



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ**

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

**ÚSTAV POČÍTAČOVÉ GRAFIKY A MULTIMÉDIÍ**

DEPARTMENT OF COMPUTER GRAPHICS AND MULTIMEDIA

# **NÁVRH A IMPLEMENTACE ZÁVODNÍ POČÍTAČOVÉ HRY**

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A RACING GAME

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**TOMÁŠ DVOŘÁK**

**VEDOUcí PRÁCE**

SUPERVISOR

**doc. Ing. MARTIN ČADÍK, Ph.D.**

BRNO 2023

## Zadání bakalářské práce



146144

Ústav: Ústav počítačové grafiky a multimédií (UPGM)  
Student: **Dvořák Tomáš**  
Program: Informační technologie  
Specializace: Informační technologie  
Název: **Návrh a implementace závodní počítačové hry**  
Kategorie: Počítačová grafika  
Akademický rok: 2022/23

### Zadání:

1. Prozkoumejte historii a aktuální stav herního návrhu závodních her.
2. Z existujících herních engineů vyberte vhodný pro implementaci. Se zvoleným herním engineem se seznámte a popište jeho vlastnosti.
3. Navrhněte novou závodní hru na základě získaných poznatků.
4. Navrženou hru implementujte a v postupných iteracích experimentujte s různými návrhy a herními mechanikami.
5. Prezentujte výslednou hru formou plakátu a krátkého videa.

### Literatura:

Dodá vedoucí práce.

- Koster, Raph. Theory of fun for game design. O'Reilly Media, Inc., 2013.
- Schell, Jesse. The Art of Game Design: A book of lenses. CRC press, 2008.
- Unity Learn. Unity, <https://learn.unity.com/>.

Při obhajobě semestrální části projektu je požadováno:

Body 1-3 zadání.

Podrobné závazné pokyny pro vypracování práce viz <https://www.fit.vut.cz/study/theses/>

Vedoucí práce: **Čadík Martin, doc. Ing., Ph.D.**

Vedoucí ústavu: Černocký Jan, prof. Dr. Ing.

Datum zadání: 1.11.2022

Termín pro odevzdání: 10.5.2023

Datum schválení: 31.10.2022

## Abstrakt

Cílem práce je vytvořit závodní hru, pro obnovení zájmu o tento žánr. Hra je vyvíjena v Unity a je inspirovaná mnoha známými tituly. Nejvíce se podobá hře Trackmania. Hráč závodí na jedné předem vytvořené mapě a účel hry je dojet do cíle co nejrychleji, a tím porazit předem najeté časy. Celkově hráč může získat tato ocenění – žádné, bronzové, stříbrné, zlaté a platinové. Práce popisuje nejen implementaci hry, ale také testování a změny na základě této zpětné vazby.

## Abstract

The aim of this thesis is to create a racing game in order to revive this genre. The game is developed in Unity game engine and uses similar elements from other popular titles. However, it is most reminiscent of Trackmania. The player drives around in a course and tries to beat preset times. There are five ratings in total – none, bronze, silver, gold, platinum. The thesis does not only describe the implementation of said game, but it also contains the data gathered from testing and major changes made thanks to user responses.

## Klíčová slova

hra, videohra, počítačová hra, závodní hra, model formule VUT, Unity, C#, model fakulty, herní vývoj

## Keywords

game, videogame, computer game, racing game, model of BUT formula, Unity, C#, model of faculty, game development

## Citace

DVOŘÁK, Tomáš. *Návrh a implementace závodní počítačové hry*. Brno, 2023. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií. Vedoucí práce doc. Ing. Martin Čadík, Ph.D.

# Návrh a implementace závodní počítačové hry

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením pana doc. Ing. Martina Čadíka Ph. D. Uvedl jsem všechny literární prameny, publikace a další zdroje, ze kterých jsem čerpal.

.....

Tomáš Dvořák  
6. května 2023

## Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu práce panu doc. Ing. Martinu Čadíkovi Ph.D. za konzultace a užitečné rady, Vítu Staničkovi a Martinu Kíni za ochotu a pomoc s testováním hry a panu Vítězslavu Dembinnému a celé firmě PanoPro s.r.o. za poskytnutí 3D modelu fakulty.

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Teorie</b>	<b>4</b>
2.1	Začátek videoher . . . . .	4
2.2	Historie závodních her . . . . .	5
2.3	Současnost . . . . .	13
2.4	Herní engine Unity . . . . .	13
2.4.1	Komponenty v Unity . . . . .	13
<b>3</b>	<b>Implementace</b>	<b>16</b>
3.1	První kroky . . . . .	16
3.2	Model formule . . . . .	17
3.3	Řízení a ovladatelnost formule . . . . .	19
3.4	Kamerový systém . . . . .	20
3.4.1	Smooth Camera . . . . .	20
3.4.2	Camera Manager . . . . .	22
3.5	Mapa a terén . . . . .	25
3.5.1	Mapa fakulty . . . . .	25
3.5.2	Vlastní mapa . . . . .	26
3.5.3	Kontrolní body . . . . .	27
3.5.4	Most . . . . .	28
3.5.5	Stromy, tráva a detaily . . . . .	28
3.6	HDRP . . . . .	29
3.6.1	Vodní shader . . . . .	29
3.7	Scény . . . . .	30
3.8	Uživatelské rozhraní . . . . .	31
3.8.1	Návod na ovládání . . . . .	31
3.9	Zvuky . . . . .	32
3.9.1	Řazení formule . . . . .	32
3.9.2	Ozvěna . . . . .	33
3.9.3	Hudba na pozadí . . . . .	34
3.10	Změny na základě testování . . . . .	34
3.10.1	Změny po prvním dotazníku . . . . .	34
3.10.2	Změny po druhém dotazníku . . . . .	36
<b>4</b>	<b>Testování</b>	<b>38</b>
4.1	Dotazník . . . . .	38
4.2	Analýza výsledků . . . . .	38

4.2.1	Výsledky dotazníku první verze . . . . .	38
4.2.2	Výsledky dotazníku druhé verze . . . . .	39
4.2.3	Shrnutí dat . . . . .	39
4.3	Závěr testování a budoucí vývoj . . . . .	41
<b>5</b>	<b>Závěr</b>	<b>42</b>
	<b>Literatura</b>	<b>43</b>
<b>A</b>	<b>Dotazník ke hře</b>	<b>46</b>
A.1	První verze dotazníku . . . . .	46
A.2	Nové otázky pro druhou verzi . . . . .	47
<b>B</b>	<b>Plakát</b>	<b>48</b>

# Kapitola 1

## Úvod

Videohry jsou v dnešní době velmi rozsáhlou zábavní a volnočasovou aktivitou. Dnes máme tak moderní technologie, že i mobilní zařízení dokáže hrát hry, které byly prvně vytvořeny na stolní počítač. Dokonce existují programy, které umožňují hrát hry na jiných zařízeních a operačních systémech, než na které byly dané hry vytvořeny. Mnoho herních platforem prošlo spoustou změn, avšak jedna zůstává nezměněna – počítač.

Počítač zastupuje jednu z nejvýkonnějších platforem a nabízí spoustu možností pro vývoj různorodých her. To samozřejmě přináší jak pozitiva, tak i negativa. Jistě nepřekvapí, že existují velice realistické hry, ovšem tato realističnost stojí velké množství úsilí a peněz. Hry mohou vytvářet jak jednotlivci, tak i obrovská studia se stovkami lidí. Samozřejmě, že se hry liší ve velikosti a rozsahu, ale obecně je tvorba her dlouholetá a náročná práce. Pokud samostatný vývojář chce vytvořit kvalitní hru, musí dělat práci za několik lidí zároveň – grafik, designér, programátor a tester.

Asi nikoho nepřekvapí, že existuje velká spousta herních žánrů. Od strategických her, přes střílečky, simulátory a sportovní hry až po hry pro děti. Bohužel, ne všechny žánry jsou stejně populární a jedním, dnes již málo populárním žánrem, jsou závodní hry. Ovšem nebylo tomu tak vždy. Většina hráčů jistě hrála nebo alespoň slyšela o franšizách Need for Speed, Mariokart, Gran Turismo, Trackmania nebo Ridge Racer. Dnes stále existují nové a moderní tituly, ovšem celkový zájem o tento typ her výrazně klesl.

Proto je cílem této práce vytvořit funkční implementaci závodní hry a oživit zájem o tento žánr. Vytvořená hra se nejbližší podobá Trackmanii, ale využívá mechaniky i z jiných závodních her. Hráč závodí proti předem nastaveným časům, aby získal co nejlepší hodnocení. Hodnocení je celkem pět – žádné, bronzové, stříbrné, zlaté a platinové. Mapa, po které formule jezdí, obsahuje spoustu detailů, ať už vizuálních nebo zvukových. Hra je vyvíjena v herním enginu Unity, protože je jeden z nejpoužívanějších enginů pro tvorbu her malými vývojáři.

V kapitole 2 jsou stručně popsány začátky her, historie závodních her a komponenty herního enginu Unity. Kapitola 3 obsahuje popis implementace hry a různé chyby a triky, na které se narazilo při vývoji. Testování a zpětná vazba hráčů je popsána v kapitole 4.

# Kapitola 2

## Teorie

Cílem této kapitoly je čtenáři představit historii závodních her, jak vypadají závodní hry v dnešní době a popsat prvky a komponenty Unity využití v této práci.

### 2.1 Začátek videoher

Mnoho lidí by řeklo, že první videohra byla Pong od firmy Atari z roku 1972. Je pravda, že Pong byla první videohra, která ve své podstatě odstartovala komercializaci her a dostala herní průmysl do povědomí lidí. Na úplném začátku hry nebyly tvořeny za účelem výtěžku. Jednalo se zejména o prototypy, doktorské práce nebo jako ukázka možností tehdejší nejmodernější technologie. Mnoho těchto prací není podrobně zdokumentováno, ale i tak dnes můžeme s určitou přesností říct, která videohra byla skutečně první.

Uchazečů o první místo je hned několik. Např.: **Computer Space** (1971), **Baer's Brown Box** (1968), **Spacewar!** (1962), **Tennis For Two** (1958), **OXO** (1952), **Sheep & Gates** a **Draughts**. Zajímavá je hlavně hra **Tennis For Two**, protože se jedná o předchůdce hry Pong. Hra byla vytvořena v roce 1958 Williamem Higinbothamem. Jedná se



Obrázek 2.1: Fotografie rekonstruované hry Tennis For Two (z přílohy [32])

o jednoduché pinkání míčku přes síť. Pro zobrazení hry využil osciloskop a analogový počítač. Tento počítač sloužil především pro výpočet trajektorií balistických raket, proto je simulace míčku velmi věrohodná.

Důležité je zmínit, že čím starší hra, tím více potřebujeme zadefinovat, co je vlastně videohra. Každý by jistě dokázal vytvořit vlastní definici videohry podle zkušeností a potřeb uživatele. Hodinový dokument od uživatele Ahoy[2] zadefinoval videohru takto:

1. Musí existovat praktická implementace.
2. Musí být tvořena z nějakého video signálu.
3. Hráč může interagovat s daným signálem.
4. Primární cíl videohry je zábava.
5. Hra je hratelná pouze skrze video display.

Podle těchto pravidel by první videohra byla z roku 1952 se jménem **Draughts**. Draughts je všem dobře známá desková hra – dáma. Na hře Draughts Christopher Strachey pracoval už v roce 1951. Jenže tehdy psaní kódu bylo neefektivní a neexistoval jiný způsob, než psát na kód papír a ten následně „vytisknout“ na děrnou pásku. Tím pádem nemohl nijak ověřit funkčnost kódu při vývoji a protože jeho kód nefungoval efektivně, tak se vývoj protáhl až do roku 1952.

## 2.2 Historie závodních her

Každý hráč by jistě dokázal vyjmenovat alespoň jednu hru reprezentující specifický žánr. U závodních her je určitě nejznámější franšiza **Need for Speed** od firmy EA (Electronic Arts). Ovšem úplně první hra s názvem **The Need for Speed** vyšla až v roce 1994. Jestliže hra Pong vyšla v roce 1972, tak nám stále chybí 22 let do jedné z neznámějších závodních franšíz.

Základy závodních her a simulátorů vychází z vojenství. Nedaleko Švýcarského okresu Zurzach se nachází muzeum vojenské techniky. V 70 letech 19. století Švýcarská armáda vytvořila analogový simulátor řízení tanku. Celkem existovalo pouze dvanáct kusů a docho-



Obrázek 2.2: Řídící kabina simulátoru[23]

val se jen jeden. Ukázkou simulátoru a krátké dokumentární video natočil Tom Scott[23]. Simulátor vznikl z důvodu vysokých nákladů při tréninku vojáků. Řidič tanku dostal mikrofon a sluchátka, nasedl do kabiny a řídil se pokyny další osoby mimo kabinu. Kabina simuluje hluk motoru, řazení tanku, a dokonce pomocí hydraulického systému i nerovnosti v terénu. Ve své podstatě se jedná o tzv. **serious game**<sup>1</sup>.

Řidiči je kamerou přenášén živě přenos z „hrací plochy“. Tu tvoří jednoduchý fyzický model vesničky. Řidič ovládá malou kovovou desku, která simuluje pozici tanku na modelu a jakákoliv nerovnost terénu je přenesena do kabiny. Tímto způsobem řidič dostává reálnou zkušenost, jak řídit tank.



Obrázek 2.3: „Hrací plocha“ simulátoru[23]

Asi nikoho nepřekvapí, že se k těmto zařízením obyčejný člověk nedostal. Existovaly ale arkádové hry, které mohly hrát i děti. Kniha od Billa Loguidice a Matta Bartona[7] detailně popisuje arkádové závodní hry v této době. V roce 1976 vyšla hra F-1 od firmy Atari/Namco. Dochávala se i funkční verze této hry a dokonce její majitel natočil nejen



Obrázek 2.4: Závodní kabina hry F-1[31]

funkční provoz, ale také pohled dovnitř stroje[31]. Jedná se o elektromechanickou hru, takže

<sup>1</sup>Serious game – Vážná hra, hra která má jiný účel, než pobavit hráče, např. za cílem vzdělání nebo procvičení dovedností

hráč ovládá fyzický model autíčka, který se otáčí na fyzické hrací ploše (disku). Následně je analogový obraz projektován hráči na CRT monitor.

Velkým krokem kupředu byla hra **Turbo** od firmy **SEGA**. Hra nabízí nejen barevný obraz, ale také pohled z první a třetí osoby a 2.5D prostorem. Principiálně hra není příliš zajímavá. Hráč musí předjet 30 vozidel za daný časový úsek. Pokud hráč dokáže vozidla předjet, čas se prodlouží a může hrát dál, pokud vozila předjet nedokáže, hra končí. Za zmínku také stojí hra **OutRun**, opět od firmy SEGA, která vyšla v roce 1986. Hra nebyla příliš obtížná a soustředila se více na audiovizuální prvky. Dokonce jedna varianta tohoto arkádového stroje měla hydraulické píсты pro prohloubení herního zážitku.[7].



Obrázek 2.5: Hra OutRun ve hře Yakuza 0

Zajímavost: Firma SEGA je nakladatel pro herní sérii **Yakuza**. Protože první díl Yakuza 0 se pohybuje v Japonsku přibližně okolo roku 1989, tak hráč může protřednictvím hlavního hrdiny navštívit obchod z hrami a stroji, kde se nachází kabiny s hrami OutRun a SpaceHarrier, které jsou právě od firmy SEGA. Hráč má možnost tyto hry hrát a jsou plně funkční, jako v době, kdy vyšly. Sice hráč nemá ten pravý zážitek ze skutečného stroje, ale tento prvek přidává hře Yakuza na realističnosti.

Na přelomu 90. let pomalu arkádové stroje začínají upadat a jsou nahrazované herními konzolemi a počítačem. Konzole of firem Sony, Nintendo a SEGA byly jedny z nejpobulárnějších. Hry na počítači, a vlastně i celý herní průmysl, posunula zejména hra **DOOM** od idSoftware v roce 1993. Před tím, než se začneme bavit o hrách na PC, tak za zmínku stojí **Super Mario Kart**<sup>2</sup> od firmy Nintendo z roku 1992. Přináší **power sliding**<sup>3</sup> a powerupy, které hráč získá při přejetí speciálního bloku. Tyto powerupy slouží pro zpestření závodění. Hra je tedy více arkádového typu a snaží se zábavnou formou reprezentovat závodění, než aby simulovala reálný závod.

Na velmi podobném principu funguje hra **Re – Volt** z roku 1999. Objevují se zde klíčové prvky hry Mariokart, ale v mnohem lepším provedení. Vylepšené grafické elementy, 3D modely a mapy, lepší hratelnost, multiplayer, velmi zdařilý kamerový systém, mnohem více

<sup>2</sup>[https://www.mariowiki.com/Super\\_Mario\\_Kart](https://www.mariowiki.com/Super_Mario_Kart)

<sup>3</sup>Power slide – Ve své podstatě se jedná o driftování (řízený smyk).

modelů autíček, více herních režimů atd. Narozdíl od hry Mariokart a i jiných závodních titulů, zde hráč nemá možnost driftovat. Hra Re-Volt byla jednou z hlavních inspirací pro tuto práci. Existuje i modernizovaná, komunitou vytvořená, verze s názvem RVGL<sup>4</sup>. Ta přidává vlastní launcher, podporu pro 4K rozlišení, podporu různých gamepadů, vozidla z různých distribucí hry (PC, Dreamcast, N64), novou hudbu a podporu pro multiplayer...



