



**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

**SIMULAČNÍ STRATEGIE VČELSTEV**  
HIVE SIMULATION STRATEGY

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**ALENA KLIMECKÁ**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**Ing. TOMÁŠ MILET, Ph.D.**

**BRNO 2024**

## Zadání bakalářské práce



153623

Ústav: Ústav počítačové grafiky a multimédií (UPGM)  
Studentka: Klimecká Alena  
Program: Informační technologie  
Název: Simulační strategie včelstev  
Kategorie: Počítačová grafika  
Akademický rok: 2023/24

### Zadání:

1. Nastudujte včely a jejich interakce s prostředím. Nastudujte herní vývoj a herní enginy. Seznamte se s existujícími hrami inspirovanými životem včelstev.
2. Navrhněte herní mechaniky a hru, která se inspiruje životem včel.
3. Implementujte herní demo.
4. Hru otestujte a vyhodnotěte.
5. Navrhněte budoucí pokračování a vytvořte demonstrační video.

### Literatura:

- Gregory, Jason. *Game engine architecture*. crc Press, 2018. ISBN 1351974289, 9781351974288
- Bishop, Lars, et al. "Designing a PC game engine." *IEEE Computer Graphics and Applications* 18.1 (1998): 46-53.
- Adams, Ernest, and Joris Dormans. *Game mechanics: advanced game design*. New Riders, 2012. ISBN 0321820274, 9780321820273

Při obhajobě semestrální části projektu je požadováno:

Prototyp hry. Studium včel. Sepsaná teorie o včelách a herním vývoji.

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

Vedoucí práce: Milet Tomáš, Ing., Ph.D.

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

Datum zadání: 1.11.2023

Termín pro odevzdání: 9.5.2024

Datum schválení: 9.11.2023

## **Abstrakt**

Cílem této bakalářské práce je navrhnout, implementovat a otestovat hru inspirovanou životem včel. Návrh je zpracován na základě prostudovaných dat o biologii včel a již existujících hrách na toto téma. Implementace je provedena v enginu Unity v jazyce C#. Hra je tvořena výukovou kampaní a samotnou hrou, která obsahuje mechaniky, jako je například pohyb jednotek, boj s nepřáteli, stavba objektů, generování prostoru a průzkum. Výsledkem je strategická hra ve 2D prostředí, která se snaží nejen o poskytnutí herního zážitku, ale také o výuku v oblasti života včel.

## **Abstract**

The aim of this bachelor thesis is to design, implement, and test a game inspired by the life of bees. The design is based on researched data regarding bee biology and reviews of existing games on this topic. The game was developed using the Unity engine and coded in C#. It features a tutorial campaign as well as the main gameplay, incorporating mechanics such as unit movement, combat with enemies, building of structures, world generation and exploration. The result is a 2D strategy game that not only offers a gaming experience but also educates players about the life of bees.

## **Klíčová slova**

vývoj her, Unity engine, 2D, strategie, včely, úl, výuková hra, budování, RTS, simulace

## **Keywords**

game development, Unity engine, 2D, strategy, bees, hive, educational game, building, RTS, simulation

## **Citace**

KLIMECKÁ, Alena. *Simulační strategie včelstev*. Brno, 2024. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií. Vedoucí práce Ing. Tomáš Milet, Ph.D.

# Simulační strategie včelstev

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením pana doktora Tomáše Miletka. Uvedla jsem všechny literární prameny, publikace a další zdroje, ze kterých jsem čerpala.

.....  
Alena Klimecká  
8. května 2024

## Poděkování

Především děkuji vedoucímu práce Ing. Tomáši Miletovi, Ph.D., za kvalitní vedení, připomínky, užitečné rady k práci a za milý přístup při konzultacích. Děkuji také všem testerům a své rodině za pomoc s testováním hry.

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Biologie včelstva</b>	<b>4</b>
2.1	Včela medonosná . . . . .	4
2.2	Líhnutí . . . . .	5
2.3	Matka, trubci a rozmnožování včelstva . . . . .	6
2.4	Životní cyklus dělnic a jejich funkce . . . . .	6
2.5	Organizace a funkce úlu . . . . .	8
2.6	Potřeby a vlastnosti včel . . . . .	8
2.7	Suroviny . . . . .	8
2.8	Přirození nepřátelé a nemoci . . . . .	9
2.9	Včelí pastva . . . . .	10
<b>3</b>	<b>Existující hry o včelách</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>Techniky a koncepty vývoje videoher</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>Návrh demoverze hry – Between the flowers</b>	<b>19</b>
5.1	Hlavní hra . . . . .	21
5.2	Výuková kampaň . . . . .	25
5.3	Uživatelské rozhraní . . . . .	26
<b>6</b>	<b>Realizace</b>	<b>31</b>
6.1	Použité technologie . . . . .	31
6.2	Struktura a architektura projektu . . . . .	32
6.3	Uživatelské rozhraní . . . . .	34
6.4	Generování herního prostředí . . . . .	39
6.5	Vlastní jednotky . . . . .	41
6.6	Nepřátelské jednotky . . . . .	42
6.7	Stavba úlu a jeho funkce . . . . .	43
6.8	Doplňkový obsah . . . . .	46
<b>7</b>	<b>Uživatelské testování</b>	<b>49</b>
<b>8</b>	<b>Závěr</b>	<b>54</b>
	<b>Literatura</b>	<b>56</b>

# Kapitola 1

## Úvod

V současné době dochází k celosvětovému poklesu počtu včel, které jsou velmi důležité pro opilování většiny rostlin využívaných v lidské stravě. Jelikož právě včely jsou pro náš lidský život velmi důležité, je vhodné zvýšit zájem a povědomí o tomto druhu. Zároveň herní průmysl dosud nenabízí mnoho her s touto tématikou, a tak představuje nevyužitý potenciál pro hry zaměřené na zviditelnění včel.

Cílem práce je vzít zábavný aspekt videoher a propojit ho s tématikou včel. Hlavní motivací je přilákání pozornosti ke včelám a snaha o to, aby si veřejnost včely oblíbila a byla povzbuzena k dalšímu prozkoumávání tohoto tématu. Hra samotná by neměla působit jen jako zdroj zábavy, ale i jako výukový nástroj, který předá hráči informace o životě včel.

Výsledkem práce je strategická hra ve dvourozměrném (2D) prostředí, která simuluje život včelstva. Hráč ve hře může pohybovat se včelami, prohledávat oblasti a sbírat nektar a pyl z květů. Hra přináší mechaniku správy a výstavby úlu, ale vyskytuje se zde také boj s nepřáteli. Cílem hráče je zajistit dostatek potravy pro královnu, larvy a včelí dělnice, udržet včelstvo při životě a vybudovat fungující a prosperující úl. Uvedení do hry probíhá za pomoci krátkého příběhu s výukovými prvky a k pochopení hry také pomáhá nápověda, která cílí na to, aby hra byla přístupná i méně znalým hráčům. Představení výsledné aplikace je na obrázku 1.1.

Práce je rozdělena do několika kapitol. Shrnutí informací o včelách a jejich životě se nachází v kapitole 2. Kapitola 3 se zaměřuje na průzkum již existujících her na trhu, které pojednávají o podobném tématu. Úvodní informace o použitých konceptech vývoje videoher popisuje kapitola 4. Návrh hry je podrobně rozepsán v kapitole 5, která popisuje jednotlivé mechaniky hry. Následná implementace herního dema je ukázána v kapitole 6, zaměřené na praktické použití herního vývojářského enginu. Tato kapitola obsahuje také popis grafické realizace hry. Konečná fáze vývoje zahrnuje uživatelské testování, popsané v kapitole 7.

## Beetween the flowers



Obrázek 1.1: Obrázek simuluje, jak by vypadala situace, ve které by hra byla vydána na trh, konkrétně na platformu Steam. Zobrazuje stručný přehled o vzhledu a konceptu hry.

## Kapitola 2

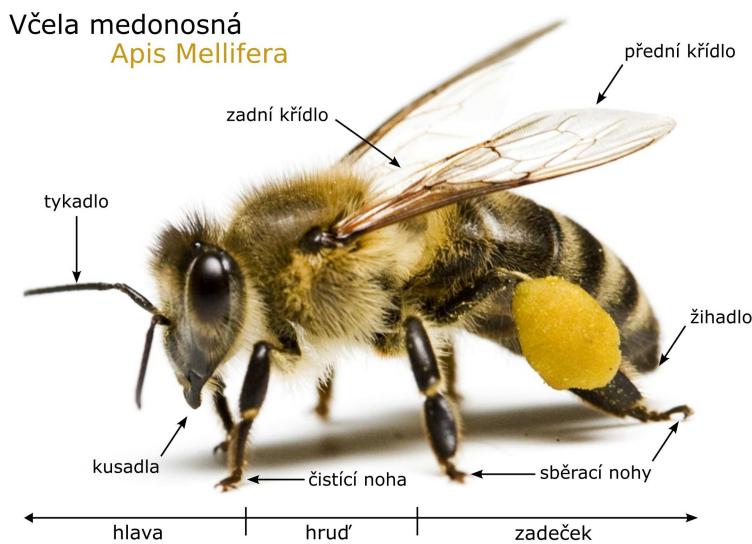
# Biologie včelstva

Včely jsou fascinující hmyz s komplexním životem a chováním. Jsou velmi důležité pro opylování rostlin, a tím i pro produkci potravin. Vzhledem k jejich významu pro lidstvo a unikátnímu životu, jsou ideální inspirací pro tvorbu herního prostředí, které může sloužit nejen pro zábavu, ale také pro vzdělávací účely.

