023-02-19]. Dostupné z: <https://www.techadvisor.com/article/724420/best-gaming-phone.html>
- [39] GORDON, Whitson. How to Stream PlayStation 5 Games to All Your Devices With Remote Play. *PCMag* [online]. [vid. 2023-02-19]. Dostupné z: <https://www.pcmag.com/how-to/stream-ps5-games-to-pc-phone-tablet-ps4-with-remote-play>

- [40] WILSON, Kyle. How to Play Xbox Games on Your Phone. *Mobiles.co.uk* [online]. 19. srpen 2022 [vid. 2023-02-19]. Dostupné z: <https://www.mobiles.co.uk/blog/how-to-play-xbox-games-on-your-phone/>
- [41] GRUNIN, Lori. Best Cloud Gaming Services: Xbox Game Pass, GeForce Now and More. *CNET* [online]. 14. leden 2023 [vid. 2023-02-19]. Dostupné z: <https://www.cnet.com/tech/gaming/best-cloud-gaming-services/>
- [42] PETITE, Steven. Nintendo Switch vs. Xbox One | Spec Comparison. *Digital Trends* [online]. 30. březen 2021 [vid. 2023-02-19]. Dostupné z: <https://www.digitaltrends.com/gaming/nintendo-switch-vs-xbox-one/>
- [43] Nintendo Switch Game Development | Unity. *Unity* [online]. [vid. 2023-02-19]. Dostupné z: <https://unity.com/solutions/nintendo-switch>
- [44] ZAMORA, Gabriel. Steam Deck 101: Everything You Need to Know About Valve's Handheld Gaming PC. *PCMag* [online]. [vid. 2023-02-19]. Dostupné z: <https://www.pcmag.com/how-to/steam-deck-101-everything-you-need-to-know-about-valves-handheld-gaming>
- [45] Steam Deck :: Tech Specs. *Steam Deck* [online]. [vid. 2023-02-19]. Dostupné z: <https://www.steamdeck.com/en/tech>
- [46] KNEZOVIC, Andrea. 163 Mind-Blowing Mobile Gaming Statistics for 2023 | Udonis. *Udonis Mobile Marketing Agency* [online]. 16. únor 2023 [vid. 2023-03-10]. Dostupné z: <https://www.blog.udonis.co/mobile-marketing/mobile-games/mobile-gaming-statistics>
- [47] *state of mobile gaming 2022* [online]. B.m.: Sensor Tower. Dostupné z: <https://go.sensortower.com/rs/351-RWH-315/images/state-of-mobile-gaming-2022.pdf>
- [48] Hyper-Casual Games. *AppLovin* [online]. [vid. 2023-03-10]. Dostupné z: <https://www.applovin.com/glossary/hyper-casual-games/>
- [49] KNEZOVIC, Andrea. Hybrid-Casual Games: Recipe for Long-Term Engagement - Udonis. *Udonis Mobile Marketing Agency* [online]. 27. únor 2023 [vid. 2023-03-10]. Dostupné z: <https://www.blog.udonis.co/mobile-marketing/mobile-games/hybrid-casual-games>
- [50] Mid-Core Games. *AppLovin* [online]. [vid. 2023-03-10]. Dostupné z: <https://www.applovin.com/glossary/mid-core-games/>
- [51] Mobile Game Business Models. *ironSource* [online]. [vid. 2023-03-10]. Dostupné z: <https://www.is.com/glossary/mobile-game-business-model/>
- [52] 5 Ways Gaming App Brings In Money | Starloop Studios Blog. *Starloop Studios* [online]. 28. červenec 2020 [vid. 2023-03-10]. Dostupné z: <https://starloopstudios.com/5-ways-gaming-app-brings-money/>
- [53] What is a Battle Pass? *Computer Hope* [online]. [vid. 2023-03-10]. Dostupné z: <https://www.computerhope.com/jargon/b/battle-pass.htm>
- [54] STEGNER, Ben. 2D Games vs. 3D Games: What Are the Differences? *MUO* [online]. 7. říjen 2020 [vid. 2023-03-10]. Dostupné z: <https://www.makeuseof.com/2d-games-vs-3d-games-differences/>
- [55] WRIGHT, Gavin. What is augmented reality gaming (AR gaming)? – TechTarget Definition. *WhatIs.com* [online]. [vid. 2023-03-10]. Dostupné z: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/augmented-reality-gaming-AR-gaming>