Obrázek 2.6: Závod v RVGL v botanické zahradě

Velmi zajímavým odvětvím jsou závodní hry, které vyvyšují kaskadérské kousky, praštěnou fyziku a demolici terénu, spíše než realističnost a závodění v pravém slova smyslu. Hry Midtown Madness (1999) a Crazy Taxi (1999) jsou velmi dobrým příkladem. Ve hře Crazy



Obrázek 2.7: Nerealistická arkádová fyzika ve hře Midtown Madness 2

<sup>4</sup><https://rvgl.org/>

Taxi je cílem dovézt zákazníka na určené místo. Čím více šilených kousků hráč udělá, tím se jeho skóre a rychlost taxíku zvyšuje. Klíčovým prvkem této hry je výborný soundtrack. Na druhou stranu, hra Midtown Madness 2 je rozdělena do několika herních režimů. Hráč může závodit proti počítači nebo i na čas, ale hlavním módem je tzv. Cruise. Ve své podstatě se jedná o otevřený svět. Hráč si vybere vozidlo, počasí, denní dobu a může se svévolně projíždět po Londýně nebo San Franciscu. Po mapě jsou různě rozmístěni policisté, kteří nejen přidávají na realističnosti hry, ale také způsobují větší chaos. Na chaosu přidává i již zmíněná méně realistická fyzika a při smíchání všech prvků dohromady vzniká hra na vyřádnění a „vyblbnutí“.

Protipólem hry MarioKart a Re-Volt je **Ridge racer** (1994 PS1) **Gran Turismo** (1998) a **Need for Speed** (1994). Tyto hry se naopak snaží o realistické ztvárnění aut a vozidel. Zároveň přinášejí plně polygonální 3D svět[1]. Cílem her byl standardní závod na tři kola, kdo dorazí do cíle první, tak vítězí. První verze těchto her by se daly považovat za vážné hry. Hráč závodí s reálnými vozy na reálných nebo fiktivních tratích, městech, pohoří nebo vesnicích a venkově s reálnými dobovými auty. Například v **Need for Speed Porsche Unleashed** hráč závodí na různých místech Francie jako jsou Korsika, Normandie, Pyreneje<sup>5</sup>. . . Dále se práce věnuje zejména sérii **Need for Speed** za dob vývoje studia **Black Box**. Nejen proto, že jsem většinu těchto titulů hrál, ale také kvůli jejich dopadu na herní průmysl.



Obrázek 2.8: Porsche Unleashed nabízí nahlédnutí do interiéru aut

Hra **Need for Speed Hot Pursuit 2** (2002) posunula závodní hry úplně jiným směrem a to zejména díky herní mechanice – **nitro**. Nitro do této doby byla obskurní mechanika a sloužila především pro rychlé a krátké zvýšení akcelerace vozu. Vše změnil o rok starší díl

<sup>5</sup>[https://nfs.fandom.com/wiki/Need\\_for\\_Speed:\\_Porsche\\_Unleashed](https://nfs.fandom.com/wiki/Need_for_Speed:_Porsche_Unleashed)

Need for Speed Underground, který proslavil nitro a následně se stává vysoce populární mechanikou arkádových závodních her. Téměř všechny arkádové závodní hry adoptují nitro jako jednu z hlavních mechanik. Jak z názvu hry vyplývá, „underground“ (z angl. podzemí), hra přechází ze seriózní závodní hry s exotickými auty na tuner kulturu a nelegální závodění ve městech<sup>6</sup>. Hra přináší příběh, velké množství modifikací a přídavek do vozidel, již zmíněné nitro a mnohem lepší zvukové efekty včetně lepších grafických prvků. Důležité je zmínit, že hra se stala velice populární zejména díky filmu **The Fast and the Furious** (2001), který se zaměřuje na tuner kulturu. Ve hře se objevují klasické herní módy – circuit



Obrázek 2.9: Standardní závod v Underground

(závod na kola), sprint (závod z bodu A do bodu B), knockout (závod na kola, ale poslední vypadává) a jako novinkou je drag race a drift. Drag race připomíná sprint, ale narozdíl od sprintu, hráč musí řadit manuálně a jede po rovince s minimálními zatáčkami. Drift je závod v malém okruhu na kola a cílem hráče je získat co nejvíce bodů z řízeného smyku. Čím delší smyk, tím více bodů hráč získává.

V roce 2004 vychází druhý díl Need for Speed Underground 2. Tento díl staví na pevných základech předchozího dílu a rozšiřuje je. Lepší ovladatelnost, zvuk, hrátelnost, modifikace vozidel, testování vozidla na dynamometru a dokonce se objevuje i otevřený svět. Hráč může libovolně jezdit ve fiktivním městě Bayview a buď vyzvat náhodného řidiče k závodu, nebo se dostavit k lokaci kde se závod koná. Opět se zde objevuje příběh a stejné herní módy. Nejklíčovějším prvkem v této hře tvoří modifikace vozidel. Ta je bezkonkurenčně

<sup>6</sup>[https://nfs.fandom.com/wiki/Need\\_for\\_Speed:\\_Underground](https://nfs.fandom.com/wiki/Need_for_Speed:_Underground)

nejlepší z celé série. V Underground hráči mohli upravit pár dílů na voze, přidat pár polepů nebo měli na výběr z různých přednastavení tuning setů, které jednoduše přidali na výkonu vozidla. Ovšem v Underground 2 je možností upravit si své oblíbené vozidlo téměř nespočetně. Modifikace motoru, převodovky, brzd, přidání turba a řídicí jednotky motoru, lepší odpružení kol, výběr z hromady nárazníků, kapot, pneumatik, světel, zpětných zrcátek, výfuků, díly z karbonového vlákna, přebarvení jednotlivých dílů, polepy, neony pod autem, v motoru, v kufu, různé barvy světel, nitra, skel, varianty hydraulického systému, různé typy otevírání dveří a plná modifikace kufu.



Obrázek 2.10: Rozmanitý tuning vozidel ve hře Underground 2

Dalším velice důležitým dílem je Need for Speed Most Wanted (2005). Tento díl přináší zpátky policisty a z nočního prostředí a underground tuner kultury se přemísťuje do světlého denního prostředí s tematikou pouličních závodů. V této hře je cílem být nejvíce pověstným řidičem v Rockportu. Modifikace vozidel není tak komplexní oproti Underground 2, za to ale přináší úplně novou stylizaci a grafiku, lepší uživatelské rozhraní a geniální provedení detailů a s tím související adaptibilní hudba.

Auta a zejména civilní vozidla mají více polygonů, mapa je detailnější a umožňuje větší destrukci prostředí. Ta je zejména důležitá pro policejní honičky a související herní režimy a úkoly. Bourat do civilních i policejních vozidel, poškodit co nejvíce veřejného majetku v hodnotě několika tisíc dolarů, naschvál prodlužovat délku honičky a ujíždět policistům několik minut nebo ujet co nejrychleji. Zároveň se při policejních honičkách na mapě objevují speciální lokace označené červeným trojúhelníkem. Tyto místa slouží pro hráče, aby je využil proti policistům. Jedná se o benzínky, lešení s trubkami, billboardy, elektrické vedení apod.

Hráč může těmito místy projet, a tím je zničit. To zapříčiní sesypání trubek nebo padání billboardu na policisty jedoucí za hráčem. Ty vyřadí policisty z provozu, tím pádem hráč může snáze ujet.

Velmi zajímavý prvek zde tvoří využití policejních kódů a hovory skrz vysílačky. Policisté mezi sebou komunikují o aktuální lokaci hráče. Pokud hráč dobře poslouchá, tak může předčasně zjistit plány policistů, aktivně se vyhnout záatarasám a zastavovacím pásmům. Z obyčejného detailu, který se jeví jako bezvýznamný, se stává seriózní mechanika pro jednodušší ujíždění policistům. Velmi unikátním detailem je adaptibilní hudba při policejních honičkách. Principiálně mechanika naházení není komplikovaná. Pokud hráč stojí na místě, nebo když jede příliš pomalu, tak se plní indikátor zatčení. Logicky, při naplnění indikátoru policisté hráče zatknou. Když policistům ujíždí, tak se naopak plní indikátor ujetí. Po naplnění indikátoru ujíždění, policisté zahajují pátrání po hráči. Hráč může využít různé lokace pro schování aby rychleji naplnil indikátor úniku. Pokud však policisté hráče naleznou, vrací se zpátky do honičky. Jestliže ho i tak nedostihnou, hráč úspěšně unikl. Ke každé z těchto částí hra přizpůsobuje hudbu. Při pokusu o zatčení hráče, ničení veřejného majetku, úniku nebo schování, hrají speciální pasáže. Dynamika hudby se mění podle aktuální situace.



Obrázek 2.11: Vylepšená grafika a modely aut v Most Wanted

V roce 2008 vyšel díl s názvem Undercover. Tento díl je, bohužel, zejména význačný únavou studia. Díky každoročnímu vydávání titulů a nedostatku času na jejich vývoj, kopíruje mechaniky z Most Wanted, policejní honičky, tuning a modifikace vozidel. Také ovladatelnost, dynamika hry i zvuk jsou průměrné. Nejsou zde žádné zajímavé a unikátní prvky jako v předešlých dílech. Celkově hra působí nedokončeně a neúplně. Každopádně na rok 2008 hra vypadá neuvěřitelně a obsahuje velmi pěkné grafické detaily a kvalitní textury. Bohužel toto jsou jediné silné stránky této hry. Hru následně přebírá studio Criterion Games a studio Black Box je v roce 2013 rozpuštěno.

## 2.3 Současnost

V současné době popularita závodních her není zdaleka tak vysoká jak dříve. Zde také vznikla myšlenka za touto prací. Vytvořit závodní hru a zkusit oživit zájem o tento žánr. Stále existují moderní závodní hry např.: Forza Horizon 5, BeamNG.drive, Need for Speed Unbound, Dirt Rally a F1 2022. Ty se spíš vrací zpátky k simulaci reálného závodu, než aby připomínaly některé ze zmíněných starých klasik. BeamNG.drive je spíše sandboxová<sup>7</sup>, až vážná hra. Věrohodná simulace nárazů, promačkávání plechu, fyzika i ovládání vozidel. Forza Horizon a Dirt připomínají Need for Speed Porsche Unleashed – realističnost závodu s realnými vozidly. Forza Horizon je částečně i sandbox, kde si hráč tvoří vlastní zábavu. Nedávno také vyšel další díl ze série Need for Speed s názvem Unbound. Tento díl ovšem hráče příliš nezaujal a na herní platformě Steam dostal smíšené hodnocení – 64% pozitivních z 9000 celkových hodnocení. Oproti tomu Forza Horizon 5 má 88% pozitivních ze 100 000 celkových hodnocení. Zajímavý element v této hře tvoří animované efekty kouře a postav, aerodynamických efektů, nitra apod.

Velmi zajímavou částí v dnešní době také tvoří virtuální realita. I přes malé množství uživatelů, kteří vlastní headset pro virtuální realitu, existují závodní hry, které ji využívají pro zvýšení herního požitku. Kayak VR: Mirage se soustředí hlavně na vizuální prvky a krásu přírody, ale také v těchto místech umožňuje závodění na kajaku. Simulační závodní hry typu CarX a Dirt Rally 2.0 podporují připojení headsetu pro virtuální realitu. Tímto vzniká jedinečná příležitost, kdy hráč sedí ve vozidle, případně může připojit volant, pedály a řadící páku, a tím vzniká plně realistický herní zážitek.

## 2.4 Herní engine Unity

Unity je multiplatformní herní engine pro tvorbu 2D a 3D videoher. Jde o jeden z nejpopulárnějších herních enginů pro začátečníky a malé vývojáře. Použití je velice snadné a s webovým obchodem Unity Asset Store má vývojář téměř neomezené možnosti pro vývoj her. Zároveň je zcela zdarma pro výdělky pod 100 000\$ za rok.

### 2.4.1 Komponenty v Unity

Tato sekce popisuje jednotlivé komponenty a třídy v Unity využité v této práci. Jedná se zejména o technický popis a vysvětlení, co komponenta dělá a k čemu slouží. Zároveň tato sekce slouží pro sjednocení terminologických výrazů používaných v implementační části. Pro konkrétnější popis jednotlivých komponent doporučuji manuál Unity<sup>8</sup>.

### Scene

Ve scénách se odehrává celá hra. Hra může využívat více než jednu scénu a libovolně mezi nimi i přepínat. Výhodné jsou zejména pro oddělení hry a hlavního menu, nebo při použití vícero map.

---

<sup>7</sup>Sandbox – Doslova pískoviště, hra sloužící zejména pro kreativitu, hráč si dělá co chce, velmi často u těchto her chybí příběh a hráč si tvoří vlastní zábavu

<sup>8</sup><https://docs.unity3d.com/Manual/index.html>

## GameObject

GameObject je základní stavební kámen v celém engine. Ve své podstatě je každý objekt GameObject. I když sám o sobě nevykonává žádnou činnost, obsahuje informaci o své poloze v prostoru, své rotaci a velikosti. Nabízí ovšem možnost přidání mnoha komponent, které tvoří vlastnosti daných objektů. Zároveň je možno prázdné objekty využít pro tvorbu čitelnější hierarchie.

## Camera

Kamera umožňuje hráči vidět hru. Společně s touto komponentou souvisí i AudioListener, který předává informace o zvuku. Dohromady tvoří jednu z nejdůležitějších částí každé hry – možnost vidět a slyšet. Ve scéně může být několik aktivních kamer zároveň, mezi kterými lze přepínat, ale pouze jeden aktivní AudioListener.

## Terrain

Terrain slouží pro tvorbu mapy, na které se hra odehrává. Umožňuje nanášet textury, vyvyšovat nebo snižovat terén, přidávat stromy nebo detaily. Pro detekci kolize s terénem využívá Terrain Collider. Obsahuje různá nastavení ohledně působení větru a světla na terén a jednotlivé elementy v terénu.

## Mesh

Mesh je označení pro síť polygonů, která tvoří polygonální modely. Záleží na specifických technologiích použitých při vývoji hry, ale dnes téměř všechny 3D modely tvoří mesh. S polygonovou sítí souvisí i úroveň detailů sítě, neboli **Level of Detail**.

## Prefab

Prefab vychází z anglického Prefabricated object (předchystaný objekt). Umožňuje vývojářům ukládat objekty se všemi komponentami a hodnotami pro budoucí užití. Tato metoda je velmi výhodná zejména pro využití předvytvořených balíčků (např. stromů, efektů, trávy nebo kamení).

## Canvas

Canvas je oblast, ve které se nachází všechny prvky uživatelského rozhraní. Souvisí s ní TextMeshPro. Ten umožňuje přidání prakticky všech potřebných elementů k tvorbě hry do uživatelského rozhraní. Od obyčejného textu po posuvníky a obrázky.

## AnimationCurve

Z názvu samotné komponenty nepřekvapí, že AnimationCurve se nejčastěji vyskytuje v animacích. Dají se také využít k jakémukoli zdefinování vlastních křivek a funkcí. Toto je velmi výhodné při práci s lineární interpolací, zvukovými křivkami a nebo jakoukoli jinou postupnou změnou hodnot v čase.

## WheelCollider

Základní komponenta pro vozidlo. Obsahují veškeré potřebné informace pro správnou funkci automobilu. Od váhy kola přes odpružení až po smykové tření. Všechny jednotlivé elementy musí být precizně nastavené, jinak může nastat mnoho problémů s fyzickým enginem. Jmenovitě např.: nemožnost vyjetí kopce, vymrštění vozidla do vzduchu při dotyku s terénem, nebo specifické třesení vozu ze strany na stranu.

## Collider

Collider řeší veškerou logiku s kolizemi. Existuje mnoho variant – Box collider (tvar kostky), capsule collider (tvar tobolky), sphere collider (tvar koule), mesh collider... Slouží především pro tvorbu pevných objektů, zemí nebo zdí. Zároveň může být nastaven jako Trigger. Trigger slouží pro detekci kolize, když hráč vjede/vyjede z objektu. Rozdíl mezi colliderem a triggerem je ten, že hráč nemůže prostoupit skrz collider. Pro detekci kolize je možno využít i raycasting.

## AudioSource

AudioSource umožňuje vysílat zvuky do prostoru a AudioListener je odposlouchává. Umožňuje různými způsoby měnit hlasitost a tón zvuku, dopplerův jev a rozložení zvuku do prostoru (2D nebo 3D). Při využití 3D rozložení může vývojář ovlivnit jak hráč slyší daný zvuk.

## Particle System

Velmi komplexní a složitá komponenta, která obsahuje přes dvacet různých modulů. Obsahuje vše potřebné pro tvorbu různých efektů, např. oheň, voda, kouř, pára, magické efekty a kouzla atd. Vývojář má možnost editovat rychlost, barvu, délku života, rotaci, sílu která působí na efekty aj.

## Kapitola 3

# Implementace

Tato část popisuje postupnou tvorbu hry a vývoj ve finální produkt. Ukazuje, jakým způsobem se přistupovalo k problémům, jejich řešení, případně jaké různé triky byly použity k dosažení požadované funkce nebo i slepé cesty. Pro tvorbu závodní hry bylo využito herního enginu Unity verze 2021.3.7f1, pro tvorbu modelů Blender verze 3.4.0. a pro různé úpravy obrázků nebo textur nástroj GIMP. Podrobnější detaily k modelům, zvukům a efektům jsou rozepsané v konkrétních sekcích.