Z těchto důvodů je nutné podrobně prozkoumat biologii včelstva, což je hlavním cílem této kapitoly. Následující podkapitoly se zaměřují na vývoj včel, strukturu včelí společnosti a úlohu matky, trubců a dělnic, u kterých se podrobněji zaměřuje na jednotlivé fáze jejich života. Dále je popsána také organizace a funkce úlu, přirození nepřátelé včel, nemoci a také suroviny, které včely ke svému životu využívají. Informace uvedené v této kapitole čerpají z knihy Fenomenální včely [12].

### 2.1 Včela medonosná

Včela medonosná patří mezi nejvíce rozšířený druh včel. Je to blanokřídlý hmyz s velmi dobře fungující dělbou práce. Společně s ostatními jedinci svého druhu tvoří včelstva, která organizovaně spolupracují na zachování života skupiny a jejího rozmnožování. Takovéto uskupení se nazývá superorganismus. Zpravidla je včelstvo tvořeno matkou, také označovanou jako královna, několika samci a velkým množstvím dělnic, což jsou samičky se zakrnělými pohlavními orgány. Anatomie včelí dělnice je vyobrazena na obrázku 2.1.



Obrázek 2.1: Tělo včely medonosné je tvořeno třemi částmi. Těmi jsou hlava, hruď a zadeček. K hrudi jsou připojeny dva páry křídel a tři páry nohou. První pár nohou je přizpůsoben k čištění úlu a zadní dva ke sběru surovin. V zadečku jsou umístěny zažívací orgány, medový váček a jedová žláza. Na konci zadečku se nachází žihadlo napojené na jedový váček.

## 2.2 Líhnutí

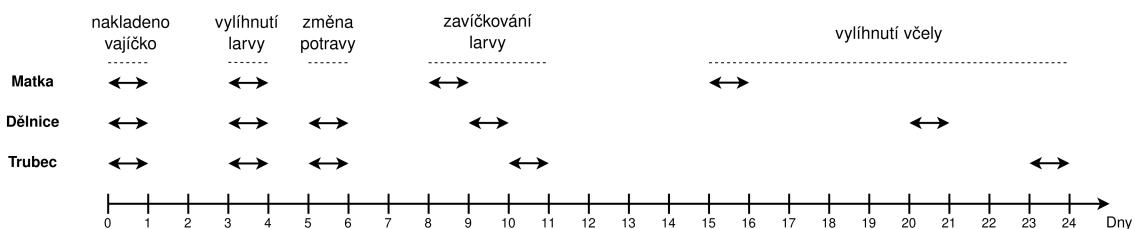
Vývoj nových jedinců započne tím, že matka pokládá vajíčka do připravených buněk podle toho, jak jsou velké. Pokud je buňka v průměru kolem 6.9 mm, naklade do ní neoplozené vajíčko, z něhož se poté vylíhne trubec. Naopak do menších s průměrem okolo 5.3 mm pokládá oplozená vajíčka, ze kterých se následně vylíhnu dělnice. Třetím případem buňky je speciální mateří miska, která slouží pro vývoj nové matky.

Po uplynutí tří dnů se z vajíčka vylíhne larva, ta je krmena mateří kašičkou, kterou pro ni vytváří pečující včely. Larvy starší tří dnů jsou pak přikrmovány směsí medu a pylu, mateří kašičku už nedostávají vůbec. Pokud by ji konzumovaly i nadále, vylíhly by se z larev nové matky.

Jakmile je larva dostatečně velká, je zavíckována vrstvou vosku a nastává stadium kuklení. U dělnice trvá tato fáze devět dní, u trubce deset dní a u matky pouze šest dní.

Proběhne tedy celkem dvacet jedna dní, než dělnice vyroste a opustí buňku. U trubce je to dvacet čtyři dní a u matky šestnáct dní. Časový přehled o tom, jak probíhá fáze líhnutí u jednotlivých jedinců v úlu, je také vyobrazen na obrázku 2.2.

## Líhnutí



Obrázek 2.2: Časová osa zobrazuje proces líhnutí všech jedinců v úlu. Vše začíná položením vajíčka, následné vylíhnutí larvy nastává u všech jedinců současně. Larvy jsou pak krmeny mateří kašíčkou a pátý den nastává u trubců a dělnic změna potravy. Po čase specifickém pro daného jedince je larva zavíčkována vrstvou vosku a následuje finální fáze líhnutí.

## 2.3 Matka, trubci a rozmnožování včelstva

Matka je vzhledem největší jedinec v úlu. Jejím jediným úkolem je na začátku života páření a následné kladení vajíček. Naklást může až dva tisíce vajíček denně. Matka je živena výhradně mateří kašíčkou a je důležité, aby o ni neustále někdo pečoval. Z tohoto důvodu má kolem sebe vždy nějaké dělnice. Pokud matka zemře, přestane klást vajíčka, nebo je jiným způsobem zasažena, dělnice si okamžitě vychovají novou matku. Provedou to tak, že vybrané larvy krmí po celou dobu líhnutí mateří kašíčkou, tím dosáhnou u včely vývoje pohlavních orgánů. Život matky může být dlouhý až čtyři roky.

V úlu se nacházejí také trubci. Ty poznáme podle toho, že mají rozměrný zadeček a velké oči. Chybí jim na rozdíl od ostatních žihadlo. Matka žihadlo má, ale používá ho výjimečně jen k usmrcení rivalských matek. Jediným úkolem trubců je oplození matky.

Koncem jara se trubci začínají shromažďovat na opticky významných místech, jako jsou například velké stromy nebo mosty. Zatímco dělnice naznačují zvukovými signály matce, že je třeba vydat se na snubní let. Matka vylétá z úlu v doprovodu několika dělnic a po příletu na místo proběhne páření. To probíhá ve vzduchu a jen s několika trubci, ti při aktu umírají. Ostatní trubci se vrací zpět do úlu. Matka po dokončení snubního letu, který může být během daného období jednou či vícekrát, již má potřebnou zásobu v semenném váčku na celý život. Jakmile se začnou snižovat zásoby potravy a samci již nejsou pro úl potřební, začnou je včely z úlu vyhánět.

## 2.4 Životní cyklus dělnic a jejich funkce

Včela dělnice během svého života projde čtyřmi fázemi. První trvá pár dnů a její jediný úkol je úklid buněk a jejich příprava pro nová vajíčka. Ve druhé fázi, která trvá zhruba jeden týden, záleží na potřebách včelstva, má za úkol zásobovat larvy a matku potravou. V tomto období přijímají dělnice velké množství pylu a pomocí hltanových žláz tak vytváří mateří kašíčku.

Třetí fáze také trvá kolem jednoho týdne a včela zde dle potřeby zastupuje různé funkce uvnitř úlu. Jednou z nich je tvorba vosku. Ta probíhá tak, že pomocí voskových žláz, které jsou umístěny v zadní části těla, produkují včely hmotu, která postupně tuhne v šupinky vosku. Po vytvoření šupinek je včely zpracují pomocí kusadel a takto vzniklý vosk používají ke stavbě pláštů. Další prací je přebírání nektaru od létavek, což jsou včely sbírající suroviny, a následné zahušťování medu. Včely, které přebírají nektar, jej poté pečují do

připravených pláštů. Ostatní včely máváním křídel podporují odpařování vody, nektar tak zhoustne a vytvoří se z něj med. Mimo nektar zpracovávají včely také pyl, ten konzervuje tak, že ho pěchují do pláštů.

Pokud je v úlu příliš vysoká teplota, tedy klasicky v létě, včely začnou plnit další funkci. Létavky přináší do úlu vodu, kterou rozprostírají na pláštích. Ostatní včely se usadí na stěnách úlu a pohybují křídly, to způsobí proudění vzduchu a potřebné snížení teploty.

Jednou z dalších funkcí je odstraňování hrubých nečistot. Tato práce zahrnuje vynášení mrtvých včel z úlu, odstraňování cizích předmětů a další. Poslední z výčtu prací v úlu je funkce topiček a jejich zásobování. Včely topičky, jak je ve své knize Fenomenální včely [12] nazývá Jürgen Tautz, mají za úkol zahřívat zavíckované buňky larev. Tuto funkci provádí včely v jakémkoliv fázi jejich života. Topičkám je velmi nápadomocná skupina včel, která jim cíleně přináší med nebo nektar, kvůli zajištění dostatku živin.

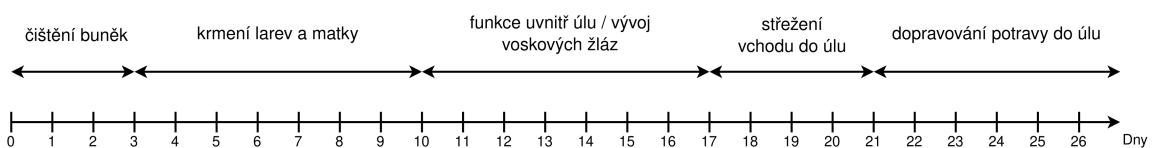
Jakmile se dělnici vyvinou jedové žlázy, může začít plnit funkci strážkyně úlu. Tyto včely hlídají úl před nepřáteli a včelami z cizích úlů, které se nejčastěji na podzim vydávají do cizích úlů sebrat zásoby medu. Strážkyně rozeznají cizí včely od svých vlastních podle odlišného pachu.

Poslední fází je včela létavka, která sbírá suroviny dle potřeby. Ve většině případů daná včela po určitý časový úsek sbírá pouze jeden druh surovin. Tou může být nektar, pyl, voda, medovice nebo propolis. Některé včely v tomto období zastávají funkci pátraček. Jestliže je nedostatek atraktivních pastev, hledají nová místa pro sběr, nebo pokud je třeba, také nová místa k bydlení. Po týdnu této těžké práce dělnice umírá. Shrnutí všech fází života včelí dělnice je vyobrazeno na obrázku 2.3.