- [56] PEKÁR, Marian. Making a mobile game with motion sensors in Unity. *LogRocket Blog* [online]. 14. červenec 2022 [vid. 2023-03-10]. Dostupné z: <https://blog.logrocket.com/making-mobile-game-motion-sensors-unity/>
- [57] TELFER, Adam. Touch Control Design: Ways Of Playing On Mobile — Mobile Free To Play. *mobilefreetoplay* [online]. 26. červenec 2014 [vid. 2023-03-10]. Dostupné z: <https://mobilefreetoplay.com/control-mechanics/>
- [58] GameDev Glossary: Library Vs Framework Vs Engine. *GameFromScratch.com* [online]. 13. červen 2015 [vid. 2023-02-27]. Dostupné z: <https://gamefromscratch.com/gamedev-glossary-library-vs-framework-vs-engine/>
- [59] MAZMANYAN, Arsen. Game Engines vs Game Frameworks. *DEV Community* [online]. 11. červen 2021 [vid. 2023-02-27]. Dostupné z: <https://dev.to/arsenmazmanyan1104/game-engines-vs-game-frameworks-1icc>
- [60] JEAD. What platforms are supported by Unity? *Unity* [online]. 27. červen 2022 [vid. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://support.unity.com/hc/en-us/articles/206336795-What-platforms-are-supported-by-Unity->
- [61] Compare Unity plans: Pro vs Plus vs Free. *Unity* [online]. [vid. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://store.unity.com/compare-plans>
- [62] Frequently Asked Questions. *Unreal Engine* [online]. [vid. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://www.unrealengine.com/en-US/faq>
- [63] AppGameKit. *AppGameKit* [online]. [vid. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://www.appgamekit.com/>
- [64] Godot Engine - Free and open source 2D and 3D game engine. *Godot Engine* [online]. [vid. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://godotengine.org/>
- [65] Make 2D Games With GameMaker | Free Video Game Maker. *GameMaker* [online]. [vid. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://gamemaker.io/en>
- [66] Unity Asset Store - The Best Assets for Game Making. *Unity Asset Store* [online]. [vid. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://assetstore.unity.com/>
- [67] Unity - Manual: Asset Workflow. *Unity Documentation* [online]. [vid. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/510/Documentation/Manual/AssetWorkflow.html>
- [68] Unity - Manual: Android requirements and compatibility. *Unity Documentation* [online]. [vid. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/Manual/android-requirements-and-compatibility.html>
- [69] What is Graphics API. *arm Developer* [online]. [vid. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://developer.arm.com/documentation/ka005283/latest>
- [70] Unity - Manual: Gradle for Android. *Unity Documentation* [online]. [vid. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/Manual/android-gradle-overview.html>
- [71] Unity - Manual: How Unity builds Android applications. *Unity Documentation* [online]. [vid. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/Manual/how-unity-builds-android-applications.html>
- [72] Unity - Manual: Android environment setup. *Unity Documentation* [online]. [vid. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/Manual/android-sdksetup.html>

- [73] Unity - Manual: Building and delivering for Android. *Unity Documentation* [online]. [vid. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/Manual/android-building-and-delivering.html>
- [74] Joystick Pack | Input Management | Unity Asset Store. *Unity Asset Store* [online]. [vid. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://assetstore.unity.com/packages/tools/input-management/joystick-pack-107631>
- [75] Unity - Manual: How to use Unity Ads. *Unity Documentation* [online]. [vid. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/550/Documentation/Manual/UnityAdsHowTo.html>
- [76] Best practices for profiling game performance | Unity. *Unity Documentation* [online]. [vid. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://unity.com/how-to/best-practices-for-profiling-game-performance>

Podklad pro zadání BAKALÁŘSKÉ práce studenta

Jméno a příjmení: **František Machoň**
Osobní číslo: **I2000389**
Adresa: **Dlouhá 572, Trutnov – Horní Staré Město, 54102 Trutnov 4, Česká republika**
Téma práce: **Vývoj mobilní hry pro platformu Android**
Téma práce anglicky: **Development of a mobile game for the Android platform**
Jazyk práce: **Čeština**
Vedoucí práce: **Ing. Jakub Beneš**
Katedra informatiky a kvantitativních metod

Zásady pro vypracování:

Cílem bakalářské práce je prozkoumat, seznámit a rozšířit znalosti čtenáře v oblasti vývoje mobilních her. Dále pak prozkoumat existující populární mobilní herní enginy a porovnat je podle vybraných kritérií. Práce si dále klade za cíl seznámit čtenáře s možnostmi publikování vytvořených her. V praktické části práce je cílem vytvořit mobilní hru pro platformu Android s využitím znalostí z teoretické části práce.

Osnova:

- Úvod
- Vývoj mobilních her
- Porovnání mobilních herních enginů
- Vývoj mobilní hry ve vybraném enginu
- Shmutí, výsledky, závěr, literatura

Seznam doporučené literatury:

- Android Programming – The Big Nerd Ranch Guide (Bill Phillips, Chris Stewart, Kristin Marsicano, Brian Gardner)
- The Art of Game Design: A Book of Lenses (Jesse Schell)
- Introduction to Game Design, Prototyping, and Development (Jeremy Gibson Bond)

Podpis studenta:



Datum:

25.4.2023

Podpis vedoucího práce:



Datum:

23.4.2023