### 3.1 První kroky

Protože jsem s Unity pracoval poprvé, problematický byl primárně počátek vývoje hry. Nápad na hru existoval, ale chyběla znalost s prací v Unity. Naštěstí tento problém vyřešil sedmihodinový tutoriál od Jimmyho Vegase se jménem: *How to make a driving & racing game in Unity C# tutorial*[12]. Tutoriál dobře řeší většinu problémů, na které začátečník narazí – jak vytvořit projekt, jak funguje scéna, základní práci s uživatelským rozhraním, objekty terénem, práce s texturami a texturace terénu, naimportování vozidla z **Unity Standard Assets**<sup>1</sup> balíčku, jednoduchá práce s kamerou, psaní a použití skriptů a mnoho dalšího. I přes užitečné rady, které mi do začátku tutoriál dal, bych jeho sledování a použití nedoporučoval a to hned ze dvou důvodů:

1. Unity Standard Assets balíček už na nové verzi Unity nelze stáhnout. Firma Unity Technologies smazala tento balíček z **Unity Asset Store**<sup>2</sup>. Pokud uživatel balíček měl stažený tak má možnost jej znovu stáhnout, ale nově přichozí uživatel se k tomuto balíčku nedostane a tutoriál se o něj velmi silně opírá.
2. Tutoriál je zastaralý a velmi zjednodušený. Video bylo publikováno na YouTube v roce 2019 a v některých částech je příliš stručný a ve výsledku jen přidělá práci. Hodně věcí bylo v herním enginu vylepšeno nebo změněno, takže různé obcházení problémů nebo nějaké „triky“ ukázané ve videu, jsou dnes úplně zbytečné a dají se řešit mnohem lépe.

I přes tyto nevýhody dokázal tutoriál dobře nasměrovat a vysvětlil základní práci s Unity.

<sup>1</sup>Obecně se jedná o balíček na tvorbu her. Obsahoval různé skripty, modely vozidel, vodní shadery, různé efekty, zvuky atd.

<sup>2</sup>Unity Asset Store – Jedná se o webový obchod který obsahuje jak placené tak i bezplatné prostředky pro tvorbu her.

## 3.2 Model formule

Z důvodu, že balíček už není podporovaný a i tehdy byl vytvořen pro verzi Unity 2018, bylo nutné se od něj co nejrychleji odtrhnout. Jako první na řadě byla změna vozidla. V prvotním návrhu byl plán vytvořit formuli VUT a jezdit s ní na fakultě FITu. Ve výsledku hra vypadá zcela jinak z důvodů popsaných v podsececi 3.5.1.

Nyní ale k modelu formule. Model byl zhotoven v softwaru Blender verze 3.4.0 za pomoci dvou referenčních obrázků[19] a referenčního manuálu blender.



Obrázek 3.1: Referenční obrázek pro materiály a detaily

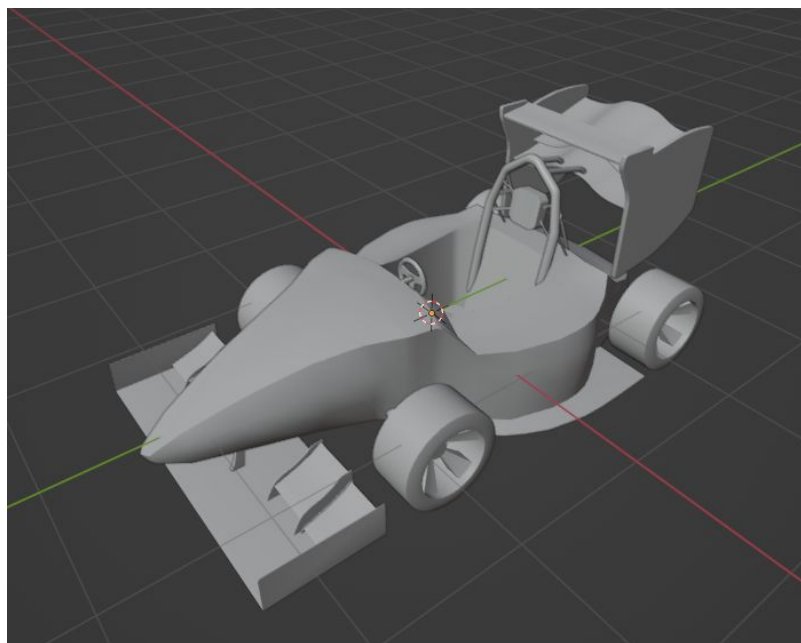
Fotografie 3.1 posloužila k podrobnému prostudování materiálů na formuli. Zároveň fotografie usnadnila zpřesnění detailů při finalizaci modelu. Jmenovitě především: přední a zadní spoiler, karoserie, boční nárazníky a opěrka na hlavu.

Druhá fotografie sloužila zejména pro vytvoření obrysu, celkového tvaru a proporcí modelu.



Obrázek 3.2: Referenční obrázek pro tvorbu modelu

Výsledný model nese různá zjednodušení a neodpovídá opravdovému vozidlu. Například model nemá motor ani žádné detaily vozidla jako jsou: převodovka, baterie, detaily podvozku a světla. Celý mechanismus řízení je velmi zjednodušený – kola jsou napojená na tyč a celé kolo se i s tyčí otáčí. Tyto detaily nijak neovlivňují požadovanou funkci a model splňuje potřebné požadavky pro zadaný úkol.



Obrázek 3.3: Ukázka modelu v Blenderu

Po zhotovení modelu už stačilo pouze model naimportovat do Unity, vytvořit příslušné materiály a přidat textury.



Obrázek 3.4: Natexturovaný finální model formule

Pro texturaci formule byla nutná práce s UV mapováním. Dokumentace blenderu nemá konkrétní příklad jak na UV mapování (pouze technicky vysvětlují jak funguje a zlehka

naznačují práci s nimi v Blenderu) a bylo nutné poměrně dlouze hledat kvalitní a dobře fungující návod. Naštěstí tipy a triky, které rozebírá video od Joshe Gambrella[13], perfektně vyvětly práci s UV mapováním. Stejný postup byl využit i při tvorbě modelu mostu popsany v sekci 3.5.4. Důležité je také zmínit, že při přechodu na novější rendering pipeline bylo třeba spojit mapy do jedné kombinované mask mapy. K tomu posloužil nástroj **Unity-Texture-Packer**[5]. Ten umožňuje spojit jednotlivé mapy pro přidání realistických efektů.

## Slepé cesty

Velmi často se stávalo, že se naráželo na slepá místa. Existuje mnoho triků a fint, jak správně namapovat textury na model. Problémy s tvorbou modelu nebyly, ale při texturaci modelu došlo hned k několika zásadním problémům.

1. Export materiálů v blenderu. Blender používá jiný vykreslovací řetězec (dále rendering pipeline). V Blenderu je možné vytvářet a exportovat pouze textury, nikoliv materiály jako celek. Nebylo tedy možné připravit a vytvořit všechny materiály v blenderu a celou formuli i s materiály naimportovat do hry.
2. Texturace. Pokoušel jsem se vytvořit vlastní textury pomocí softwaru Gimp<sup>3</sup> nebo funkce *texture paint* v Blenderu. Bohužel se velmi rychle ukázalo, že tudy cesta nepovede, zejména kvůli časové náročnosti tvorby vlastních textur. Problém vyřešila stránka TextureCan[22] s výbornými a kvalitními PBR<sup>4</sup> texturami, které zároveň obsahují jak normálové, tak i výškové nebo metalické mapy pod CC0<sup>5</sup> licenci (žádná práva vyhrazena).
3. Normálové a jiné mapy. Pro texturaci a obecně pro tvorbu detailů v texturách jsou nutné normálové mapy. Při tvorbě vlastních textur tedy vznikl problém s tvorbou normálových map a s tvorbou detailů pro textury. Nakonec nebylo třeba tvořit vlastní mapy, ale později ve vývoji velmi pomohl nástroj **Normal Map Online**[8]. Tento nástroj zároveň sloužil pro pochopení principu a funkce normálových map, práci s nimi a jejich důležitost.

## 3.3 Řízení a ovladatelnost formule

Aby hráč mohl vůbec s modelem formule nějak „pracovat“ bylo třeba udělat mechanismus řízení a ovládání. Celou logiku ovládání řízení řeší **Car Controller** skript. Pro inspiraci jsem nahlédl do kódu skriptu pro řízení automobilu z *Unity Standard Assets* balíčku, jenže ten byl velmi komplikovaný a složitý. Skript zároveň obstarává rotaci volantu, která je převzatá z odpovědi od uživatele LYNXARTS na Unity fóru[16].

Ovládání formule využívá vestavěnou komponentu s názvem **Wheel Collider**. Sekce 2.4.1 obsahuje základní popis komponenty. Manuál Unity[26] má tuto komponentu dobře zdokumentovanou a je k nalezení i podrobný tutoriál[25], jak správně *Wheel Collider* používat. Nejvíce ale pomohl příspěvek na Unity fóru od uživatele Peeling[18], který do detailu popisuje jak se *Wheel Collider* chová a jak s ním pracovat. Bez tohoto příspěvku bylo velice obtížné vytvořit věrohodný a příjemný systém řízení.

<sup>3</sup><https://www.gimp.org/>

<sup>4</sup>PBR – Physically Based Rendering, věrohodný způsob renderování fotorealistických textur

<sup>5</sup>CC – Creative Commons, organizace, která řeší problémy s autorskými právy skrze [licence](#)

*Car Controller* umožňuje hráči přidat plyn, brzdít a možnost driftovat (řízený smyk). Přidávání plynu a brždění je zjednodušené. Při stisku klávesy pro přidání plynu se přidává točivý moment motoru a při brždění brzdový moment. Zároveň skript přidává možnost otočení formule do vodorovné polohy (z důvodu přetočení na kapotu), vrácení formule na **kontrolní bod** (více ke kontrolním bodům je k nalezení v podkapitole 3.5.3) a když ani tato možnost nepomůže, tak hráč může restartovat celou scénu. Popis jednotlivých klávesových zkratk je v podkapitole 3.8.1. Tyto možnosti zajišťují aby hráč nemusel vypínat a zapínat hru pokaždé, když se někde převrátí nebo zasekne.

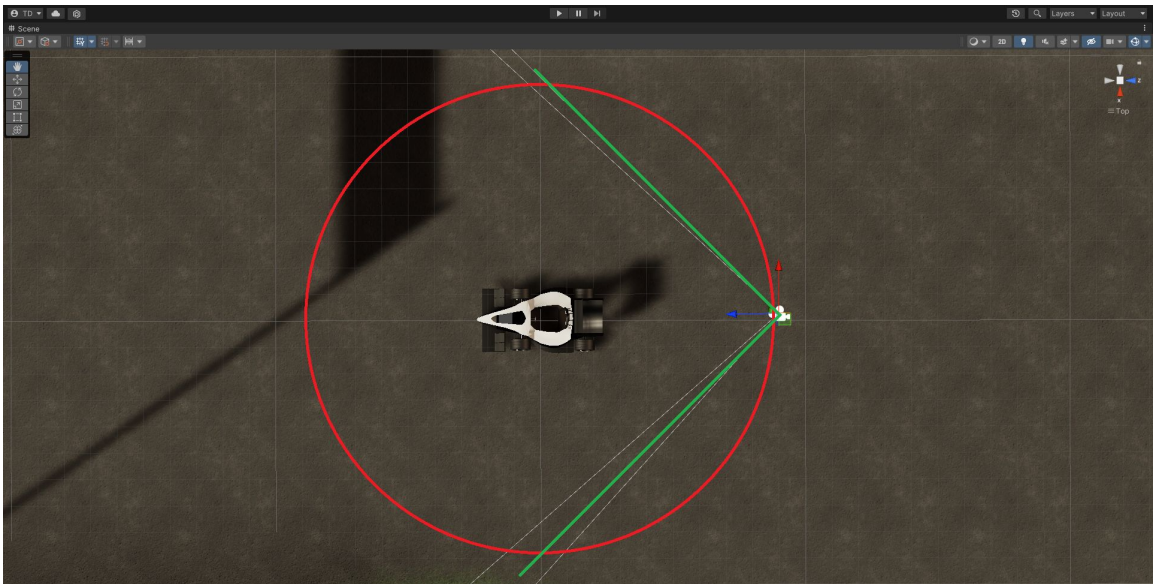
Jako rozšíření, hráč může změnit náhon u formule. Má na výběr z náhonu na všechny čtyři kola, náhon na přední nebo zadní kola. Jedná se o velmi jednoduchou a experimentální implementaci. Náhon na všechny čtyři přidává točivý moment všem kolům, náhon na přední jen předním kolům a zadní zadním. Implementace změny náhonu v uživatelském rozhraní je popsána v podkapitole 3.8.

## 3.4 Kamerový systém

Kamerový systém je nekomplexnější z celé práce a skládá se ze dvou skriptů – **Camera Manager** a **Smooth Camera**. *Camera Manager* slouží pro změnu pohledů a prevence kolize s terénem. *Smooth Camera* obstarává jemnou rotaci kamery a jemnou změnu pozice kamery.

### 3.4.1 Smooth Camera

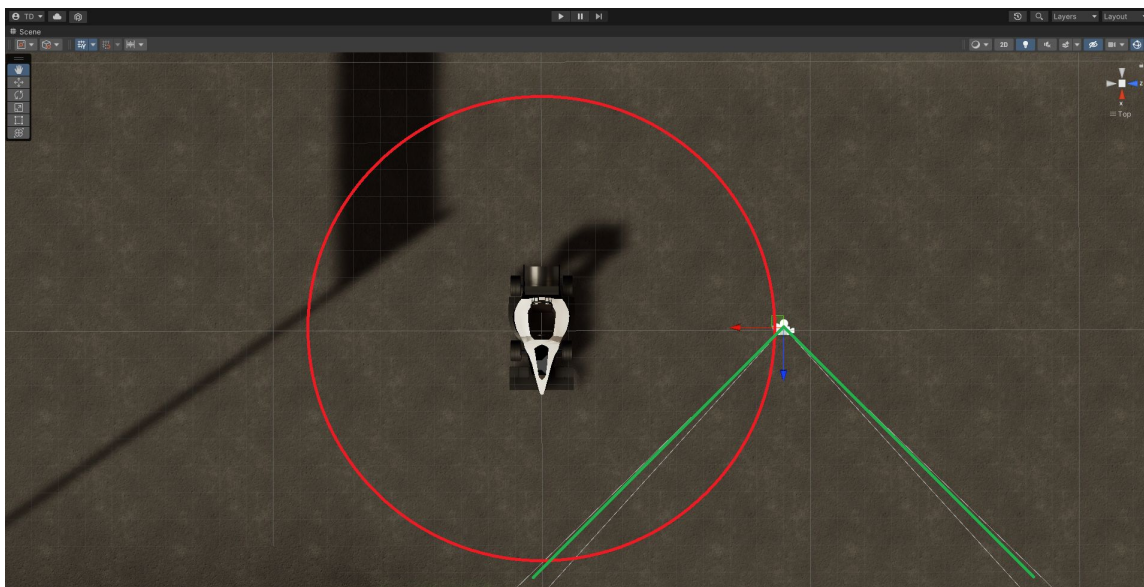
Změny, který provádí *Smooth Camera* jsou nutné pro základní funkcionalitu kamery. Jemnost změn v pozici a rotaci je implementovaná pomocí **lineární interpolace** (funkce **Vector3.Lerp**) a vlastnoručně nadefinované křivky **AnimationCurve**. Pro pochopení, jak



Obrázek 3.5: Ukázka rotace a změna pozice kamery

funguje lineární interpolace (dále jen lerp z angl. *linear interpolation*, běžně užívaná zkratka v oboru) bylo využito výborné video od uživatele SimonDev[21]. V první polovině videa

rozebírá nejen základní funkci lerp, ale také různé varianty a jak je využít. V druhé polovině ukazuje různé triky a problémy s lerpem. Těchto triků je využito pro lepší vizuální kvalitu, zejména při změně pohledů a rotaci kamery. Pro ukázkou funkce skriptu poslouží jednoduché obrázky. Červeně je zvýrazněna změna **pozice** kamery, zeleně **rotace** kamery. Na obrázku 3.5 je plně funkční *Smooth Camera* skript. Kamera se dívá na prázdný objekt uprostřed formule. Díky tomu nepřebírá rotaci formule (směrem nahoru a dolů) a vyjíždění do kopce je pocitově mnohem příjemnější. Žádoucím efektem zůstává rotace doleva a doprava, kterou kamera přebírá od formule. Dále je rozebrána důležitost a souvislost změny pozice a rotace.



Obrázek 3.6: Ukázká změna rotace kamery bez změny pozice

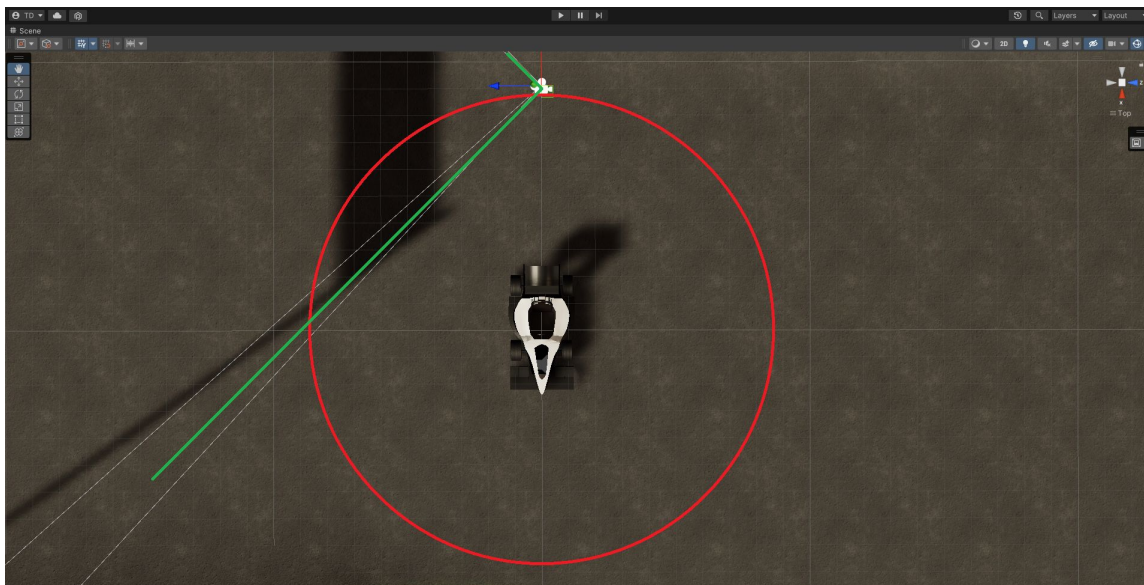
Obrázek 3.6 ukazuje pouze funkční rotaci kamery. Na začátku vývoje kamerového systému tato chyba nastala a souvislost mezi rotací a změnou pozice nebyla hned zřejmá. Proto vznikl stav, kdy kamera správně rotovala, ale nebyla za formulí. To je logicky problém, protože hráč v daných rotacích nevidí kudy formule jede.