Trvání těchto fází je popsáno v ideálním případě, často se však mění v závislosti na potřebách včel a množství larev v úlu. Čtvrtou fází některé včely ani neprojdou, naopak jiné zase po pár dnech strávených ve třetí fázi přejdou ihned do čtvrté, kde tráví většinu svého života. Možné to je díky létavkám, které dokáží zpomalovat dospívání mladých včel tím, že vylučují určité feromony a tím udržují rovnováhu v úlu.

Délka života dělnice také závisí na ročním období. Pokud se včela vylíhne na podzim, všechny důležité práce v úlu jsou již vykonány a jejím jediným cílem je přečkat zimu. Včely se přes zimu seskupují do hloučků a vzájemně se zahřívají. Další rozvoj včelstva započíná na jaře, kdy včely narozené na podzim začnou vykonávat práce v úlu. Tyto včely tedy mohou žít sedm až devět měsíců.

### Životní cyklus dělnice



Obrázek 2.3: Na časové ose jsou zobrazeny činnosti, které dělnice vykonává v průběhu života. Ihned po vylíhnutí se zaměřuje na úklid buněk, ze kterých se včely líhnou. Následně v těchto prostorách úlu zůstávají a venují se krmení larev, nebo péči o matku. Za určitý čas se jim začnou vyvíjet voskové žlázy, proto je jejich další prací stavba úlu a ostatní funkce, které jsou v úlu potřebné. Některé starší včely také zastávají funkci strážky vchodu do úlu. Poslední fází života dělnice je doprovádění potravy do úlu, což je klíčová činnost pro chod úlu. Graf zobrazuje rozložení funkcí v životě v ideálním případě. V realitě je ale ovlivňována délka fází ročním obdobím, počasím a potřebami v úlu.

## 2.5 Organizace a funkce úlu

Pokud včelstvo nalezne nové místo k bydlení nastává příprava prostoru. Včely vykoušou třísky, zarovnají povrchy pomocí propolisu a pustí se do budování nových buněk. Ty se začínají stavět směrem od shora dolů. Buňky jsou tvořeny převážně z vosku, ale přidává se často i propolis, pro vylepšení vlastností. Včely umísťují k sobě válcovité útvary, a tím, že vosk není ještě úplně ztuhlý, válce k sobě přilnou a vytváří tak šestiúhelníkové buňky.

Plástve v úlech jsou řazeny paralelně svisle. Ve středu se nachází hnázdo, kde se vyskytuje matka a larvy. Kolem hnázda nalezneme buňky napěchované pylem. Umístěny jsou zde z toho důvodu, aby včely, které se starají o líheň, měly pyl ihned po ruce. Vnější vrstvu plástve tvoří zásobárna medu.

Poslední část se nachází na volných okrajích plástve a používá se k předávání informací. Tyto místa nazýváme taneční plochy nebo shromaždiště informací. Včely pátračky, které právě narazily na nový zdroj surovin, dorazí na tyto plochy a začnou předvádět taneček. To probíhá tak, že včela opisuje tvar osmičky nebo kruhu, třese sebou ze strany na stranu a těmito pohyby předává informaci o tom, kde se místo nachází a jak moc je atraktivní. Postupně se i ostatní okolní včely k tanečku připojí a opakují pohyby pátračky, aby se informace nadále rozšířila po úlu. Taneční plocha zvládne pojmut až čtyři různé včelí tanečnice, každou představující jiný nález.

## 2.6 Potřeby a vlastnosti včel

Včely jako potravu přijímají nektar, med a vodu. Létavky, kvůli velkému vytížení potřebují značně větší množství potravy než ostatní. Pokud plánuje včela opustit úl, ať už za účelem sběru, nebo pátrání, bere si sebou určitý obnos medu, podle toho jak daleko plánuje doletět. Med tak funguje pro včelu jako jakési palivo. Klasicky létavka putuje pro sběr surovin dva až čtyři kilometry od úlu, maximálně je to deset kilometrů.

Včely nepochybňně potřebují i spánek, ten u různých včel trvá odlišnou dobu. Zpravidla mladší včely spí méně než létavky. Ty potřebují často k doplnění energie spát celou noc, zatímco mladším stačí jen pár hodin.

U včel také pozorujeme různé vlastnosti. Mohou být líné nebo pilné, to pak ovlivňuje například to, kolik letů pro suroviny včela za den vykoná. Také teplota zde hraje roli, jelikož některé včely jsou zimomřivé a při mírně nižších teplotách, se již nevydávají mimo úl. Naopak některé otužilejší včely to ještě zvládají. Pod dvanáct stupňů už ale včely nejsou schopny lézt. Sledovat můžeme i plno dalších vlastností, jako je například odlišná agresivita, nebo rychlosť adaptace. Adaptace na nové situace je u většiny jedinců velmi rychlá.

## 2.7 Suroviny

Včely během svého života využívají velké množství různých surovin. Nektar a pyl si dokáží ukládat, takže je pro ně jednodušší přežít zimu. Informace o surovinách a materiálech, které včely využívají, jsou převzaty z knihy Včelařství: obrazový průvodce [2].

Nektar je sladká tekutina, kterou vylučují rostliny. Pro sběr nektaru včela vykoná za den tři až šest letů a za jeden let dokáže přinést dvacet až čtyřicet miligramů nektaru. Včela ho přenáší v medném váčku, ten je umístěn v zadní části tělíčka před žaludkem. Po příletu k úlů vypumpuje obsah váčku a předá ho tak pracovnicím v úlu. Ty následně ukládají med do buněk plástve, kde započne tvorba medu.

Druhou sladkou látkou, ze které vzniká med, je medovice. Je to míza z rostlin, kterou následně pozřou mšice nebo jiný podobný hmyz a poté ji vyloučí. Medovice pak ulpí na listech, odtud ji včely sbírají a nadále zpracovávají podobně jako nektar.

Med vzniká pomocí zahřívání nektaru. Včely vytvářejí teplo a míváním křidel podporují odpařování vody. Díky tomu množství klesá až na polovinu a vytvoří se tak med. Když je med dostatečně zahuštěn, je zavíckovaný vrstvou vosku, aby nedošlo ke kvašení.

Další důležitou surovinou, kterou včely uchovávají, je pyl. Pylová zrna jsou samčí po- hlavní buňky semenných rostlin. Ty přenáší létavky nevědomě při sbírání nektaru, kdy se jim zrnka zachytávají na těle. Zároveň také sbírají pyl cíleně, a to tak, že po zachycení čás- teček pylu na těle ho pomocí předních nožiček očešou a koncentrují na zadních nožičkách a vytvářejí tam velké pylové hrudky, které nazýváme rousky. Za jeden let včela nasbírá kolem pěti miligramů pylu. Ten poté rovnou ukládá do připravených plástů.

Surovina, kterou si včely sami vyrábí, je vosk. Dělnice jej vytváří voskovými žlázami, které mají umístěné ze spodní zadní části těla. Při vylučování vosku se včely téměř nehýbají. Následně je vosk rovnou využit, nebo šupinky popadají na zem a využijí se později.

Velmi nápadnou surovinou je také propolis. Propolis je antibakteriální látka. Získává se z pupenů stromů, včely ulamují pryskyřici pomocí kusadel a následně ji přenáší v pylových košíčcích. V úlu pak ostatní pomůžou se sundáním propolisu z nožiček a většinou ho ihned využijí. Hustý propolis použijí na tmelení skulin a řídkým potahují stěny úlu. Používá se také pro stavbu plástů a vylepšuje tím jejich vlastnosti.

Poslední důležitou surovinou je voda, která se povaluje na různých místech po úlu. Vodu do úlu včely přinášejí za účelem chlazení. Je také potřeba k zahnání žízně.

## 2.8 Přirození nepřátelé a nemoci

Včely soupeří s ostatními včelstvy a jiným hmyzem při opylování a sběru nektaru z rostlin. Loupeže medu z plástů jsou rovněž velmi časté. Včely se snaží dostat do cizích úlů převážně v pozdním létě a na podzim, kdy je nedostatek kvetoucích rostlin. Existuje také něco jako úplatky, kdy cizí včela přináší do úlu nektar a včely strážkyně ji kvůli tomu propustí dovnitř. Často při tom mezi včelami vznikají konflikty. Při boji žihadlo mohou používat opakování, jelikož jim neodpadá, jak se to děje například při obraně proti člověku nebo zvířatům. Med se často snaží včelám uloupit také vosy a sršni.

O med jeví zájem také lidé a další živočichové, konkrétně nejčastěji medozvěstka kříklavá. Medozvěstka je malý pták, který pomáhá navigovat větší živočichy k úlu speciálními signály. Poté, co živočich vyloupí hnizdo, medozvěstka zkonzumuje zbytky. Živí se larvami, medem, a dokáže strávit i vosk. Dalším zvířecím nepřítelem je medojed kapský. Medojed má hustou srst a tlustou kůži, takže je imunní vůči bodnutí a je pro něj jednoduché se dostat nezraněný k medu.

Pokud vnikne do hnizda myš nebo jiný podobně velký predátor, včely se ho snaží pomocí žihadel usmrtil. Pokud se to povede, mají kvůli jeho váze problém zvíře odstranit z úlu, proto ho pokrývají propolisem. Kvůli jeho antibakteriálním účinkům tím zmenšují riziko nákazy.

Včelstvo postihuje také řada nemocí a parazitů. Nejčastěji je to mor včelího plodu, varroáza, zavíječ voskový a nosematóza. Informace o nemocech a parazitech jsou převzaty z knihy Včely zdravé a nemocné [17]. Mor včelího plodu je silně infekční nákaza a napadá hlavně larvy ve věku osm až čtyřadvacet hodin. Síří se potravu, kterou přenášejí dospělé včely. Jedním z příznaků moru jsou larvy hnědé barvy. Varroáza napadá dospělé jedince

i plod. Tento roztoč včely oslabuje a způsobuje předčasná úmrtí. Nové včely se rodí slabé a neschopné normálního fungování.

Stavy včelstev regulují také živelní katastrofy a nedostatek potravy. Velkým problémem je rovněž působení pesticidů.

## 2.9 Včelí pastva

Včely disponují důležitou vlastností, která se nazývá florokonstantnost. To znamená, že jsou věrné květu, dokud tedy nedokončí sběr nektaru nebo pylu na konkrétním druhu rostliny v určité oblasti, nepřechází k jiným rostlinám.

Rostliny rozkvétají v odlišných časových úsecích a včely se podle toho zaměřují na dané kvetoucí rostliny. Rané jaro je zastoupeno především vrbou, která je velkým zdrojem nektaru a pylu, dále také například sněženky, narcisy, jabloně a hrušně. V létě je atraktivním zdrojem bělotrn modrý, čechravy a ze stromů je to hlavně lípa. Do srpna se také dobře daří dračíku. Od srpna do září pak kvete například hvězdnice novobelgická nebo vřes obecný. Seznam rostlin je převzat z knihy Pastva pro včely [10].

## Kapitola 3

# Existující hry o včelách

Tato sekce se zaměřuje na již existující videoherní aplikace, které čerpají inspiraci ze života včel. Cílem kapitoly je zjistit, jak vybrané hry zachycují a interpretují tuto tématiku. Byly vybrány hry nejen s podobným tématem, ale také co nejbližších žánrů. Jsou zde dva zástupci strategických her a jedna simulační videohra. Poslední podkapitola se bude věnovat analýze zmíněných her a shrnutí jejich předností a nedostatků, aby bylo možné určit aspekty přínosné pro návrh nové hry.

### BeeFense BeeMastred

BeeFense BeeMastred<sup>1</sup> je tower defense, což je podžánr strategických her, ve kterém je úkolem hráče stavět obranné věže a bránit se tak proti nepřátelům. Ti přichází obvykle po skupinách v různých časových intervalech. Hra začíná tutoriálem, kterým hráče provází postava včely svým vyprávěním. V samotné hře hráč staví obranné věže a za jejich postavení platí pyl. Tuto surovинu získá tím, že přiřazuje včely k políčkům s obilím. Po přiřazení včela automaticky sbírá pyl a donáší ho do úlu. Pyl může hráč využívat k vylepšování již postavených věží, nebo k vytvoření nové jednotky včely. Jednotky ovládáme kliknutím na model včely a přiřazení k políčku, tímto způsobem je také potřeba přiřazovat včely k obranným věžím, jinak věže nemohou útočit. Důležité je také sbírat nektar, ten získává hráč přiřazením jednotky k políčku s loukou. Poté včela automaticky nosí nektar do úlu a promění ho v med. Med je využíván jako potrava, jelikož hladové včely jsou poté slabší. Ve hře je také surovina medovice, která se sbírá přiřazením jednotky k políčku s lesem. Medovice je následně používána k výzkumu nových vylepšení obranných věží. Postupně do hry přichází skupinky nepřátel, které postupují po cestě k úlu a snaží se ho zničit. Jestliže je úl zničen, hráč hru prohrává. Pokud naopak porazil všechny skupinky nepřátel, včelstvo započne migraci. Tím se hráč dostane do postupové mapy, ve které si vybere další úroveň a opakuje hru s vyšší obtížností. Úrovní je ve hře vytvořeno celkem šestadvacet a při jejich procházení se do hry postupně přidávají nové funkce. Ukázka první úrovně je vyobrazena na obrázku 3.1. Hra je určena pro jednoho hráče a je dostupná na platformách Nintendo Switch, Xbox One, PlayStation 4, Microsoft Windows, Xbox Series X a Series S. Vývojářem a vydavatelem je studio ByteRockers' Games.

---

<sup>1</sup>Hra BeeFense BeeMastred dostupná na platformě Steam: [https://store.steampowered.com/app/1640930/BeeFense\\_BeeMastered/](https://store.steampowered.com/app/1640930/BeeFense_BeeMastered/)



Obrázek 3.1: Ukázka rozehrané hry BeeFense BeeMastred s vyznačením důležitých komponent hry, pomocí barevných čtverců. Na cestě k úlu lze vidět nepřátelské jednotky s ukazatelem jejich života, značeny červeně, jejichž jediným cílem je dojít k úlu a tím ho poškodit. Úl je v ukázce vyznačen žlutě. Podél cest jsou rozestavěné obranné věže, označeny černě, ke kterým hráč přiřadí jednotky včel a ty poté automaticky útočí na nepřátele. Pokud je úl zničen hráč prohrává. Ve hře jsou také tři suroviny, jejich množství je vyznačeno modře, je to med, pyl a medovice. Ty hráč sbírá tím způsobem, že svoji jednotku přiřadí k odpovídajícímu políčku suroviny na mapě, ty jsou vyznačeny zeleně, jednotka tak začne automaticky sbírat materiál a přinášet ho do úlu. Suroviny jsou dále využívány k vylepšování jednotek a obranných věží.

### Bee Simulator

Bee Simulator<sup>2</sup> je hra se zaměřením na simulaci života včely, kterou je možnost hrát jednotlivě, nebo ve více hráčích. Hráč přebírá kontrolu nad včelou z pohledu třetí osoby, jak ilustruje obrázek 3.2. Na začátku hry je s využitím animací popsáno, jak jsou včely pro život na zemi důležité a jakým problémům čelí. Výukový prvek je ve hře dále využíván v načítacích obrazovkách, kde se objevují různé zajímavosti o včelstvu. Následuje samotná hra, které předchází výběr ze dvou úrovní obtížnosti. Hra vyobrazuje život včely od jejího narození a postupuje pomocí příběhu, který je prokládán různými úkoly. Jeden z úkolů spočívá ve sběru nektaru, což probíhá tím způsobem, že se hráč přiblíží ke květině, a poté přesunutím k úlu nektar odevzdá. Ve hře může být aktivována schopnost, která umožňuje pohled na květiny zbarvené dle jejich vzácnosti. Dále se hráč může dostat do konfrontace s vosami a tím se aktivuje pohled boje. Boj probíhá v reálném čase za použití schopnosti útoku a obrany, s využitím energie a zdraví. Hra je dostupná na platformách Nintendo Switch, PlayStation 4, Xbox One, Android, Microsoft Windows a Amazon Luna. Vývojářem je Varsav Game Studios.

<sup>2</sup>Hra Bee Simulator dostupná na platformě Steam: [https://store.steampowered.com/app/914750/Bee\\_Simulator/](https://store.steampowered.com/app/914750/Bee_Simulator/)



Obrázek 3.2: V ukázce hry Bee Simulator ovládá hráč jedinou jednotku včely a to pomocí klávesnice. Prolétá tak světem a plní jednoduché úlohy.

### Bee Craft

Bee Craft<sup>3</sup> je realtimová strategie, což je poddruh strategických her, ve kterém hráč ovládá jednotky v reálném čase. Hlavní pohled na hru je ukázán na snímku ze hry 3.3. Hra začíná tutoriálem, po jehož dokončení se odemknou nové mapy. Ve hře hráč ovládá jednotky, brání se před nepřáteli, spravuje úl a sbírá suroviny. Jednotky včely jsou ve hře tří druhů. Druh včely je určen podle toho, jakou možnost hráč zvolí při kladení vajíčka matkou. Mezi druhy patří bojovníci, létavky a údržbářky. Údržbářky mají speciální schopnost, berou automaticky med z pláství a přenáší ho k larvě, tím se larva zvětšuje a následně se z ní vylíhne nová jednotka včely. Dalším druhem jsou bojovnice, ty mají vylepšené schopnosti pro případný souboj. Boj probíhá tak, že do hnízda přilétají sršni, na které pak hráč posílá včely všech druhů, které ho zneškodní pomocí teploty svých těl. Posledním druhem jednotek jsou létavky, které mohou prozkoumávat okolí, nacházet cesty k novým květinám a sbírat na nich nektar. Pro sběr nektaru je využit pohled hry, vyobrazen na obrázku 3.4. Včely létavky, které byly poslány pro sběr, mohou být neúspěšné a tím hráč o jednotky přijde. Pokud je naopak sběr úspěšný, vrátí se do úlu a ukládají med do hráčem určených políček. Hra skončí po uplynutí určitého času a následně se zobrazí konečné body, které jsou ovlivněny výsledným počtem včel, zabitých nepřátel a dalšími aspekty. Hra je dostupná pouze na Microsoft Windows. Vývojářem a vydavatelem je studio Ultimate-games.

---

<sup>3</sup>Hra BeeCraft dostupná na platformě Steam: [https://store.steampowered.com/app/1713790/Bee\\_Craft/](https://store.steampowered.com/app/1713790/Bee_Craft/)



Obrázek 3.3: Jeden ze dvou pohledů hry Bee Craft je organizace úlu. Hráč zde ovládá jednotlivé jednotky několika druhů. Hlavní je královna, pomocí které hráč vybírá, jaký typ vajíček bude pokládán. Z těchto vajíček se pak líhnou jednotky specializované pro různé úkoly, mezi které patří bojovníci chránící úl před nepřáteli, létavky zajišťující opylování a sběr nektaru, a jednotky údržby pečující o úl a jeho rozvoj.