Obrázek 3.7 ukazuje pouze funkční změnu pozice kamery. Jedná se o jednoduché parametrické vyjádření kružnice, kde střed kružnice tvoří formule (resp. již zmíněný objekt ve středu formule). Kamera tedy mění správně pozici a je za formulí, ale kamera samotná nerotuje, tudíž hráč stále nevidí kudy jede.

Poznámka: Protože u změny pozice kamery se jedná o rotaci do kruhu, vzniká problém s využitím jednoduchého lerp. Detailněji tento problém popisuje již zmíněné video od SimonaDeva[21]<sup>6</sup>. Tento jev mé řešení nijak nezohledňuje (nepoužívám **slerp**<sup>7</sup>), protože díky malým změnám v úhlu, které vektory svírají, je zcela zanedbatelný. Kamera neustále obnovuje svoji rotaci podle rotace formule a je prakticky nemožné, aby hráč dosáhl obrovské rotace za malý časový úsek.

<sup>6</sup>Konkrétně úsek 4:22 – 5:32

<sup>7</sup>Slerp – Spherical linear interpolation (sférická lineární interpolace)



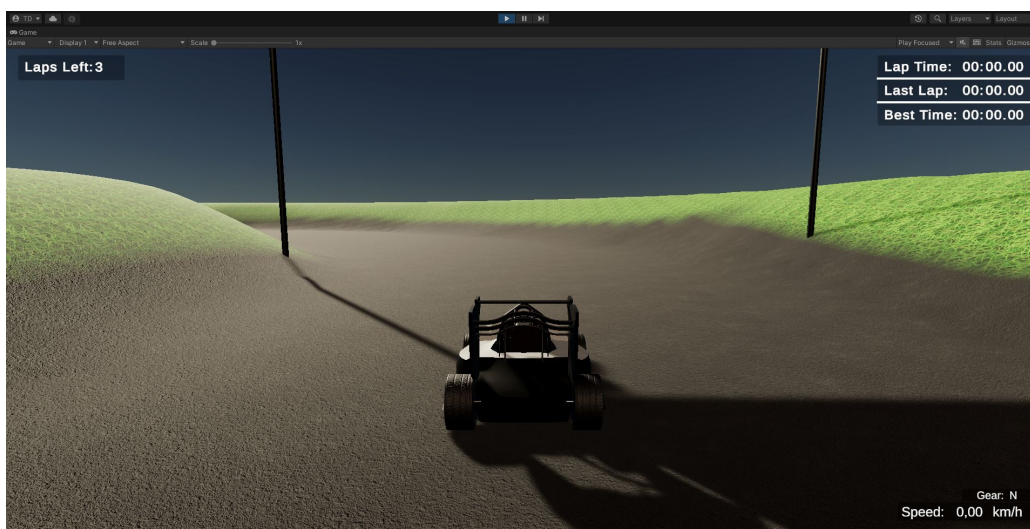
Obrázek 3.7: Ukázka změny pozice kamery bez změny rotace

### 3.4.2 Camera Manager

Skript *Camera Manager* rozšiřuje základní funkcionalitu kamerového systému. Řeší změny pohledů a kolizi s terénem. Podrobnější popis klávesových zkratk pro změnu pohledů je rozepsán v podsekcí 3.8.1.

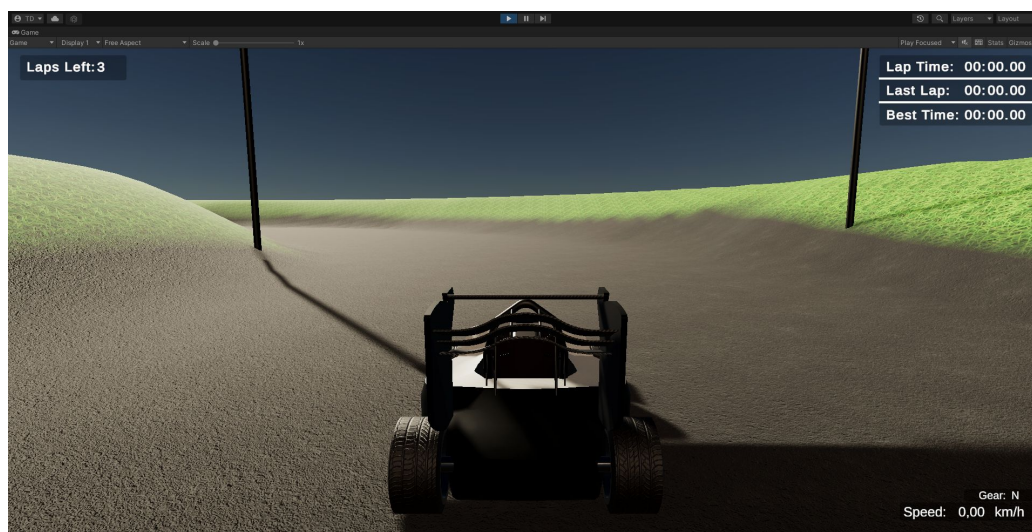
#### Pohledy kamery

Pohledy kamery tvoří jednoduché pozice v prostoru (reprezentované vektory) a střídání mezi nimi je zjemněno pomocí lerpů a křivky *AnimationCurve*. Celkově hráč může měnit mezi třemi pohledy. Dva z nich jsou ve třetí osobě a třetí je pohled ze sedadla řidiče. Pohledy

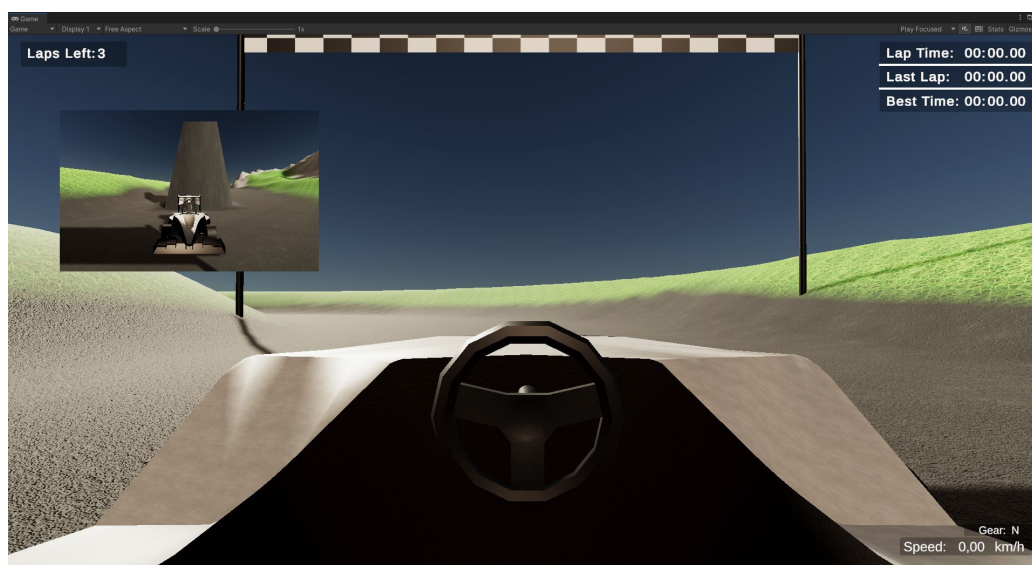


Obrázek 3.8: Pohled z třetí osoby

z třetí osoby slouží pro dynamičnost a širší zorné pole. Pohled z první osoby slouží zejména pro realističnost a pocit, že hráč opravdu řídí vozidlo. Hráč může libovolně po stisku dané klávesy přepínat mezi jednotlivými pohledy.



Obrázek 3.9: Druhý pohled z třetí osoby

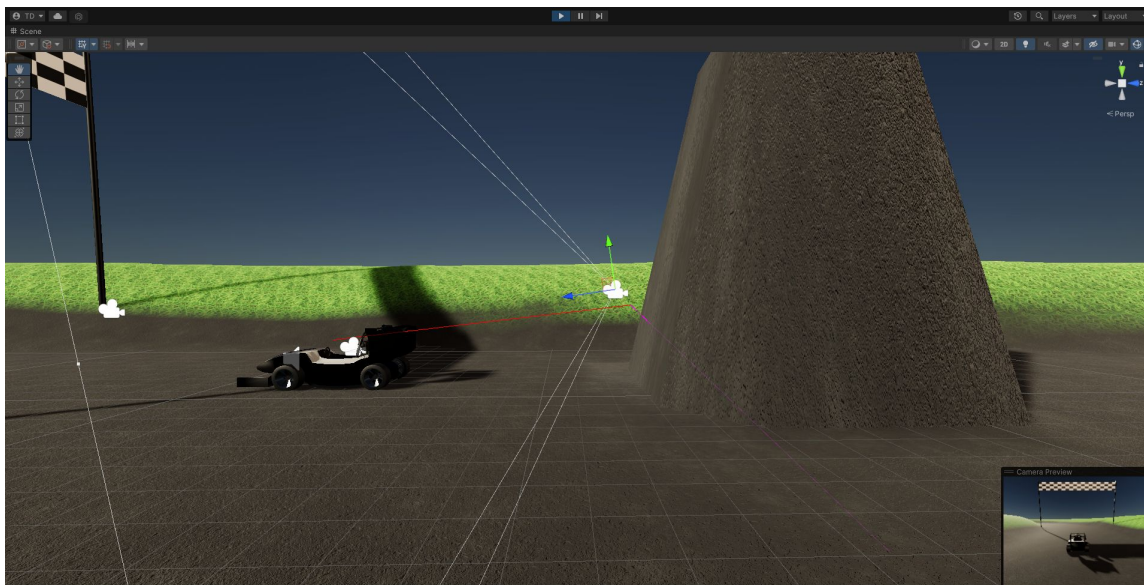


Obrázek 3.10: Pohled z první osoby a zpětná kamera

### Prevence kolize kamery s terénem

Prevence kolize kamery s terénem funguje pomocí **raycastu**<sup>8</sup>. *Camera Manager* využívá dva raycasty. Oba paprsky sledují kolizi s terénem, ale jeden nutí kameru uhýbat před terénem a druhý vrací kameru do počáteční polohy. Úhyb provádí kamera směrem nahoru (zároveň kamera rotuje směrem dolů na formuli) od terénu.

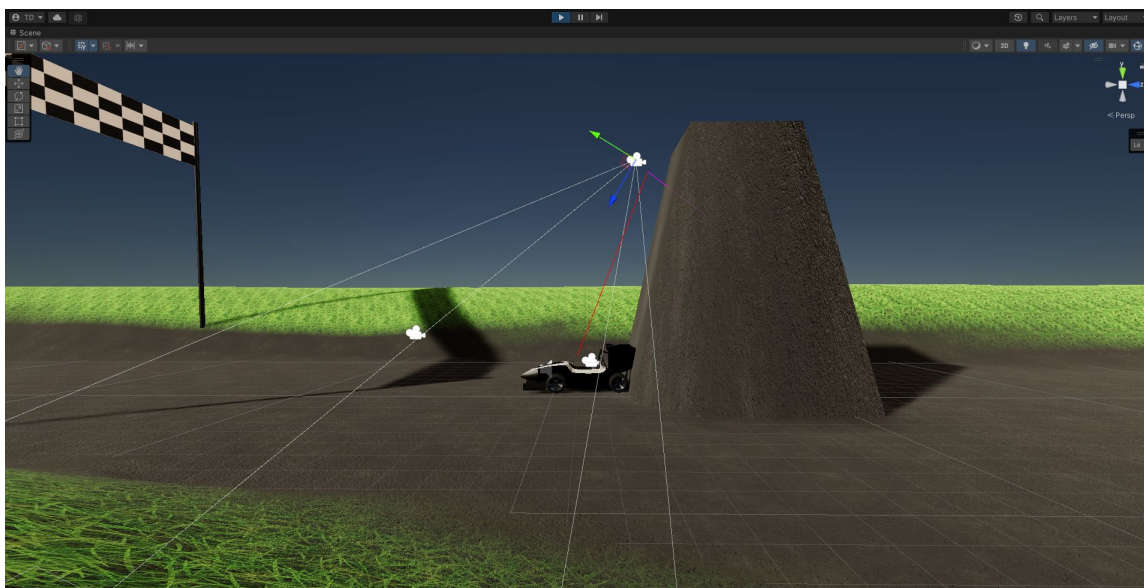
<sup>8</sup>Raycasting – Vymrštění paprsku za účelem zjištění kolize



Obrázek 3.11: Raycasty ve standardní poloze

Na obrázku 3.11 je **červeně** vyznačen paprsek, který zajišťuje úhyb a **růžový** zajišťuje správné navrácení kamery. Konkrétněji – červený se stará o posun kamery a růžový brání v posunu. Je tomu tak hlavně proto, že se kamera tímto způsobem vrací zpátky až když je dostatečně daleko od terénu. Detekce se provádí schválně pod kamerou, aby bylo kameře co nejvíce zamezeno procházet terénem.

Jedná se o podobný problém, který řeší *Smooth Camera* skript. Kamera musí měnit pozici po kružnici nahoru a dolů a zároveň i měnit svoji rotaci, aby hráč viděl na formuli. Skript navíc k tomu dynamicky mění rychlost změny pozice kamery podle rychlosti formule.



Obrázek 3.12: Raycasty po kolizi s terénem

U *Smooth Camera* byla poznámka ohledně zanedbání chyb při použití obyčejného lerp. Zde tento problém opět nastává a **musí** být řešen. Hráč může ve veliké rychlosti narazit do stěny, a tím vyvolá velikou rotaci. Při implementaci obyčejným lerpem by nastala zásadní komplikace, protože by se kamera viditelně přibližovala k formuli.

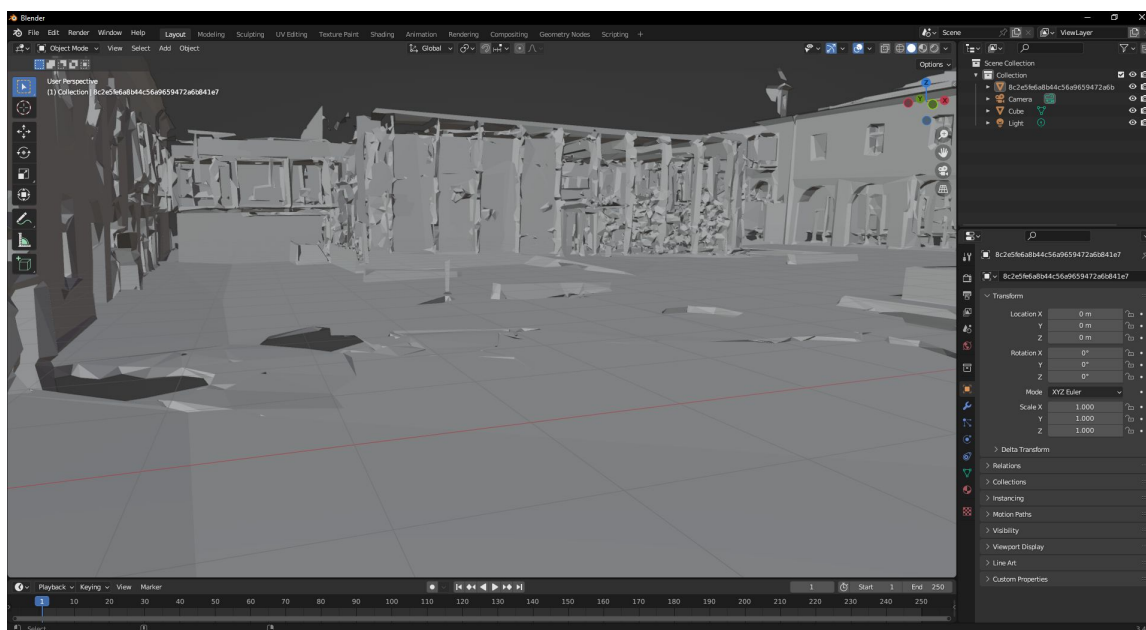
Poznámka: Zobrazení paprsků provádí **Debug.DrawRay**. Tato metoda neumožňuje nastavit vlastní délku paprsku, ale při detekci kolize to možné je. Růžový paprsek zde proto vypadá mnohokrát delší než jeho skutečná kolize.

## 3.5 Mapa a terén

Mapu tvoří komponenta **Terrain**, která slouží pro tvorbu krajiny. Základní popis komponenty je k naleznutí v sekci 2.4.1.

### 3.5.1 Mapa fakulty

Jak již bylo zmíněno, na začátku vývoje byl plán vytvořit mapu FITu. Firma PanoPro<sup>9</sup> pro naši fakultu vytvořila virtuální prohlídku. Firma dokonce vygenerovala **Wavefront** soubor, který podporuje jak Blender, tak Unity. I přes velké množství práce, které by model ušetřil nakonec zůstal nevyužit.