Obrázek 3.4: Vedlejší z pohledů hry Bee Craft je sběr potravy. Tato fáze se aktivuje ve chvíli, kdy hráč vyšle jednotky včel létavek pro sběr surovin. Na mapě jsou zobrazeny oblasti květin, z nichž si hráč může vybírat cíle pro sběr. Výběr oblasti pak ovlivňuje pravděpodobnost návratu jednotek, zobrazené v pravém dolním rohu obrazovky. Po určení cílové lokality se jednotky vydají na cestu a po uplynutí určeného časového intervalu se vrátí do úlu s určitým množstvím medu.

### Analýza

Každá z popisovaných her nabízí jiný pohled na život včel pomocí různých herních mechanik. Videohra BeeFence vyniká dobře zpracovaným tutorialem, který hráčům umožní se rychle seznámit s herním prostředím. Simulační hra Bee Simulator nabízí edukační prvek ve formě informací o životě včel na načítacích obrazovkách, což je chytrý způsob, jak zaplnit čekací dobu mezi přepínáním herních scén.

Zmiňovaným hrám, stejně jako i ostatním existujícím videohrám o tématu včel, ale chybí aspekt funkcionality a organizace včelího úlu. Tento nedostatek tak naznačuje příležitost, zaměřit se v návrhu nové hry na detailní simulaci vnitřního života a struktury včelího úlu. Strategická hra Bee Craft sice zahrnuje prvky týkající se vnitřní organizace úlu, ale její reprezentace neodpovídá skutečnému chování včelstev. Obsahuje ale zajímavou herní mechaniku sběru surovin, doprovázenou procentuálním rizikem smrti jednotek. Nedostatkem hry je převaha bojových prvků, což je méně atraktivní pro hráče preferující klidnější druhy strategií.

Z těchto poznámek vyplývá, že přestože již existují nějaké hry o tématu včel, které přispívají k povědomí o včelách, existuje prostor i pro nové hry. A to zejména hry s mechanikami zaměřujícími se na simulaci včelího úlu a jeho celkového společenství.

## Kapitola 4

# Techniky a koncepty vývoje videoher

Tato kapitola popisuje teoretické základy vývoje videoher, které jsou potřebné pro následný návrh a realizaci. Obsahuje přehled o herních žánrech a podrobný popis toho, jak probíhá vývoj her. Dále obsahuje přehled některých herních enginů, a dotýká se také procedurálního generování a návrhových vzorů, které se při programování her využívají.

### Hra a herní žánry

Počítačová hra, označována také jako videohra, je hra, která je realizována za pomocí počítače. Tyto hry mohou být ve dvourozměrném (2D) nebo třírozměrném (3D) prostředí, se kterým hráč interaguje a využívá různé herní mechaniky. Videohry jsou dále kategorizovány do různých herních žánrů, těmi mohou být například [8]:

- Strategie – Strategické hry se zaměřují na myšlení hráče, taktiku a dlouhodobé plánování. Zahrnují tak mechaniky kontroly zdrojů, budování, ovládání jednotek a velmi často i boje s nepřáteli. Tyto hry se rozdělují do dvou typů. Prvním je typ RTS (Real Time Strategy), kde jednotky hráč ovládá v reálném čase. Druhým typem jsou tahové strategie, kde se jednotlivé akce konají v tazích.
- Simulace – V simulačních hrách jsou modelovány situace z reálného světa, ve kterých hráč řeší nějaký problém nebo svět prozkoumává. Mezi simulační hry často patří závodní hry, simulace života, farmaření a podnikání.
- RPG – RPG (Role Playing Game) jsou hry, ve kterých hráč ovládá postavu ve fiktivním prostředí. Svět je zde většinou detailně propracovaný a obsahuje příběhové prvky. Hry typu RPG obsahují také systém úrovní a předmětů.
- Střílečky – Střílečky jsou hry, které obsahují mechaniku střílení. Mohou být vytvořeny z pohledu první osoby, z pohledu třetí osoby, nebo například ovládáním nějakého vozidla.
- Vizuální novely – Vizuální novely, nebo také vizuální romány, jsou grafické hry, jejichž hlavním cílem je vyprávění příběhu. Hry mohou být lineární, nebo složeny z více dějových linek s různými konci.

## Vývoj hry

Pro úspěšný vývoj videohry je vhodné dodržovat určitý zařízený postup. Jednotlivé fáze jsou převzaty z článků [9] a [1]. Základními fázemi tvorby videoher jsou:

- Analýza a plánování – Počáteční fází celého vývoje je analýza a plánování. Definuje se zde koncept hry, její žánr a určí se cílové publikum. Analyzuje se také videoherní trh a stanoví se vize. Důležité je také určit rozsah projektu, časový plán a finanční možnosti.
- Návrh aplikace – V návrhu projektu se začíná vytvářet herní design. Rodí se zde návrhy herních mechanik, vzniká také vývoj příběhu a vytváří se náčrtky toho, jak hra bude vypadat.
- Realizace – Realizace je zpravidla nejrozsáhlější částí vývoje. V této fázi vzniká veškerá tvorba herních objektů, prostředí a mechanik. Vytváří se také grafická a zvuková stránka hry.
- Testování – Ve fázi testování je třeba otestovat každý aspekt hry. Do toho spadá například testování prostředí, hratelnosti, vykreslování a výkonu. Zjišťuje se také, zda není obtížnost hry příliš těžká, nebo naopak příliš snadná.
- Příprava před vydáním – Tato fáze zahrnuje převážně marketingovou stránku. Vytváří se zde marketingové materiály, hra se prezentuje veřejnosti a často se vydává také beta verze, z důvodu otestování uživatelů.
- Vydání hry – Vydání hry představuje dokončení procesu vývoje hry. Hra je v této fázi spuštěna na trh a sbírá se zpětná vazba od hráčů.
- Postprodukce – Po dokončení vývoje přichází fáze postprodukce, která zajišťuje podporu, údržbu hry a opravu nalezených chyb. Tato fáze často zahrnuje také vývoj přídavného obsahu.

## Herní engine

Herní engine je komplexní softwarový nástroj navržený pro vytváření videoher. Poskytuje sadu nástrojů a knihoven pro zjednodušení vývoje. Slouží jako základ, na kterém jsou hry postaveny a pomáhá například s vykreslováním grafiky, detekcí kolizí, správou zvuku a animací, zpracováním vstupů a skriptováním. Poskytuje tak nástroje pro vytváření herního světa, za pomocí přidávání a nastavování herních objektů. [6]

Výběr herního enginu je výchozí pozicí celého vývoje hry. Před jeho výběrem je důležité určit, na jaké platformy bude hra cílit, jak bude hra náročná a jaké nástroje jsou ideální pro její tvorbu [11]. Nejznámějšími herními enginy jsou:

- Unity – Unity je multiplatformní engine, který podporuje PC, konzole, mobilní zařízení a dokonce i webové aplikace. Je vhodný pro vývoj dvourozměrných (2D) i třírozměrných (3D) her. Programovacím jazykem pro psaní scriptů v Unity je C#. Jeho výhodou je přívětivé uživatelské rozhraní. [4]
- Unreal Engine – Unreal Engine je nástroj vyvinutý společností Epic Games. Jeho výhodou je vysoká kvalita grafického zpracování a jeho výkon, tím se stává vhodným nástrojem pro rozsáhlé projekty. Poskytuje základ pro tvorbu her pro PC, konzole,

mobilní zařízení, VR a rozšířenou realitu. Lze ho také využít k tvorbě vizualizací a filmových projektů. [15]

- Godot – Godot je open-source engine vhodný pro širokou škálu herních projektů. Je určený pro hry v dvourozměrném (2D) nebo třírozměrném (3D) prostředí, přičemž každý rozměr má svůj samostatný engine. [3]

## Návrhové vzory

Návrhové vzory jsou standardizovanými řešeními běžných problémů. Mezi často používané návrhové vzory používané v herním vývoji patří například:

- Singleton – Návrhový vzor Singleton zajišťuje, aby měla třída v celé aplikaci pouze jednu instanci. Umožňuje tak snadný globální přístup k této třídě. Využívá se v momentě, kdy je potřeba přesně jeden řídící objekt pro určitou funkcionality, nebo pokud je potřeba zapisovat data do souborů. [13]
- Entity Component System – Entity Component System se využívá k reprezentaci objektů hry a umožňuje, aby byly entity složeny z různých komponent, které pak definují jejich vlastnosti a chování. Umožňuje tak dynamicky přidávat, odstraňovat a upravovat jednotlivé komponenty i během spuštění aplikace. [16]
- Command Pattern – Command Pattern zapouzdřuje konkrétní požadavek jako objekt. Tento vzor odděluje odesílatele požadavku od příjemce, a tím umožňuje například zpracování různých požadavků a časování jejich provádění. Dává také možnost vracet zpět již provedené operace, díky tomu, že je ukládá do zásobníku. [13]

## Procedurální generování

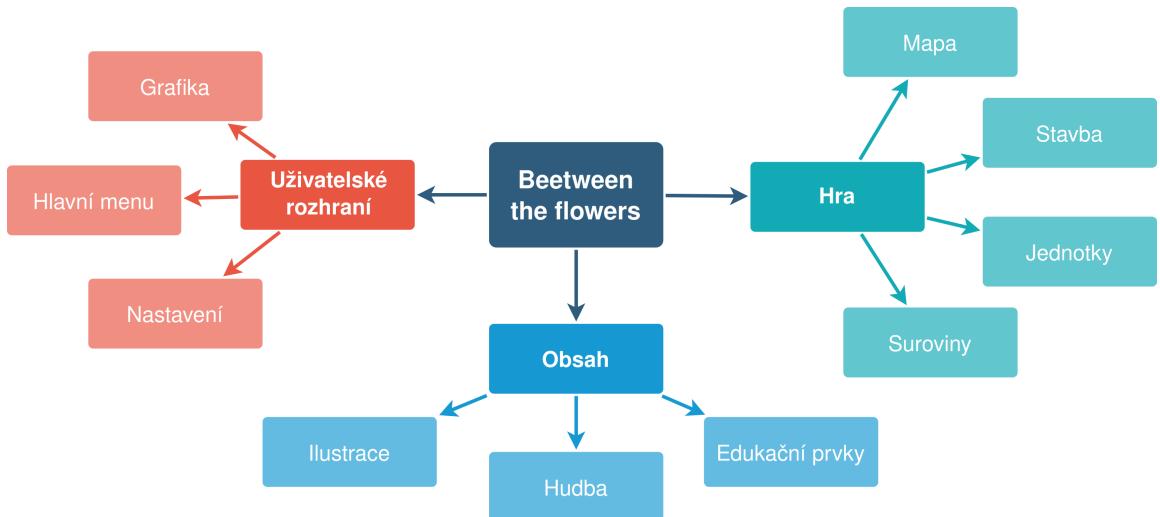
V herním vývoji je velmi často využíváno také procedurální generování, což je technika umožňující vytvářet herní prvky automaticky pomocí algoritmů. Tento přístup tak umožňuje generovat herní prvky, bez nutnosti manuálního přidávání. Pro procedurální generování se používají generátory pseudonáhodných čísel, Lindenmayerovy systémy a také šumové funkce, jako je Perlinův šum a Simplex. [7]

## Kapitola 5

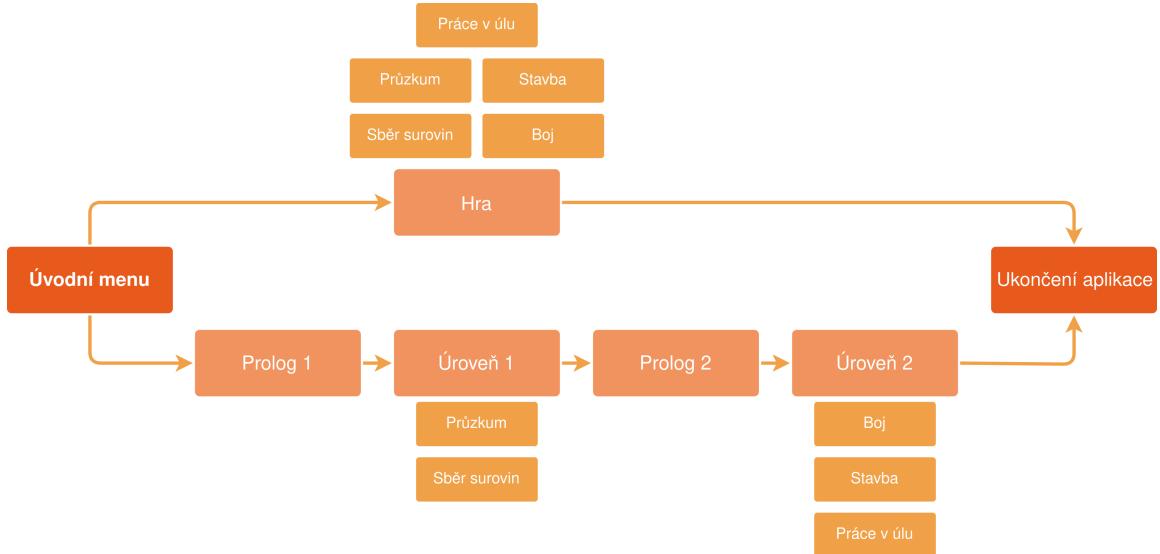
# Návrh demoverze hry – Between the flowers

Hra Between the flowers se zaměřuje na simulaci včelího společenství s prvky strategické budovatelské hry. Obsahuje aspekty stavby úlu, sběru surovin, průzkumu mapy a správy jednotek. Hra se inspiruje reálným životem včel, ale klade důraz i na hratelnost. Proto je realita převedena do formy, která je hráčsky přívětivá a zároveň vzdělávací. Vizuální stránka je vytvořena ve 2D prostředí a navržena s pohádkovým nádechem, což přispívá k přístupnosti a estetické přitažlivosti pro široké spektrum hráčů. Hra je rozdělená do tří bloků vizualizovaných na obrázku 5.1. Vizuální reprezentace postupu hráče hrou je zobrazen na obrázků 5.2.

V následujících podkapitolách jsou postupně podrobně rozepsány jednotlivé komponenty hry, základ výukové kampaně a uživatelské rozhraní.



Obrázek 5.1: Tento diagram představuje strukturu a obsah komponent vývoje hry. Návrh je rozděluje na tři hlavní části, a to hru samotnou, uživatelské rozhraní a doplňkový obsah. Samotná hra kombinuje mechaniky a komponenty strategických, budovatelských a simulačních her. Hráč zde může budovat úl, ovládat jednotky a s jejich pomocí prozkoumávat mapu, sbírat suroviny a plnit další funkce potřebné pro úl. Uživatelské rozhraní představuje interaktivní prvky, které se uživatelům zobrazují a umožňují jim navigovat se ve hře. Obsah pak dotváří celkový dojem hry pomocí vytvořené grafiky, přidáním hudby a výukových prvků.

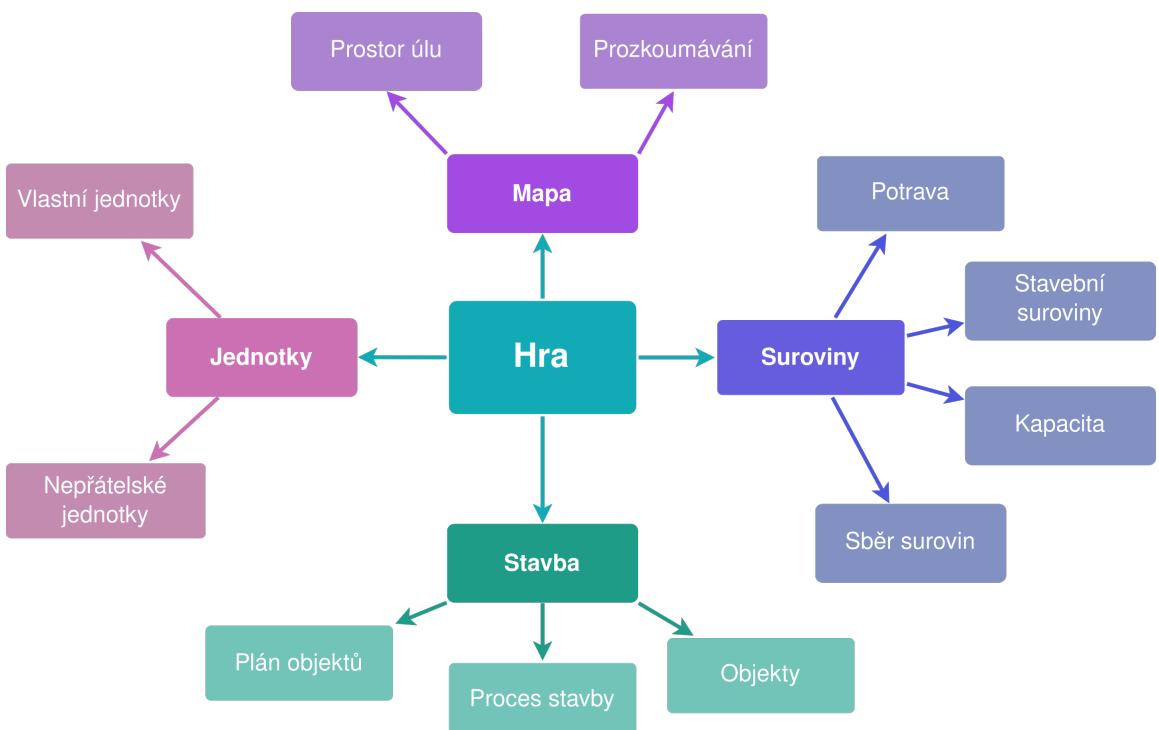


Obrázek 5.2: Postup hrou může mít dvě podoby. Pro nové hráče je k dispozici výuková kampaň, která je nejdříve pomocí příběhu a informací uvede do děje, a následně poskytne výukovou úroveň, která hráče naučí jednotlivé prvky hry. První úroveň se zaměřuje na pohyb jednotek a sběr surovin, zatímco druhá na stavbu úlu, jeho funkce a také na boj s nepřáteli. Zkušenější hráči mohou využít druhý postup, a to pustit se rovnou do hry, která má otevřené všechny herní mechaniky.

## 5.1 Hlavní hra

Ve hře se hráč ujímá ovládání jednotek, s nimiž pohybuje po mapě, na které může objevovat a sbírat suroviny, jako je pyl a nektar. Tyto suroviny jsou později používány nejen jako potrava, ale také pro stavbu úlu. Jednotky je možno také přiřazovat k jednotlivým políčkům v úlu, čímž se aktivuje jejich chod a tím i jejich funkce. Předtím, než může hráč buňky v úlu využívat, musí je nejprve postavit. Stavbu započne tím, že vybere plán daného typu políčka a umístí ho na vhodné místo, přičemž ne všechna místa jsou pro umístění buňky vhodná. Pomocí jednotky včely pak přemění plán na konkrétní místo určeného typu a políčko je tak připraveno k používání. Ve hře se vyskytují také nepřátelské jednotky, které lze rozdělit na dva druhy, a to jednotky útočící na úl a jednotky útočící na včelí jedince. Chod úlu může také ohrozit nedostatek vody nebo potravy. Hlavní komponenty hry jsou vyobrazeny na diagramu 5.3.