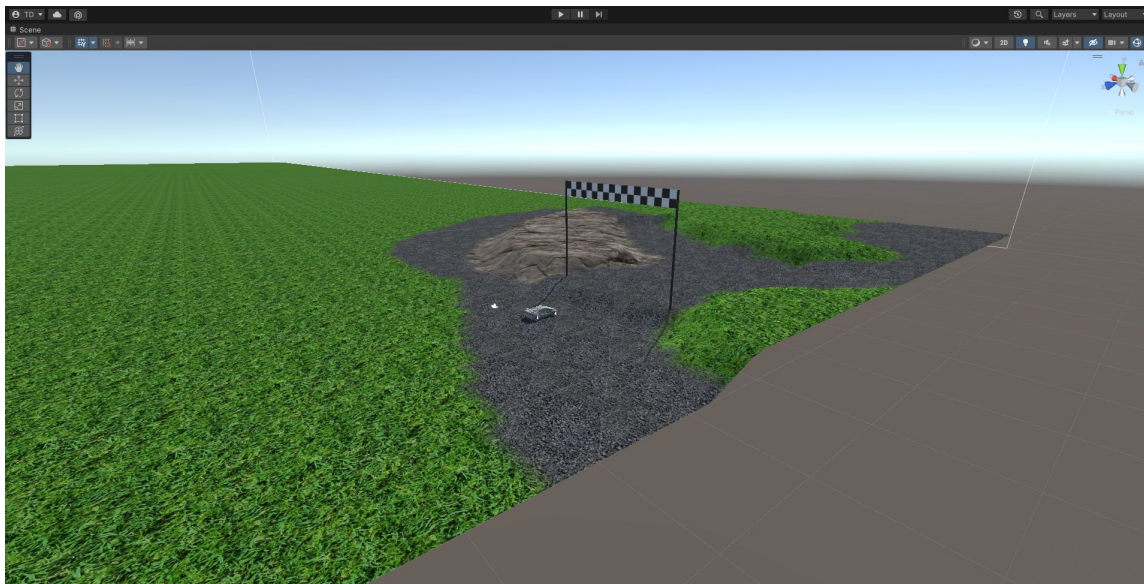
Obrázek 3.13: Model FITu od firmy PanoPro

Vygenerovaný model má v sobě díry a veškerá okna a různé detaily budovy jsou v nedostačující kvalitě. Z časového hlediska by byla úprava modelu pracná a zabrala by příliš mnoho času. Z těchto důvodů nebyl model použit pro závěrečnou mapu. V této fázi byla testovací mapa na mnohem lepší úrovni a nebyl problém do ni přidat pár detailů.

<sup>9</sup><https://panopro.cz/>

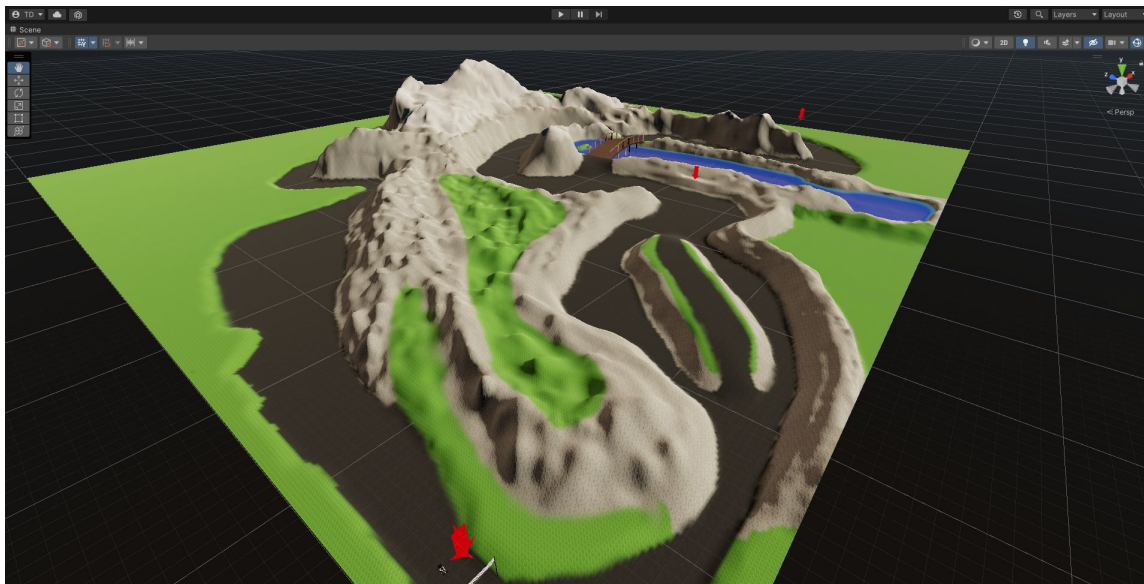
### 3.5.2 Vlastní mapa

Již zmíněný tutoriál od Jimmyho Vegase[12] ukazuje základní práci s terénem. Vysvětluje, jak snížit nebo zvýšit terén, jeho vyhlazení i texturaci. Na základě těchto jednoduchých nástrojů byla vytvořena primitivní mapa. Zprvopočátku mapa sloužila jen jako testovací okruh pro implementaci a vyzkoušení herních mechanik.



Obrázek 3.14: Mapa na začátku práce

Finální verze mapy využívá textury z již zmíněné stránky TextureCan[22]. Terén byl různě upraven a vytvarován do hornaté pláně.

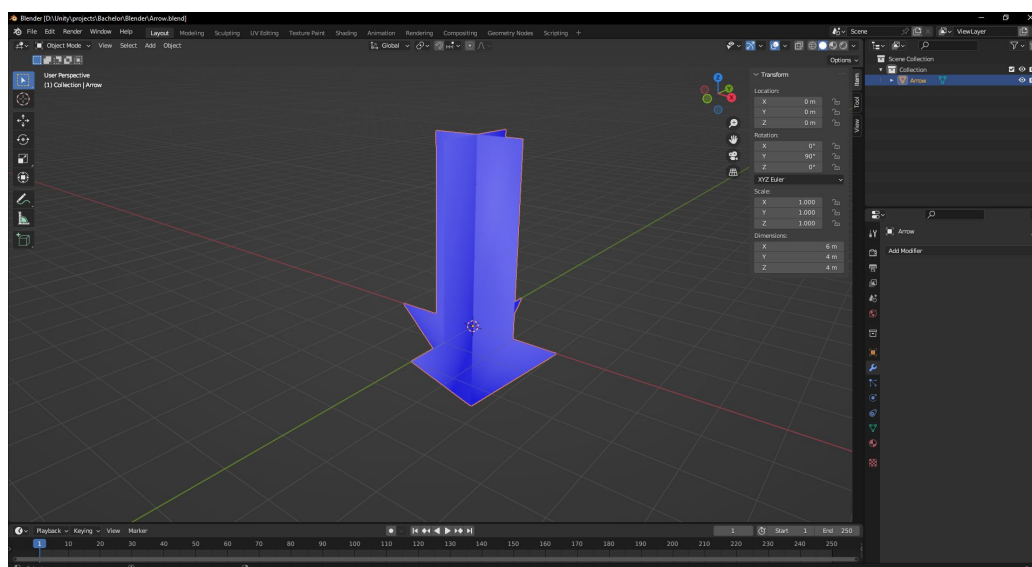


Obrázek 3.15: Finální verze mapy

Na mapě se nachází čtyři kontrolní body, které udávají směr trati. Zároveň se zde nachází dvě speciální místa. Uprostřed mapy může hráč přejít po mostě, nebo projet skrze proláklinu. Každé z těchto míst pracuje se zvuky (více o zvucích v sekci 3.9).

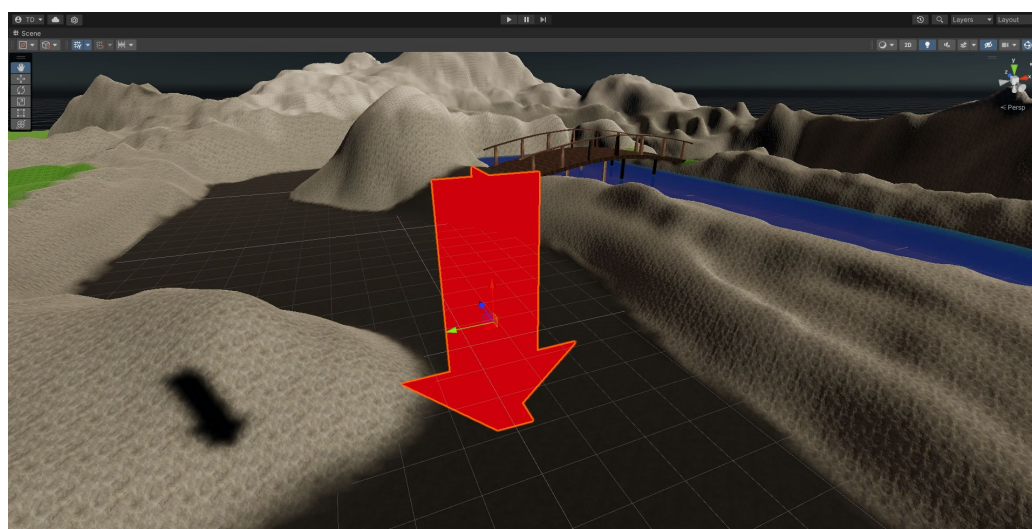
### 3.5.3 Kontrolní body

Kontrolní body se skládají z jednoduchého modelu šípky, animace a triggeru. Animace je obyčejná oscilace šípky nahoru a dolů. Model šípky byl opět vytvořen v Blenderu. Pro



Obrázek 3.16: Model šípky v Blenderu

zjednodušení rotací šípky (aby šípka vždy směřovala k hráči), byl využit jednoduchý trik. Model šípky tvoří pouze dvě plochy ve tvaru šípky, které se protínají ve prostřed. Tento způsob značně zjednodušuje rotaci šípky, protože z jakéhokoliv úhlu se hráč na šípku podívá, vždy uvidí šípku čelem. Tento trik se používal zejména ve starších závodních hrách.

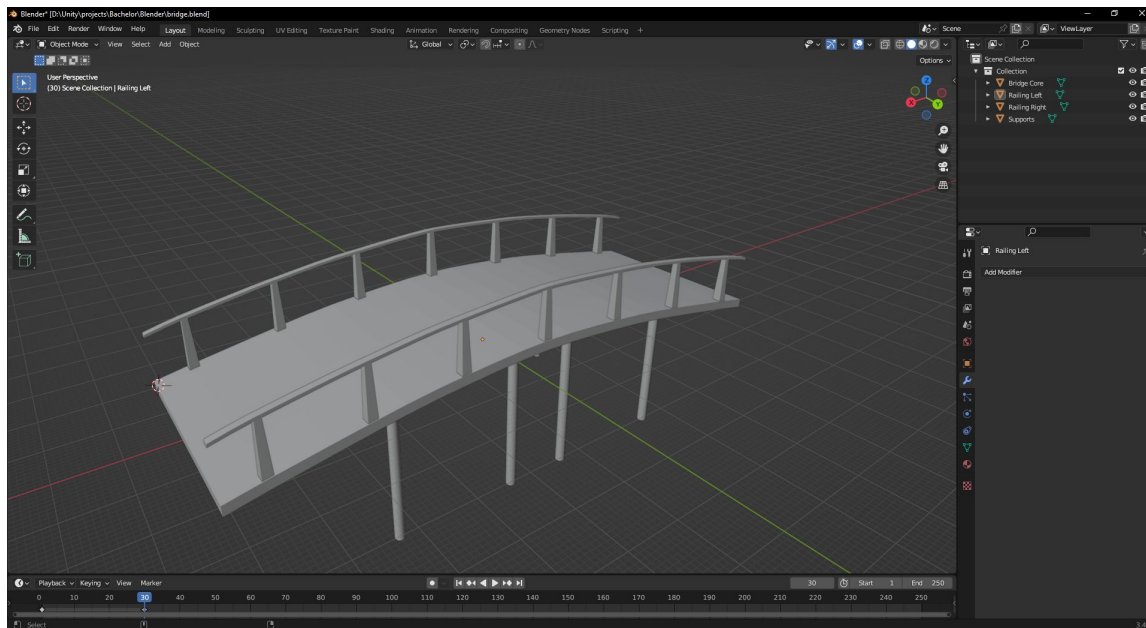


Obrázek 3.17: Šípka v Unity

Šipka byla importována do Unity a přidána sytě červená barva, aby hráč hned rozeznal šipku od okolí.

### 3.5.4 Most

Most byl vlastnoručně vytvořen v Blenderu z obrázku<sup>10</sup> na internetu. Postup se nijak nelišil od formule. Po zhotovení modelu musel být naimportován do Unity, natexturován a položen do scény. Vzhledem k jednoduchosti modelu nebylo třeba tvořit separátní **mesh** (viz 2.4.1) pro **Mesh Collider**. Všechny textury využité pro most jsou opět ze stránky TextureCan.com[22].



Obrázek 3.18: Model mostu v Blenderu

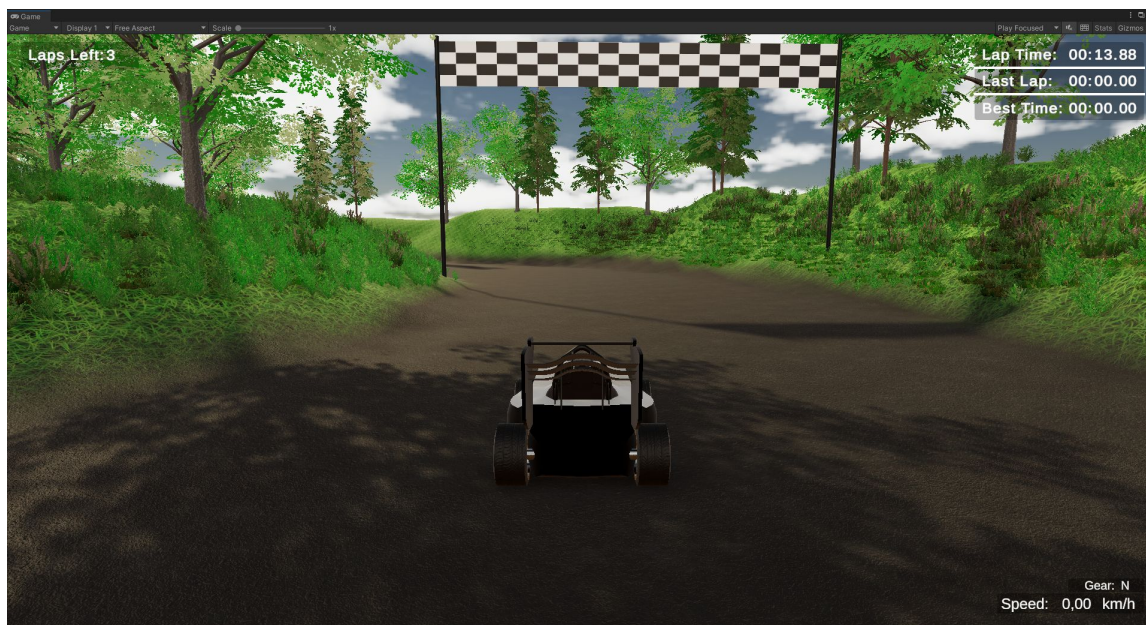
### 3.5.5 Stromy, tráva a details

První verze stromů a detailů byly převzaté z Unity Asset storu. Balíček s detaily[27] zároveň obsahoval i velmi užitečné nástroje pro zkrášlení terénu a tvorbu pohoří. Dále poskytuje velmi kvalitní textury, materiály a **prefabs** (viz 2.4.1) trav a vřesu. Tímto způsobem se velmi elegantně a snadno přidá hloubka terénu, který předtím vypadal velmi nepěkně a chudě.

Stromy byly dvou typů – dub[3] a borovice[4]. Balíčky pro stromy obsahují několik variant daného typu stromu. Tyto balíčky nedoporučuji a v podsekcí 3.10 je odkaz na mnohem kvalitnější modely. Stromy neobsahují žádné LOD<sup>11</sup>, listy nejsou tvořeny shaderem, takže se narozdíl od trávy nepohybují a působí v prostředí nepřírodně, dokonce na ně nepůsobí světlo. Obecně tyto modely nejsou v dostačující kvalitě a jejich použití s HDRP pipeline není vhodné. Protože modely stromů a trav tvoří klidně i tisíce trojúhelníků, hraje zde velmi důležitou roli optimalizace. Více poznatků o optimalizaci a testování je v kapitole 4.

<sup>10</sup><https://www.istockphoto.com>

<sup>11</sup>LOD – Level of Detail, optimalizace pro renderování objektů na velkou vzdálenost



Obrázek 3.19: Finální verze terénu se všemi detaily a stromy

## 3.6 HDRP

Pro vytvoření vody byla třeba vytvořit vlastní **shader**. *Unity Standard Assets* balíček obshoval vodní *shader*, jenže jak již bylo řečeno, Unity Technologies tento balíček smazala. Pro vytvoření vlastních shaderů a celkově vylepšení vizuální kvality hra používá **HDRP**<sup>12</sup>. Tato pipeline se nejčastěji používá při tvorbě AAA her<sup>13</sup> z důvodu vyšší náročnosti na hardware. Existuje i **URP**<sup>14</sup>, která slouží jako multiplatformní rendering pipeline – používá se pro hry na konzole, mobilní zařízení i PC. HDRP jsem zvolil především z toho důvodu, že podporuje **ray tracing** a zajímala mě práce s ním. To byla ale veliká chyba. Začátečníkům vůbec nedoporučuji pracovat s HDRP, a když už je třeba nějaké lepší pipeline, tak spíš URP. HDRP je velmi náročné a složité pro pochopení a ve výsledku přidala obrovské množství práce navíc. Jedná se spíše o nástroj pro velké společnosti, než pro samostatné vývojáře a vyžaduje mnoho znalostí pro správné použití.

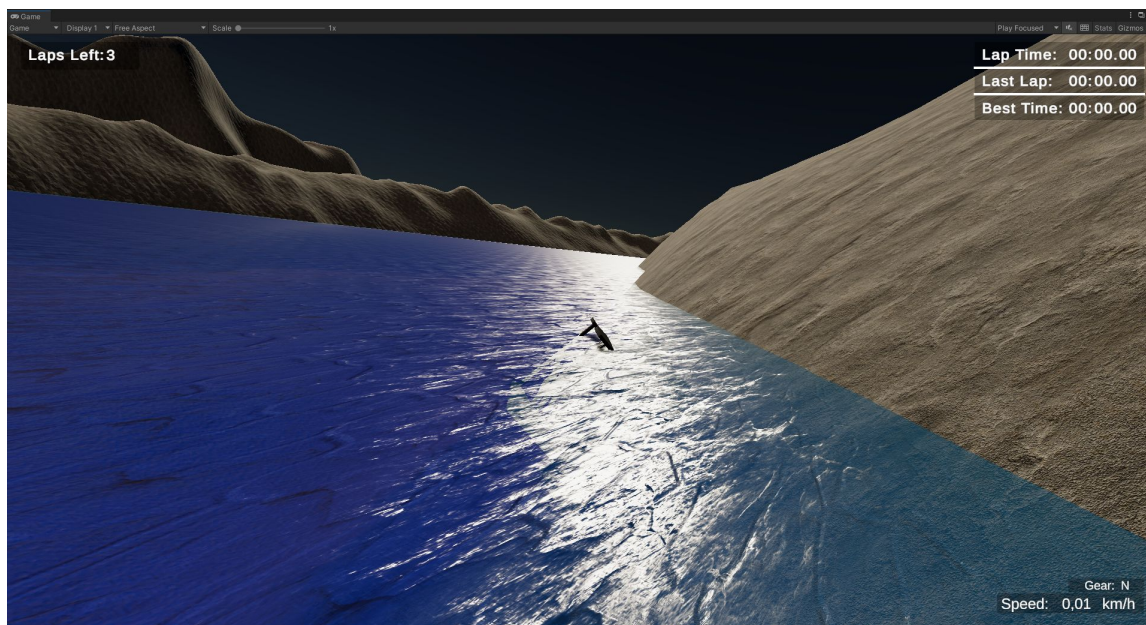
### 3.6.1 Vodní shader

Tvorbu vodního **shaderu** zjednodušil tutoriál od Unity Technologies[28]. Vysvětluje základní logiku tvorby shaderu pomocí **shader grafu**. Zároveň vodě přidává gradient, hloubku, barvu a textury. Protože TextureCan[22] má pouze jednu texturu pro vodu, tak druhá normálová mapa využívá normálovou mapu písku.

<sup>12</sup>HDRP – High Definition Rendering Pipeline, Typ vykreslovací procesu, konkrétně se jedná o špičkovou variantu mířenou na nejvýkonější hardware

<sup>13</sup>AAA titul – Hra od obrovského vývojáře, vyznačuje se především velkým rozsahem, dlouhou hrací dobou a nejvyšší cenou 60€ a více

<sup>14</sup>URP – Universal Rendering Pipeline, Jiný typ vykreslovacího procesu, stále se jedná o vysoce kvalitní variantu



Obrázek 3.20: Ukázka vodního shaderu

Protože tutoriál ukazuje vodu na tropickém ostrově, shader je upraven, aby odpovídal jezeru. Voda se sice stále vlní a normálové mapy se hýbou proti sobě, aby simulovaly pohyb vody, ale jednotlivé hodnoty jsou jiné.

### 3.7 Scény

Scény jsou základním prvkem her v Unity. Hra využívá jen dvě scény, první pro hlavní

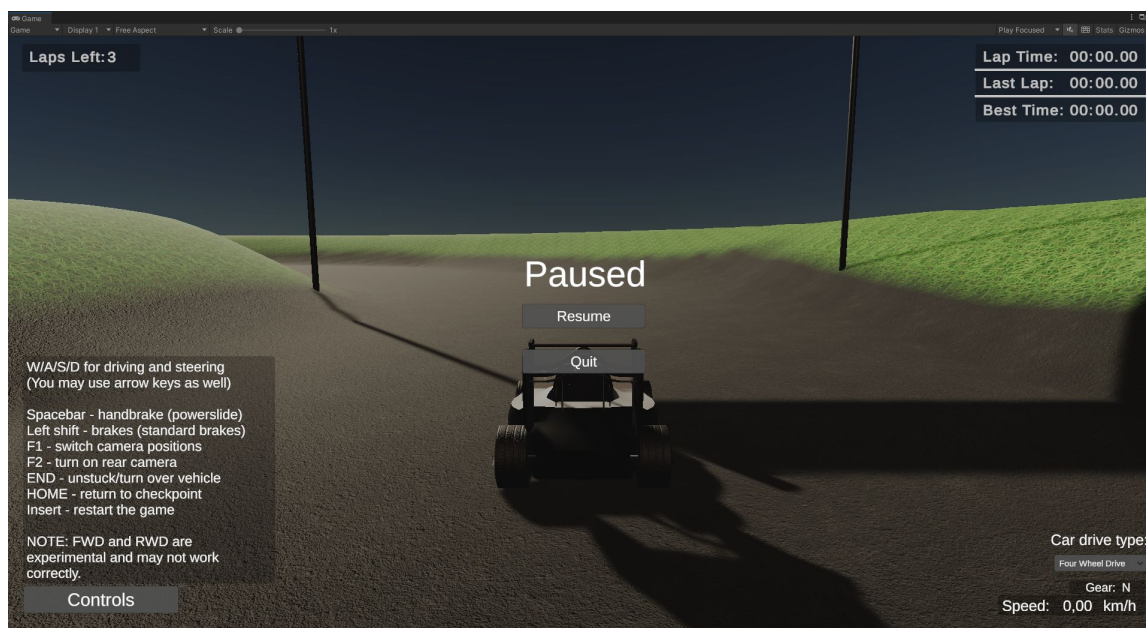


Obrázek 3.21: Ukázka hlavního menu

menu a druhou pro hru samotnou. Hlavní menu je jednoduchá scéna s logem fakulty, vodou, formulí a zvuky vody a ptactva. Cílem hlavního menu je oddělení hráče od hry a zároveň ho uvítat.

### 3.8 Uživatelské rozhraní

Uživatelské rozhraní je zcela zásadním prvkem hry. Předává informace hráči o tom, jak rychle ujel dané kolo, kolik kol zbývá do konce, rychlost formule. Obsahuje informace o ovládní a umožňuje změnu náhonu.



Obrázek 3.22: Ukázka uživatelského rozhraní

Pro jednoduchost obrázek ukazuje uživatelské rozhraní, když je hra pozastavena. V pozastaveném menu hráč může načíst nápovědu na řízení nebo změnit náhon. Nyní přejdu k popisu jednotlivých prvků na obrazovce.

V levém horním rohu se nachází počet kol, které hráč ještě musí ujet. Při dokončení všech tří kol vyskočí na obrazovku malé okno s poděkováním. V pravém horním rohu jsou časovače, aby hráč viděl jak dlouho dané kolo jede, případně jak se mu dařilo v předešlých kolech. Vpravo dole hráč vidí rychlost formule. Při pozastavení hry se nad rychloměrem objeví tlačítko pro změnu náhonu kol. Zároveň v levém dolním rohu může otevřít nápovědu, nebo odejít do hlavního menu.

#### 3.8.1 Návod na ovládání

V této podsececi jsou přehledně popsány veškeré prvky, se kterými hráč může interagovat a jejich náležité klávesové zkratky. Během vývoje se jistě zkratky změnilly na základě zpětné vazby uživatelů. Někteří hráči na laptopu velmi složitě hledali klávesy **END** a **HOME**. Z tohoto důvodu byly klávesy předělány na stávající.

Klávesa	Popis
W/A/S/D nebo šipky	Základní ovládání formule. W/S slouží pro jízdu dopředu/dozadu, A/D slouží pro zatáčení
Mezerník	Slouží pro driftování. Při podržení formule začne klouzat a hráč může vybírat ostřejší zatáčky.
Levý Alt	Brzdy. Standardní brzdový mechanismus, slouží zejména k zastavení formule.
F1	Změna pohledu kamery. Hráč může libovolně přepínat mezi jednotlivými pohledy.
F2	Zapnutí/vypnutí zpětné kamery. Nahrazuje funkci zpětných zrcátek.
I	Převrácení formule. Pokud se hráči podaří převrátit formuli, toto tlačítko slouží pro otočení formule zpátky na kola.
O	Vrácení na kontrolní bod. Pokud se hráč někde zasekne a nepomůže tlačítko I, tak po stisku tlačítka se vrátí na kontrolní bod.
P	Kompletní zresetování scény. Pokud nastane nějaký výrazný problém, hráč může kompletně zresetovat celou scénu a začít odznova.

Tabulka 3.1: Základní ovládání formule a jednotlivých prvků ve hře.

## 3.9 Zvuky

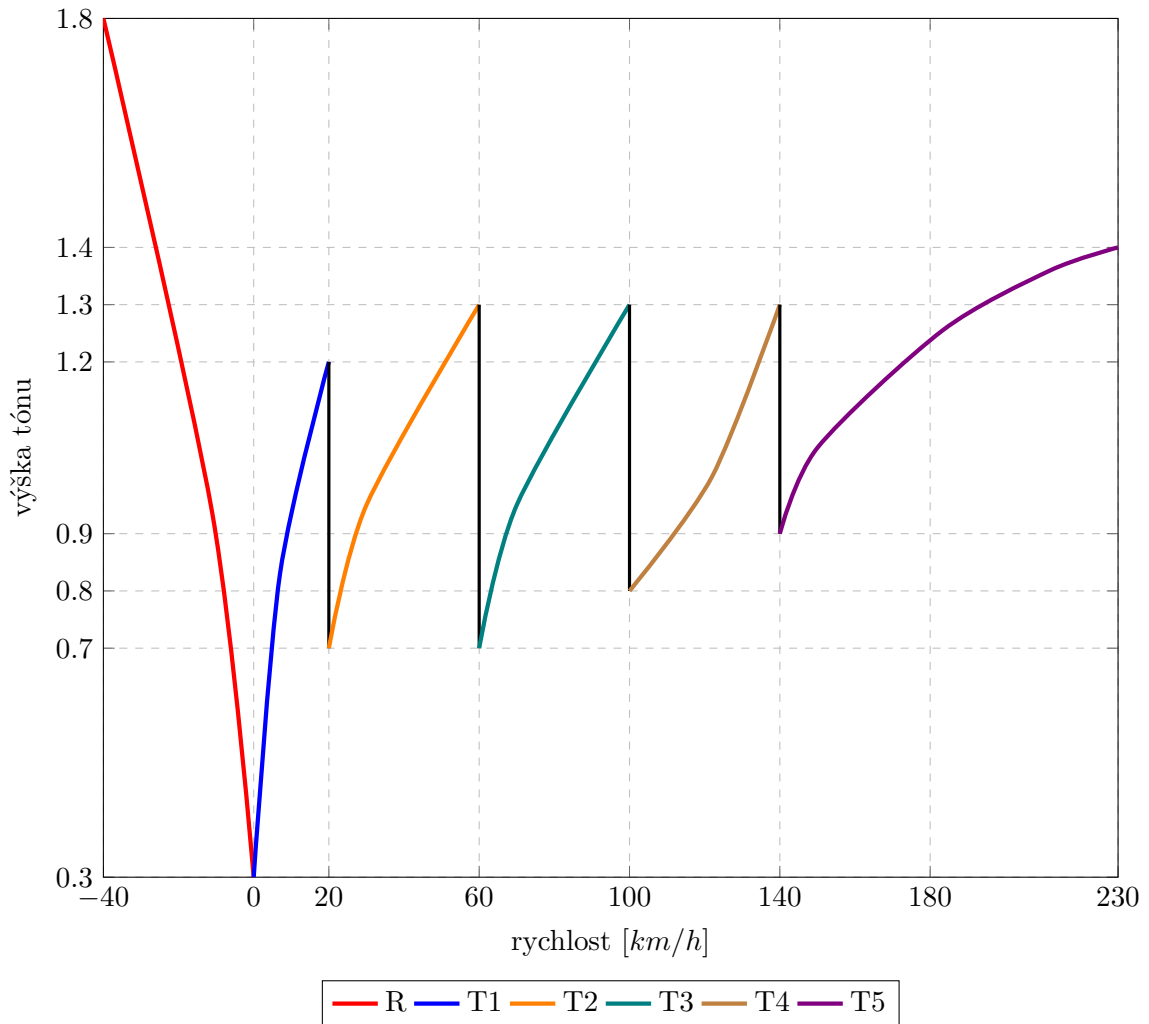
Všechny zvuky jsou stažené z **freesound.org**<sup>15</sup>. Hra využívá čtyři zvuky. Šumění vody[24], zpěv ptáků[17], krátký zvukový efekt při projetí kontrolním bodem[11] a motor formule[9]. Část mapy s mostem a vodou věrně zachycuje zvuky šumění vody a zpěvu ptactva. Zvuk formule je slyšet vždy.

### 3.9.1 Řazení formule

Řazení formule je velice komplexní a složitá záležitost, proto je systém přerazování velice zjednodušený. Nepřidává se žádný točivý moment motoru, jedná se pouze o změnu zvuku motoru. Hráč může jet rychlostí v rozmezí  $\langle 0; 160 \rangle$  km/h. Rychlost pozpátku je pevně omezena na 40km/h. Převodovka funguje za pomoci šesti křivek nadefinovaných pomocí křivek. Tón se mění podle dané křivky v dané rychlosti. Pro pochopení funkce řazení slouží graf 3.9.1, který ukazuje základní funkci řazení a změnu tónu při jízdě.

<sup>15</sup><https://freesound.org/>

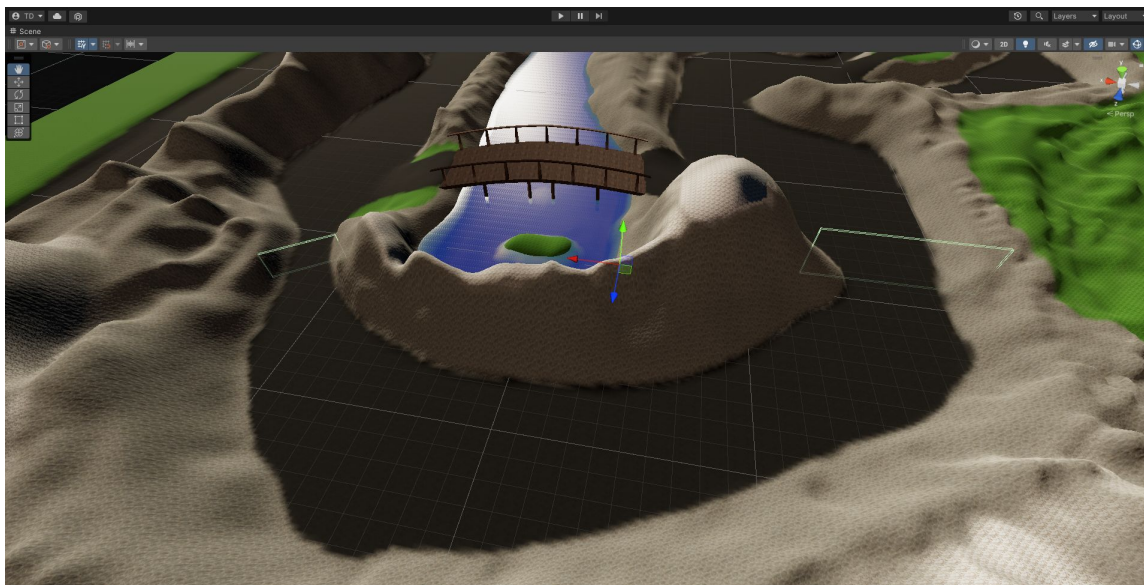
Graf závislost výšky tónu na rychlosti formule



Bez pochopení principu propojení jednotlivých křivek může graf působit velmi složitě. Principiálně se ovšem jedná o velmi jednoduché přidávání/odebírání hodnot. Jednotlivé barvy odpovídají jednotlivým převodům – T1 je první převod, T2 druhý, T3 třetí atd. Stažený zvuk má výchozí hodnotu tónu 1, ale výchozí stav formule je v bodě [0; 0.3]. Při postupném zrychlení na 20km/h se zvýší tón až na hodnotu 1.2. **Černě** je zvýrazněn převod mezi jednotlivými stupni. Převod nenastává okamžitě, jak naznačuje graf, ale separátně od grafu se tón snižuje/zvyšuje při nadřazení/podřazení. V momentě přeražení se krokově (konkrétně o 0.025) snižuje/zvyšuje tón na požadovanou hodnotu: např. z T1 na T2 se tón sníží z 1.2 na 0.7 a z T4 na T3 se z 0.9 zvýší na 1.3. Po dokončení přeražení, je tón vypočten podle dané křivky a rychlosti formule. Výsledkem vzniká věrohodný zvuk přeražení.

### 3.9.2 Ozvěna

Ozvěny je dosaženo pomocí komponenty **Audio Echo Filter**. Pokud hráč projede specifickým místem, komponenta se zapne/vypne podle konkrétního stavu. Ozvěnu hráč uslyší v případě, že se vyhne mostu a vybere si cestu horským průsmekem.



Obrázek 3.23: Triggery zapínající/vypínající ozvěnu

### 3.9.3 Hudba na pozadí

Hudbu na pozadí vytvořila umělá inteligence od společnosti Soundful<sup>16</sup>. Dvě písničky byly již předgenerované a jedna vytvořena mnou. Soubor BGM.wav tedy dohromady tvoří tři písničky, které byly poskládány za sebou a upraveny pomocí **Audacity**<sup>17</sup>. Úprava byla nutná zejména kvůli návaznosti jednotlivých skladeb a zvýšení hlasitosti vygenerované písničky. Tři písničky byly vybrány z důvodu délky celé hry. Po otestování se zjistilo, že jedno kolo trvá až dvě minuty. Dohromady všechny tři písničky tvoří desetiminutový soundtrack, a proto nenastává problém, že by hudba byla repetitivní.