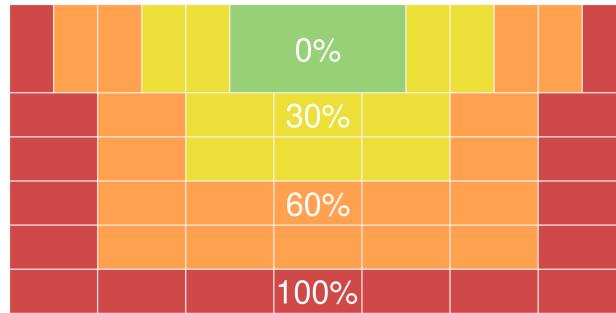
Cílem hráče je přežít a vybudovat fungující a prosperující úl. Toho hráč dosáhne shromažďováním surovin, vhodnou stavbou úlu, vytvořením nových jednotek a zajištěním dostatečného množství potravy a energie pro matku a včelí jednotky.



Obrázek 5.3: Hra se skládá ze čtyř hlavních komponent. Těmi jsou jednotky, mapa, stavba a suroviny. Mapa je rozdělena na dvě oblasti, a to prostor úlu, kde probíhá stavba a funkcionalita buněk v úlu, a okolní prostor, určený pro průzkum a sběr potřebných surovin. Jednotky, které se ve hře objevují, zahrnují jak vlastní jednotky, tak i nepřátelské. Vlastní jednotky jsou klíčovým prvkem celé hry, pomocí nich probíhá sběr surovin, stavba i funkce úlu. Zároveň slouží k obraně proti nepřátelským jednotkám, které ve hře zastupují aspekt nebezpečí. Další složkou hry jsou již zmíněné suroviny, ty slouží jako potrava pro jednotky a matku, ale také jako stavební materiál. Suroviny mají v úlu omezenou kapacitu. Poslední, avšak neméně důležitá komponenta hry, je samotná stavba úlu. Hráč vybírá buňky s různými odlišnými funkcemi a umisťuje je do předem vygenerovaného prostoru úlu.

## Mapa

Herní prostor je tvořen mapou, po které se jednotky včel i nepřátel mohou volně pohybovat. Mapa je rozdělena na dvě části, tím je vnitřní prostor úlu a vnější svět. Uspořádání vnitřního prostoru úlu je na začátku hry náhodně vygenerováno, což snižuje monotónnost hry. Tyto prostory slouží k následné stavbě jednotlivých objektů v úlu. Druhou částí je okolí úlu 5.4, které je tvořeno množstvím neprozkoumaných území. Na tato území musí hráč vysílat včely, aby prováděly průzkum a odhalovaly tak zdroje surovin nezbytných pro úspěšný chod hry. Průzkum však s sebou nese i potenciální nebezpečí, což je ovlivněno tím, jak daleko od úlu se lokalita nachází.



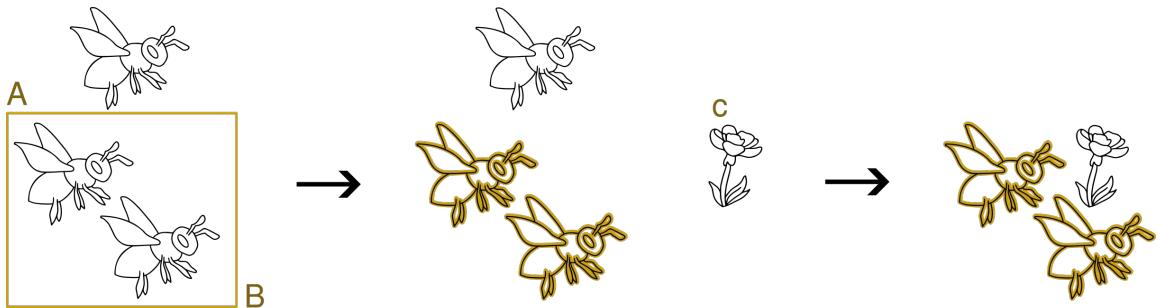
Obrázek 5.4: Včely během hry objevují různá území na mapě. Prostor úlu je na obrázku označen zeleně, zbytek barev značí prostory kolem úlu. Čím dále od úlu je prozkoumávané pole, tím větší je riziko, že včely průzkumný let nepřežijí.

## Vlastní jednotky

Vlastní jednotky představují postavy včelích dělnic, přičemž jedna jednotka ve hře reprezentuje skupinu dvou až tří tisíc včel v reálném světě. Hráč s jednotkami ve hře pohybuje, a tím plní různé funkce, dle toho, kde se jednotka nachází.

Včelí dělnice mají dva základní atributy, a to energii a hlad. Energii včela spotřebovává na základě aktivity, kterou provádí. Například sběr surovin vyžaduje více energie než pasivní stání na místě. Vyčerpáním energie dojde k tomu, že včela již není schopna pracovat a automaticky začne vyhledávat možnost, jak si energii doplnit. U atributu hladu situace probíhá podobně s tím rozdílem, že pokud je včela dlouho bez potravy, umírá. Kromě těchto základních atributů mají včely i další sekundární vlastnosti, ovlivněné tím, jak dobré o ně bylo při líhnutí postaráno. Mezi tyto vlastnosti patří zranitelnost, síla a rychlosť. Zranitelnost představuje bodový systém zdraví jednotky, které pokud klesne na nulu, jednotka zemře. Síla určuje, jak efektivní je jednotka v boji, čím vyšší je hodnota síly, tím je schopna způsobit větší poškození nepřátelské jednotce.

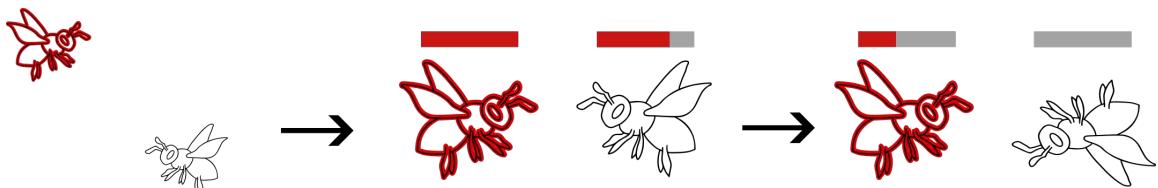
Hráč včely posílá do různých buněk v úlu, na stavbu objektů, ke zdvojení surovin, nebo proti nepřátelům. Tím je včele přiřazen stav a to ovlivní její funkci. Jednotky je možné posílat jednotlivě, nebo výběrem pomocí boxu po skupinách, jak je ukázáno na obrázku 5.5. Ovládání jednotky započne kliknutím na její ikonu, čímž se kolem zobrazí indikátor výběru. Následně kliknutím na cílovou lokaci, jednotka započne pohyb nejkratší cestou k danému místu. Pokud je jednotek více, uspořádají se v cíli do formace.



Obrázek 5.5: Pokud chce hráč ovládat více jednotek, klikne pravým tlačítkem myši v bodě A a pomocí jeho držení a pohybu do bodu B označí jednotky, se kterými chce pohnout, následně jsou jednotky vybrány a hráč je tak může vyslat ke sběru nektaru, kliknutím na daný objekt. Stejně tak lze včely poslat na různá místa na mapě, nebo na místnosti v úlu.

### Nepřátelské jednotky

Nepřátelské jednotky se dělí na dva typy. Prvním druhem jsou nepřátelské jednotky útočící na úl, inspirované medojedem kapským a dalšími predátory, jejichž cílem je získání medu. Ve hře se tak tyto postavy přibližují k již postaveným buňkám úlu, ničí je a zároveň odebírají med ze zásoby úlu. Druhý typ představují jednotky, zaměřující se na útoky proti včelám samotným, jako je v realitě například sršeň obecná. Hráč se brání těmto hrozbám tím, že na nepřátelské jednotky posílá své vlastní. Pokud je včela v jejich těsné blízkosti, může začít útočit také automaticky. Boj mezi jednotkami je řízen atributem síly. Postup boje je vyobrazen na obrázku 5.6. Obě strany začnou vykonávat útoky a na základě náhodně generovaného čísla, které je v rozmezí daném jejich sílou, se pak odeberou životy protivníkovi. V okamžiku, kdy jednotka přijde o všechny životy, zemře a je tak odstraněna ze hry. Frekvence a množství vyskytujících se jednotek, se zvyšuje s postupem hráče ve hře.



Obrázek 5.6: V zobrazeném případě nepřátelská entita zaútočila na hráčskou jednotku, využila tak svoji sílu a odebrala jí životy, což je zachyceno pomocí červeného ukazatele poškození. Jelikož je včela v blízkosti nepřátelské jednotky, automaticky také provede útok. Postupně si tak odebírají zdraví, dokud jedné z jednotek neklesne na nulu. V ten moment jednotka zemře a je odstraněna ze hry.

### Suroviny

Suroviny hrají ve hře zásadní roli, jsou důležité jak pro přežití včelích dělnic, královny a larev, tak i pro výstavbu úlu. Získávají se prostřednictvím jednotek, které hráč vysílá k objektům, jako jsou květiny, kaluže nebo stromy. Tyto objekty se náhodně objevují po okolí úlu a hráč nejdříve musí objevit jejich pozici pomocí funkce prozkoumávání. Jakmile je včela v jejich bezprostřední blízkosti, začne automaticky sbírat konkrétní suroviny, která se následně přidá do společné zásoby úlu. Když je zdroj suroviny vyčerpán, objekt, který ho

reprezentuje, zmizí. Dalším způsobem, jak získávat suroviny je jejich transformace z jednoho typu na jiný, za pomoci speciálních místností úlu.