## 3.10 Změny na základě testování

Tato sekce je jedna z nejdůležitějších v celé práci. Všechny rady, tipy a nápovědy předali kolegové pomocí dotazníků. Díky testování se hra dostala do kvalitní podoby, kterou vůbec nelze srovnávat s verzí vydanou k prvnímu dotazníku. Celkově hra byla upravena dvakrát (na základě dvou dotazníků), přičemž druhá úprava je finální.

### 3.10.1 Změny po prvním dotazníku

Po prvním dotazníku došlo ve hře k velmi výrazným změnám.. Od změny celkové vizualizace hry, až po přidávání jednotlivých detailů a úpravu maličností.

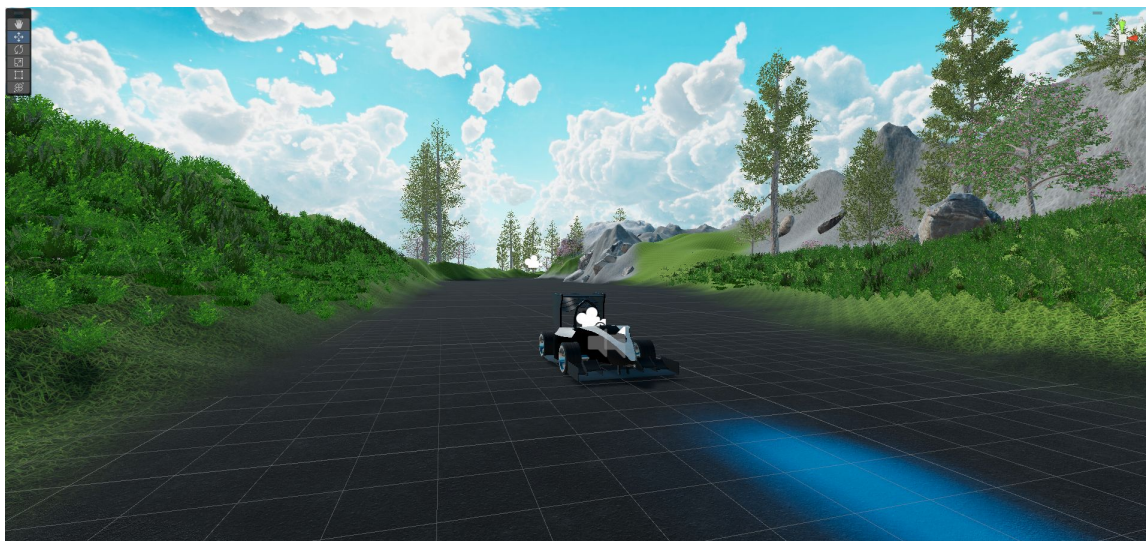
#### Skybox, osvětlení, barvy a stromy

Osvětlení ve hře neodpovídalo realitě, barvy terénu byly nerealistické a na nebi chyběly mraky. Tyto problémy vyřešil balíček HDR skyboxů[6] a post-processing. Dále také rozlišení terénu a textur na terénu bylo velmi malé. Z toho důvodu terén byl hrbolatý a textury

<sup>16</sup><https://soundful.com/>

<sup>17</sup><https://www.audacityteam.org/>

ve špatné kvalitě. Na obrázku 3.24 lze zároveň vidět i nové stromy. Hra nově využívá



Obrázek 3.24: Nový skybox a realistické barvy

tři druhy: Pazerav sbíhavý[34], Tabebuja růžová[35] a Kajeput střídavolistý[33]. Všechny tyto modely obsahují tři varianty jednotlivých stromů a tři varianty LOD. Při stažení je nutné vlastnoručně vytvořit prefabs (více v 2.4.1) a přiřadit jim jednotlivé LOD. Pro kolize s formulí stromy využívají capsule collider.

### Kameny, písečná duna a particle system

Kameny[20] a balíček efektů[29] jsou dostupné z Unity Asset Store. Balíček kamenů obsahuje šest jednotlivých druhů a tři úrovně LOD. Balíček již obsahuje prefabs, takže nebylo třeba vytvářet vlastní. Pro vložení kamenů do scény by se dal použít standardní nástroj pro úpravu terénu, ale ten neposkytuje rozšířené nastavení pro dané objekty. Proto byl využit velmi jednoduchý nástroj **Random Prefab Placer**[15], který umožňuje náhodou rotaci do všech směrů a různou velikost objektů. Tímto způsobem se velmi snadno docílí efektivního přidání velice pěkných detailů, které nevypadají stejně.

Celá zadní část mapy prošla velikou změnou. Dříve zde byla pouze tráva a textura s horou. Ve zpětné vazbě byla kritizována chudost a nerozmanitost této části. Proto zde vznikla nová písečná část s písečnou bouří a zvukem větru[10]. Pro přidání dalších detailů byl využit balíček s efekty. Tento balíček obsahuje různé detaily jako jsou oheň, voda, kouř, mlha, magické efekty aj. Tato práce konkrétně využívá mlhu a prachovou bouři. Mlha se nachází nedaleko druhého mostu. Prachová bouře využívá nejen písčité pláň, ale také formule samotná. Při jízdě na písku kola přáší a odhazují kusy písku. Protože je balíček stavěn na standardní rendering pipeline, bylo nutné manuálně upravit všechny textury a materiály jednotlivých efektů.

### Nové herní mechaniky, lepší řízení a úprava terénu

Hráči silně kritizovali cíl a smysl hry. Neviděli důvod, proč hru hrát a po dokončení hry hráči nebyli dostatečně ohodnoceni. Proto byl vytvořen systém podobný ze hry Trackmania. Hráč závodí na čas na tři kola a po závěrečném kole dostává ocenění podle nejrychleji ujetého



Obrázek 3.25: Ukázka písečné části s kamením a vířením prachu

času. Celkem je možno dosáhnout pěti ocenění: žádného, bronzového, stříbrného, zlatého a platinového.



Obrázek 3.26: Ocenění hráče, tabulka časů a nově upravený terén

Jednotlivé medaile[30] s křížkem a fajfkou[14] byly převzaty ze stránky freepik.com a upraveny nástrojem Gimp. Všechny změny hodnocení a časové tabulky řeší skript **Medal-Manager**. Ve své podstatě se jedná o jednoduché porovnávání časů v tabulce s nejlepším časem hráče. Pokud projede cílem, skript zkontroluje jeho nejlepší čas a aktualizuje tabulku. Při posledním projetí zároveň aktualizuje a vyobrazí správnou medaili.

### 3.10.2 Změny po druhém dotazníku

Druhý dotazník odkryl nedostatky v detailech. Zejména problémový byl časovač. Jeho implementace závisela na množství snímků za sekundu. Takto ovšem vzniká problém s tabul-

kou časů, protože nebyl jednotný čas. Proto zlaté a platinové ohodnocení nyní hráč získá při časech 1:45 a 1:35. Řízení dle recenzí bylo lepší, ale při vyšších rychlostech kostrbaté. Finální verze tedy znovu upravuje drift a ovladatelnost formule. Také se stávalo, že hrbolky v terénu byly příliš extrémní a dokonce vyhazovaly formuli do vzduchu. Z tohoto důvodu byly uhlazeny. Stromy a kamení poměrně silně zatěžovaly grafické karty. Finální verze proto lehce upravuje množství detailů, které se na mapě vyskytují. Také nebylo zřejmé, kudy trasa vede, proto před každým rozčleněním mapy se na trase nachází šipky, které udávají směr jízdy. Nové přídatky tvoří pouze zvětšování zorného pole kamery pro simulaci vyšší rychlosti formule.

## Kapitola 4

# Testování

V této kapitole je popsáno, jakým způsobem se hra testovala. Testování bylo provedeno ve dvou cyklech. V prvním cyklu byla testovaná celoroční práce a v druhém nově přidané prvky po prvním cyklu.

### 4.1 Dotazník

Dotazník byl vytvořen pomocí Google Forms (pro otázky v dotazníku viz. přílohu A). První verze sestává z deseti otázek a druhá přidává čtyři nové. Dohromady na dotazníky odpovědělo šestnáct jednotlivých uživatelů. Hlavní otázky jsou především z hlediska optimalizace, přehlednosti a intuitivnosti uživatelského rozhraní a mapy, ovladatelnosti formule, zábavnosti hry a zda-li by hráči hráli hru znovu. Tyto otázky slouží zejména pro celkové ohodnocení hry jako takové. Další otázky ohledně rozšiřitelnosti hry sloužily především pro rozhled a získání nových nápadů, které by bylo vhodné implementovat do hry.

### 4.2 Analýza výsledků

Protože testování bylo provedeno ve dvou fázích, rozebereme je jednotlivě a následně shrneme do společných grafů pro srovnání.

#### 4.2.1 Výsledky dotazníku první verze

Výsledek prvního dotazníku byl velice smíšený až negativní. Hráči sice vyzdvihli dobrou optimalizaci hry, přehlednost uživatelského rozhraní a bezchybovost, ale z hlediska hrátelnosti a vizuálních elementů hra příliš neuspěla.

Hra vypadala stejnotvárně a v zadní části mapy se v podstatě nic nedělo. Chyběla zajímavá náplň, která by upoutala. Veliká mapa a dlouhé rovné části je velice rychle znudily. Neviděli důvod, proč hru hrát, a dokonce ani neměli zájem o dokončení všech tří kol. Velkým problémem tvořila oscilace formule při zatáčení. I přes veškerou vynaloženou snahu anulovat tento nepříjemný detail, hráči tento jev stejně vypožorovali. Bohužel i driftování hodnotili velice negativně. Kvůli chudosti mapy a terénu nebylo možné žádným způsobem vizuálně předat rychlost formule. Hráči neměli o co se opřít, aby viděli, jak rychle formule jede. Také ve hře chyběla výzva, nějaký závod proti počítači nebo proti času, který hráč sám nahrál. Problém byl i ve stromech, které nebyly vidět na velikou vzdálenost. Celkově hra nebyla příliš úspěšná a místy hráči zanechávali i dost tvrdou kritiku. Na druhou stranu hráči zanechali velké množství nápadů pro zlepšení.

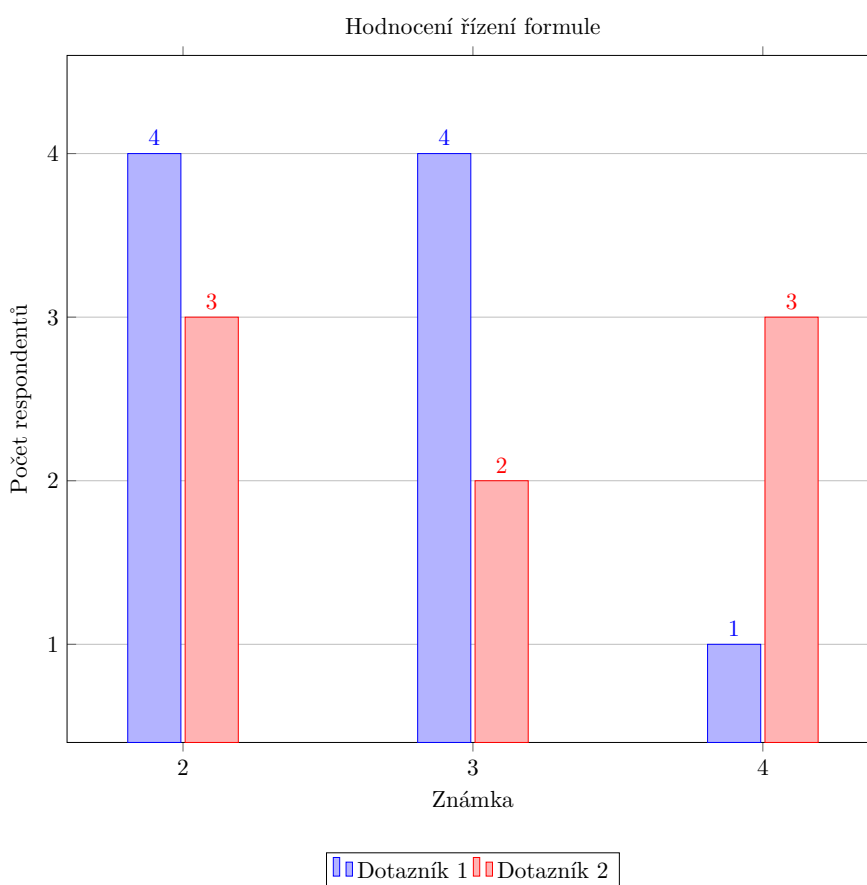
#### 4.2.2 Výsledky dotazníku druhé verze

Výsledek druhého dotazníku byl pozitivní. Hru hrála jiná skupinka lidí a kladně hodnotili nově přidané vizuální a herní prvky. Kritika směřovala zejména na chyby v detailech, spíše než na klíčové herní mechaniky.

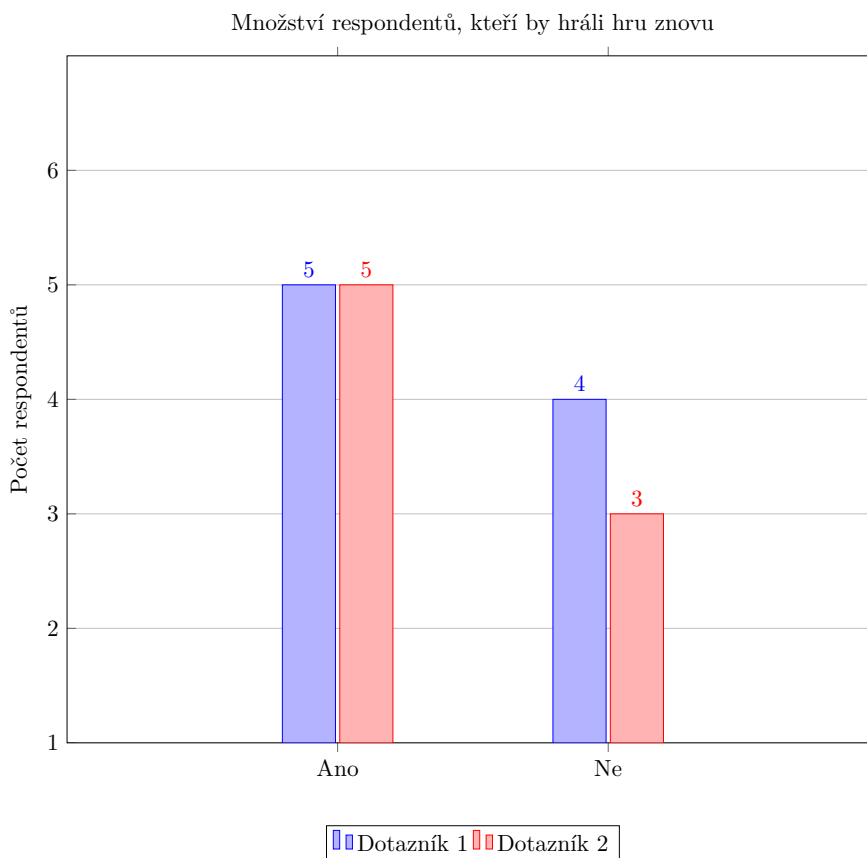
Hráči navrhovali různá vylepšení. Rozšíření uživatelského rozhraní, přidání více tratí, multiplayer, přidání transparentní formule, která reprodukuje, jak hráč jel jeho nejlepší kolo a online srovnávání výsledků kol. Co se chyb týče, tak se ukazuje, že velkým problémem se stala navigace a směr jízdy. Po přidání nových vizuálních elementů hráči v druhém kole kritizovali nepřehlednost mapy a místy se zasekávali na kamenech. Ovladatelnost formule hodnotili lépe, ovšem stále nebyla ideální. Nová verze hry s přidanými mechanikami hráče bavila a líbila se i po vizuální stránce. Zmizela většina negativních komentářů a hráči se zaměřovali na rozšiřitelnost, více než nad úpravou hry nebo vytýkání nedostačujících elementů. Dokonce i testeréři z minulé verze po zahrání nové verze, hodnotili hru velice pozitivně.

#### 4.2.3 Shrnutí dat

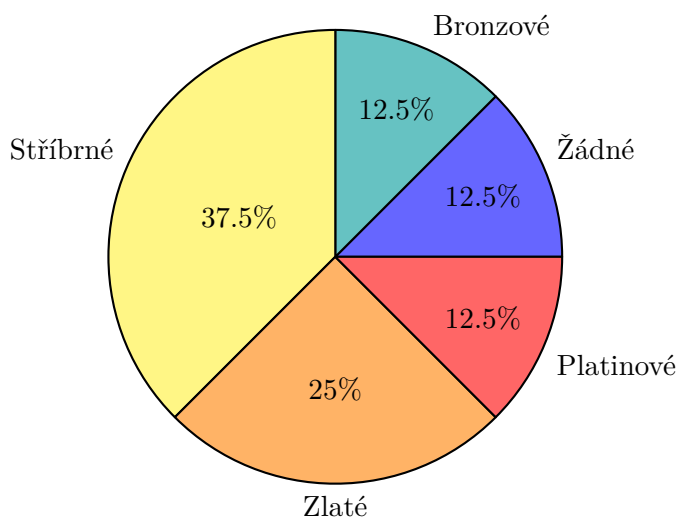
První verze hry byla poměrně neúspěšná. Hráče nebavila, nevypadala zdařile a nudila je. Většina těchto chyb byla opravena v nové verzi a ta hráče velmi zaujala. Zajímavé jsou především data z dotazníku. I přes pozitivní slovní hodnocení v druhém kole, ovladatelnost formule hodnotili hráči hůře. Průměr v první verzi činil  $2\frac{2}{3}$  a ve druhém 3. Znamky 1 a 5 neudělil nikdo v žádném ze dvou kol, avšak při dodatečném dotázání, hráči z prvního kola hodnotili řízení lépe, než v prvním kole.



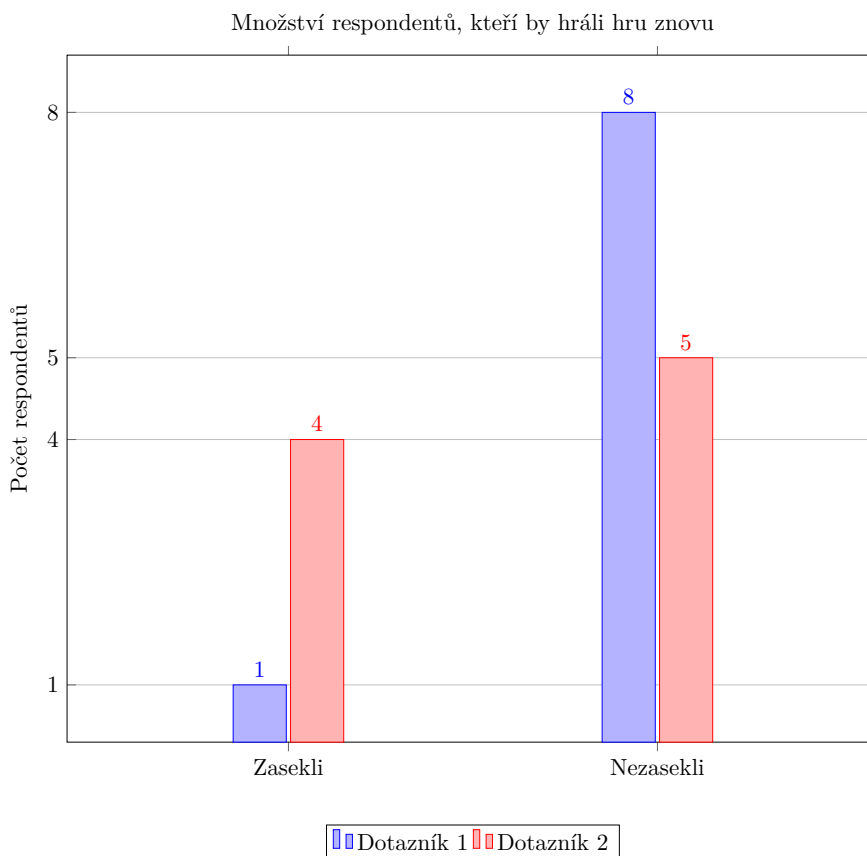
I přes nově přidané vizuální prvky a mechaniky se nijak výrazným způsobem nezměnil počet hráčů, kteří by si hru zahráli znovu. Domnívám se, že je tomu tak především díky malému množství map a nedostatečnému množství prvků, které by hráče upoutaly.



Pro zjištění, zda-li hra není příliš náročná, sloužila otázka ohledně dosaženého ocenění. Hráči dokázali dosáhnout všech hodnocení, kde stříbro a zlato mělo největší reprezentaci. Z těchto dat lze vyvodit, že hra je přiměřeně obtížná. Nutno však podotknout, že tyto data byly sesbírány **před** opravou časovače (více v 3.10.2).



Po přidání nových vizuálních prvků vzrostla výrazným způsobem chybovost hry. Hráčům se často stávalo, že se zasekávali na kamenech. Hra má však implementované řešení, které umožňují hráčům vrátit formuli na kontrolní bod. Hráči tedy nevěděli, jakým způsobem se vrátit zpátky na trať bez restartování hry. Toto považuji za špatnou implementaci nápovědy a uživatelského rozhraní.



### 4.3 Závěr testování a budoucí vývoj

Hlavním cílem testování bylo zjistit, jak je hra zábavná a odkrýt případné nedostatky. Hra měla relativně malé množství chyb, ale vyžadovala silnou úpravu jak vizuálních prvků, tak i mechanik. I přes pozitivní hodnocení uživatelů se ukazuje, že hra má stále nedostatky, které by bylo třeba zlepšit. Například přehlednější uživatelské rozhraní, přidání nových prvků pro větší interaktivitu, efekty kouře při driftování, on-line multiplayer a tabulku skóre pro porovnávání časů. Také by mohla být přidána podpora pro jiné ovládací systémy, např. různé konzolové ovladače nebo i volant s pedály. Finální verze je lehce upravená od testovací. Detailnější popis jednotlivých implementovaných změn je k naleznutí v sekci [3.10.2](#).

## Kapitola 5

# Závěr

Cílem této práce bylo naučit se pracovat v herním enginu Unity a vytvořit zajímavou závodní hru. Přestože prvotní plán vytvořit hru na fakultě FIT nevyšel, tak se stále podařilo vytvořit zdařilou závodní hru.

Na úplném začátku práce byla popsána historie závodních her. Následně byly prozkoumané herní enginy a vybráno Unity pro svoji nenáročnost. Na základě těchto znalostí byly zjištěny informace o různých komponentách, které Unity nabízí pro implementaci závodní hry. Poté následovala samotná implementace hry. V průběhu vývoje byla hra hojně testovaná, na závěr dvakrát testovaná veřejností a na základě zpětných vazeb řádně upravena. Na závěr pro prezentaci hry byl vytvořen plakát a video.

Tato práce mne naučila nejen základní práci s Unity, ale také práci s moderní High Definition Render Pipeline, shadery, particle systémem a importování modelů. Dozvěděl jsem se, jak správně postupovat při tvorbě vlastních modelů a jejich texturaci. Při práci jsem získával nové poznatky o tom, jakým způsobem se moderní hry tvoří, co všechno obnáší vytvořit hru i jak postupovat při tvorbě zábavné a zajímavé závodní hry.

Dle slov recenzentů má hra potenciál. I já sám bych v práci určitě rád pokračoval dále. Přidal bych nové mapy a detaily formule, následovala by stylizace uživatelského rozhraní, nové herní režimy a multiplayer a nakonec tvorba podpory pro různé herní ovladače nebo volant a pedály.

# Literatura

- [1] AHOY. *A Brief History of Graphics* [[online]]. 19. ledna 2015. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=QyjyWUrHsFc>.
- [2] AHOY. *The First Video Game* [[online]]. 4. října 2019. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=uHQ4WCU1WQc&t=3082s>.
- [3] ALIYEREDON. *HDRP Oak Tree* [[online]]. 31. března 2022. Dostupné z: <https://assetstore.unity.com/packages/3d/hdrp-oak-tree-214007>.
- [4] ALIYEREDON. *HDRP Pine Tree* [[online]]. 31. března 2022. Dostupné z: <https://assetstore.unity.com/packages/3d/vegetation/trees/hdrp-pine-tree-214095>.
- [5] ANDYDBC. *Unity Texture Packer* [[online]]. GitHub, 16. prosince 2019. Dostupné z: <https://github.com/andydbc/unity-texture-packer>.
- [6] AVIONX. *Skybox Series Free* [[online]]. 4. ledna 2022. Dostupné z: <https://assetstore.unity.com/packages/2d/textures-materials/sky/skybox-series-free-103633>.
- [7] BILL LOGUIDICE A MATT BARTON. Vintage games : an insider look at the history of Grand Theft Auto, Super Mario, and the most influential games of all time. In.: Boston: Focal Press/Elsevier, 2009, kap. Pole Position (1982): Where the raster meets the road, s. 195–206. ISBN 978-0-240-81146-8.
- [8] CHRISTIAN PETRY. *Normal Map Online* [[online]]. 2019–. Dostupné z: <http://cpetry.github.io/NormalMap-Online/>.
- [9] ESPERRI. *Small Bulldozer Engine.wav* [[online]]. 2. května 2011. [vid. 2023-02-16]. Dostupné z: <https://freesound.org/people/esperri/sounds/118974/>.
- [10] GALLIFREYANBUCCANEER. *Sand Storm* [[online]]. 25. dubna 2018. [vid. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://freesound.org/people/gallifreyanbuccaneer/sounds/426560/>.
- [11] INDIAN\_GAMER2005. *Achievement sound 1.m4a* [[online]]. 18. prosince 2020. [vid. 2023-02-16]. Dostupné z: [https://freesound.org/people/Indian\\_gamer2005/sounds/548434/](https://freesound.org/people/Indian_gamer2005/sounds/548434/).
- [12] JIMMY VEGAS. *How to make a driving & racing game in Unity C# Tutorial* [[online]]. 13. května 2019. [vid. 2022-06-10]. Dostupné z: <https://jimmyvegas.itch.io/driving-racing-unity-source>.
- [13] JOSH GAMBRELL. *The Simple 4-Step Process for Perfect UVs* [[online]]. 10. února 2012. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=Fr2SX1rZZM0>.

- [14] JUICY\_FISH. *Check and cross line and flat set* [[online]]. 2010–. Dostupné z: [https://www.freepik.com/free-vector/check-cross-line-flat-set\\_38720289.htm#query=checkmark%20and%20cross&position=27&from\\_view=search&track=ais](https://www.freepik.com/free-vector/check-cross-line-flat-set_38720289.htm#query=checkmark%20and%20cross&position=27&from_view=search&track=ais).
- [15] KAWETOFE. *Random Prefab Placer – Version 2* [[online]]. 16. března 2021. Dostupné z: <https://assetstore.unity.com/packages/tools/terrain/random-prefab-placer-version-2-146752>.
- [16] LYNXARTS. *Steering Wheel Rotation* [[online]]. 14. května 2021. [vid. 2023-02-20]. Dostupné z: <https://forum.unity.com/threads/steering-wheel-rotation.126270/>.
- [17] MCMIKAI. *Birds chirping in spring season* [[online]]. 24. srpna 2020. [vid. 2023-02-20]. Dostupné z: <https://freesound.org/people/mcmikai/sounds/532192/>.
- [18] PEELING. *The Dark Art of Unity Wheel Colliders - What Unity Doesn't Tell You.* [[online]]. 13. května 2021. [vid. 2023-01-05]. Dostupné z: <https://forum.unity.com/threads/the-dark-art-of-unity-wheel-colliders-what-unity-doesnt-tell-you.1109261/>.
- [19] RADKA ŠPANIHELOVÁ. *Studentská formule z Brna je 9. nejlepší na světě* [[online]]. 21. ledna 2020. [vid. 2022-12-18]. Dostupné z: <https://www.fme.vutbr.cz/fakulta/zfsi/67470>.
- [20] SHUI861WY. *Rock package* [[online]]. 22. května 2018. Dostupné z: <https://assetstore.unity.com/packages/3d/props/exterior/rock-package-118182>.
- [21] SIMONDEV. *An In – Depth look at Lerp, Smoothstep, and Shaping Functions* [[online]]. 27. září 2022. [vid. 2022-11-20]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=YJB1QnEmlTs>.
- [22] TEXTURECAN.COM. *Free PBR Textures (CC0 Textures)* [[online]]. 2023-. [vid. 2023-02-10]. Dostupné z: <https://www.texturecan.com/category/New/>.
- [23] TOM SCOTT. *This 1970s tank simulator drives through a tiny world* [[online]]. 17. října 2022. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=AcQifPHcMLE>.
- [24] TRADER\_ONE. *Water flowing out of a pond* [[online]]. 20. ledna 2023. [vid. 2023-02-15]. Dostupné z: [https://freesound.org/people/trader\\_one/sounds/670514/](https://freesound.org/people/trader_one/sounds/670514/).
- [25] UNITY TECHNOLOGIES. *Create a vehicle with Wheel Colliders* [[online]]. 2021 –. [vid. 2023-01-02]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/Manual/WheelColliderTutorial.html>.
- [26] UNITY TECHNOLOGIES. *Wheel Collider component reference* [[online]]. 2021 –. [vid. 2023-01-02]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/Manual/class-WheelCollider.html>.
- [27] UNITY TECHNOLOGIES. *Terrain Sample Asset Pack* [[online]]. 28. července 2022. Dostupné z: <https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/landscapes/terrain-sample-asset-pack-145808>.
- [28] UNITY TECHNOLOGIES. *Making a Water Shader in Unity with URP! (Tutorial)* [[online]]. 7. července 2020. [vid. 2023-02-26]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=gRq-IdShxpU>.

- [29] UNITY TECHNOLOGIES. *Particle Pack* [[online]]. 8. března 2023. Dostupné z: <https://assetstore.unity.com/packages/vfx/particles/particle-pack-127325>.
- [30] UPKLYAK. *Military medals army badges with star and ribbon* [[online]]. 2010–. Dostupné z: [https://www.freepik.com/free-vector/military-medals-army-badges-with-star-ribbon\\_37785489.htm#page=6&query=platinum%20medal&position=41&from\\_view=search&track=ais](https://www.freepik.com/free-vector/military-medals-army-badges-with-star-ribbon_37785489.htm#page=6&query=platinum%20medal&position=41&from_view=search&track=ais).
- [31] WEBMAGIC VENTURES. *F-1 Arcade Electro – Mechanical machine* [[online]]. 1995-2023. Dostupné z: [https://www.arcade-museum.com/game\\_detail.php?game\\_id=7743](https://www.arcade-museum.com/game_detail.php?game_id=7743).
- [32] WIKIPEDIA. *Tennis for Two* [[online]]. 5. dubna 2023. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Tennis\\_for\\_Two](https://en.wikipedia.org/wiki/Tennis_for_Two).
- [33] XFROG. *3D model 2021 PBR Australian Tea Tree Collection – Melaleuca Alternifolia* [[online]]. 20. října 2021. Dostupné z: <https://www.turbosquid.com/3d-models/3d-model-2021-pbr-australian-tea-tree-collection-melaleuca-alternifolia-1804778>.
- [34] XFROG. *2021 PBR Incense Cedar Collection – Calocedrus Decurrens 3D* [[online]]. 21. července 2021. Dostupné z: <https://www.turbosquid.com/3d-models/2021-pbr-incense-cedar-collection-calocedrus-decurrens-3d-1763183>.
- [35] XFROG. *2021 PBR Rosy Trumpet Tree Collection – Tabebuia Rosea 3D mode* [[online]]. 7. února 2022. Dostupné z: <https://www.turbosquid.com/3d-models/2021-pbr-rosy-trumpet-tree-collection-tabebuia-rosea-3d-model-1851285>.

# Příloha A

## Dotazník ke hře

Tato příloha popisuje obě verze dotazníku. První sekce popisuje všechny otázky v dotazníku a druhá pouze nově přidané.

### A.1 První verze dotazníku

1. Byla hra dobře optimalizovaná? Případně můžete do pole "jiné" napsat specifikace hardware (CPU a GPU stačí).
  - Ano
  - Ne
  - Jiné...
2. Přišla Vám trasa a uživatelské rozhraní intuitivní? Bylo jasné kudy máte jet?
  - Ano
  - Ne
3. Jak hodnotíte ovladatelnost vozidla? Hodnoťte jako ve škole.
  - Číselník od 1 – 5
4. Proč byla nebo nebyla zábavná? Jaké prvky se Vám líbily nebo nelíbily?
  - Otevřená otázka
5. Napadá Vás nějaké zlepšení stávajících mechanik?
  - Otevřená otázka
6. Co byste do hry přidali? Něco co ve hře opravdu chybělo?
  - Otevřená otázka
7. Co byste odebrali ze hry? Něco co Vám vadilo nebo přišlo zbytečné?
  - Otevřená otázka

8. Narazili jste na nějaké chyby, nebo jste se někde zasekli?

- Ne
- Jiné...

9. Jak dlouho Vám trvalo hru dohrát?

- 5 minut
- 10 minut
- Jiné...

10. Zahráli byste si hru znovu?

- Ano
- Ne

11. Máte nějaké další připomínky?

- Otevřená otázka

## **A.2 Nové otázky pro druhou verzi**

1. Hráli jste první verzi hry?

- Ano
- Ne

2. Pokud ano, zlepšila se hra?

- Ano
- Ne

3. Přejde Vám řízení lépe zpracované oproti první verzi?

- Ano
- Ne

4. Jakého hodnocení jste nakonec dosáhli?

- Žádné
- Bronzové
- Stříbrné
- Zlaté
- Platinové

# Příloha B

## Plakát



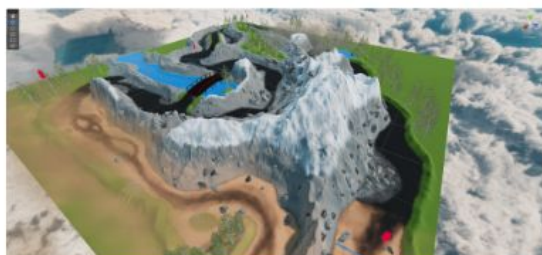
Návrh a implementace počítačové hry

Tomáš Dvořák  
xdvora3r@stud.fit.vutbr.cz

Vedoucí: doc. Ing. Martin Čadík Ph. D.  
Akademický rok: 2022/2023

## Závodění na trati s formulí VUT

Prozkoumejte celou mapu s mnoha detaily



Projeďte celou mapu s efekty mlhy a písečné bouře, kamením, stromy a trávou a různými zvukovými efekty. Mapou můžete projet několika různými způsoby a každá z těchto částí obsahuje speciální mechaniky.

Objeďte různé efekty a zvuky formule VUT

Hra nabízí arkádové ovládání formule s driftováním, automatickým řazením, zvukem motoru a odhazování písku. Dynamický kamerový systém umožňuje změnu mezi třemi pohledy a zajišťuje aby kamera neprocházela terénem.



Dojeďte do cíle co nejrychleji!



Hra obsahuje jeden herní režim, kde je cílem porazit předem nastavené časy. Jste dostatečně schopní řidiči, abyste během tří kol dosáhli platinového ohodnocení?