Téměř každý typ materiálu má stanovenou maximální kapacitu, takže po jejím zaplnění, již není možné dále surovinu získávat. Hra obsahuje pět typů materiálu, těmi jsou nektar a voda, potřebné pro život včel, vosk a pyl, nezbytné pro stavbu úlu a také med, který je využívaný v této hře jako bodovací surovina pro dosažení nejlepšího skóre.

### Stavba úlu

Stavba úlu probíhá tak, že si hráč zvolí konkrétní objekt, který chce do úlu postavit. Na výběr má z osmi typů místností. Dále vybere vhodné políčko, kliknutím umístí plán místnosti a zaplatí potřebné suroviny k postavení. Plán hráč převede na konečnou stavbu tím, že k němu přiřadí jednotku, která po určitém uplynutém čase místnost postaví.

### Královna

Klíčový objekt hry. Je postaven na začátku hry tím, že hráč zvolí její místo v úlu. Za umístění se neplatí žádné suroviny. Královna během hry přijímá mateří kašičku a vodu tím, že k ní hráč přiřadí včelu, která se bude o matku starat, tím se během hry postupně odebírají suroviny a snižuje hlad matky. Pokud má matka dostatek potravy, líhne pravidelně vajíčka do sousedících místností líhně. Naopak když na dlouhou dobu, nemá dostatečný přísun potravy, může zemřít a tím nastane definitivní konec hry.



### Líheň

Slouží k vytváření nových jednotek. Líheň musí při postavení sousedit s trůnem královny nebo jinou líhní, jinak nemůže být místnost umístěna. V líhni by měla být alespoň po minimální dobu líhnutí přítomna vlastní jednotka, aby líheň vytvářela nové včely. Líheň má několik stavů, může být prázdná, nebo je v ní položeno díky královně vajíčko, ze kterého se líhne larva. Poslední stav je zakuklená larva, když již není potřeba aby byla v místnosti přítomna pečující včela. Pokud se o larvu totiž nikdo dlouhou dobu nestará, může zemřít. Doba péče také ovlivňuje její schopnosti a vlastnosti po narození, jako je energie, síla a další. Jedna líheň má kapacitu pouze jednoho vajíčka, po jeho vylíhnutí je kapacita opět volná.



## Místnosti pro plnění potřeb včel

Ve hře se vyskytují dva typy místností, určených pro plnění základních potřeb včel, těmi jsou jídelny a odpočívárny. Včely do těchto místností automaticky odcházejí, pokud mají hlad, žízeň, nebo nedostatek energie. Je velmi důležité, aby úl obsahoval dostatečný počet jídelen, protože jejich nedostatek může zapříčinit úhyn jednotek. Včela zde odebírá nektar a vodu ze zásob úlu, a tím se jí potřeba hladu a žízně snižuje. Pokud v zásobách úlu chybí potřebné suroviny, jídelna nemůže efektivně plnit svou funkci. Odpočinkové prostory fungují na podobném principu jako jídelní buňky, avšak s rozdílem, že neodebírá žádné suroviny. Včely po uplynutí určité doby prostor opouští s plnou energií a mohou se znova vrátit k práci.



## Výrobny materiálů

V rámci hry jsou k dispozici dvě specializované výrobní místnosti. První z nich, výrobna medu je určena k přeměně nektaru na med v poměru tří ku jedné. Po přiřazení jednotky včely, odebírá tato místnost nektar ze zásoby, který je následně přetvářen na med. Druhá místnost, výrobna vosku, nepotřebuje k výrobě žádnou surovinu. Místo toho za určitý čas automaticky vyrobí nové množství vosku, je ale potřebné, aby byla k místnosti rovněž přiřazena jednotka včely.



## Sklad surovin



Představuje stavbu prázdných buněk úlu, kterou v realitě včely dělají pro potřeby uchování potravy. Ve hře zvyšuje maximální kapacitu materiálu, který může celkově úl pojmit, o sto kusů.

## Obranné pole



Reprezentuje buňky, které včely ve skutečném světě pokrývají propolisem. Díky zvýšené odolnosti této místnosti, hráči slouží pro obranu úlu proti nepřátelům.

## 5.2 Výuková kampaň

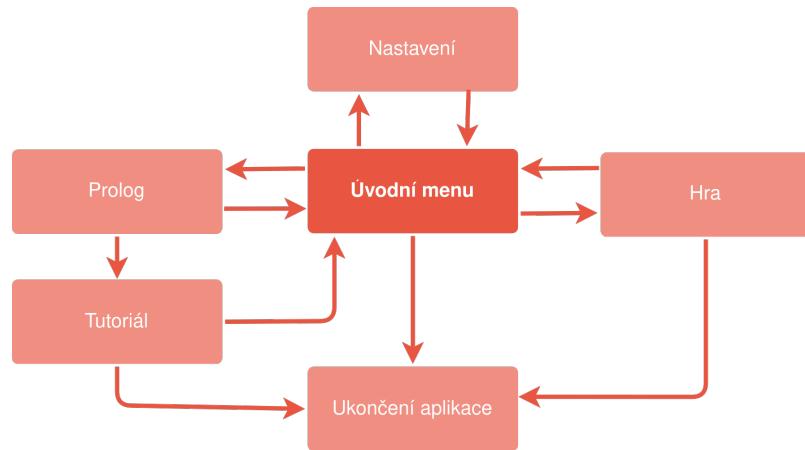
Výuková kampaň se zaměřuje na postupné učení mechanik hry, jak je také vyobrazeno na obrázku 5.7, a zasazuje je do světa včel prostřednictvím připojeného příběhu. V první části se hráč ocítá v roli včely, která se ztratila při hledání nového zdroje surovin. Úkolem hráče je nasbírat dostatek surovin a najít cestu zpět do úlu. Jakmile hráč splní všechny úkoly, je mu odemčena možnost postoupit do další úrovně. Druhá úroveň začíná nalezením úlu, který ale není v moc dobrém stavu. Hráč má za úkol úl opravit, což zahrnuje stavbu líhní a umožnění vylíhnutí nových včel. Také má za úkol postavit místnosti pro zajištění potřeb včel a současně ubránit úl před nepřáteli.



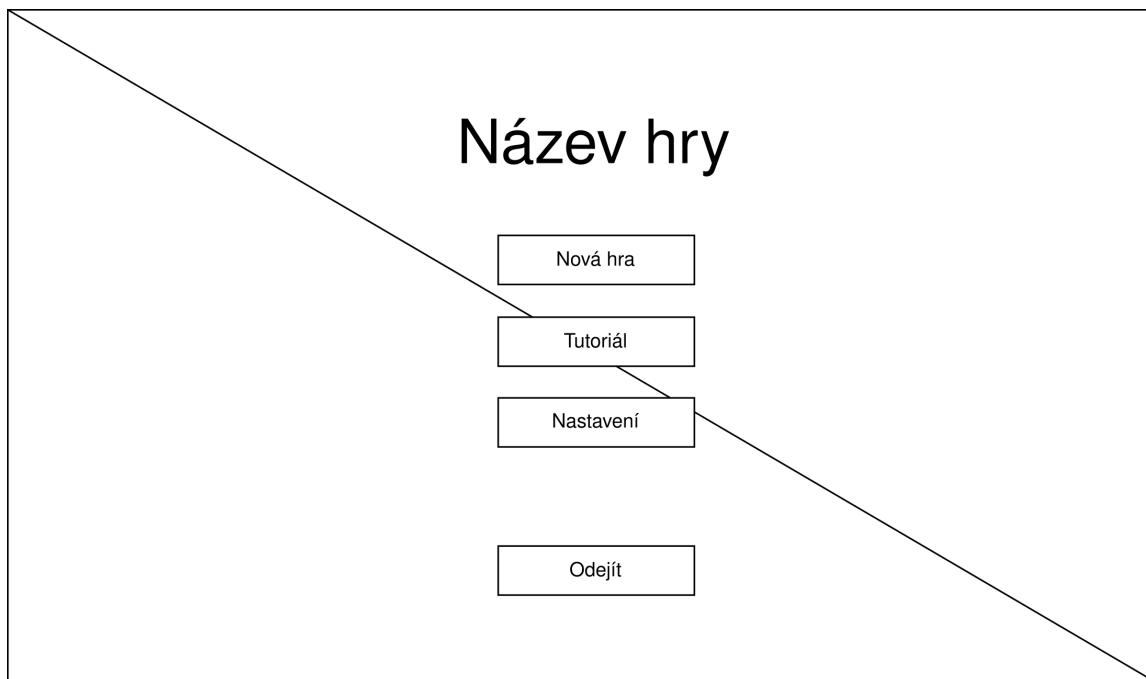
Obrázek 5.7: Kampaň se skládá ze dvou úrovní, které propojují přechodové scény. Ty obsahují příběh, který hráče uvede do hry, ale také je zde možnost zobrazit výukové okno s informacemi z reálného života včelstva. První úroveň kampaně seznamuje hráče s pohybem po mapě, výběrem a ovládáním jednotek, sběrem surovin a obecně s prostředím hry. Druhá úroveň se zaměřuje na to, jak vybrat stavební plán, postavit místo a jak v těchto objektech s jednotkami pracovat. Hráč se zde seznámí také s tím, jak funguje boj proti nepřátelům, jak zahnat hlad a doplnit energii.

### 5.3 Uživatelské rozhraní

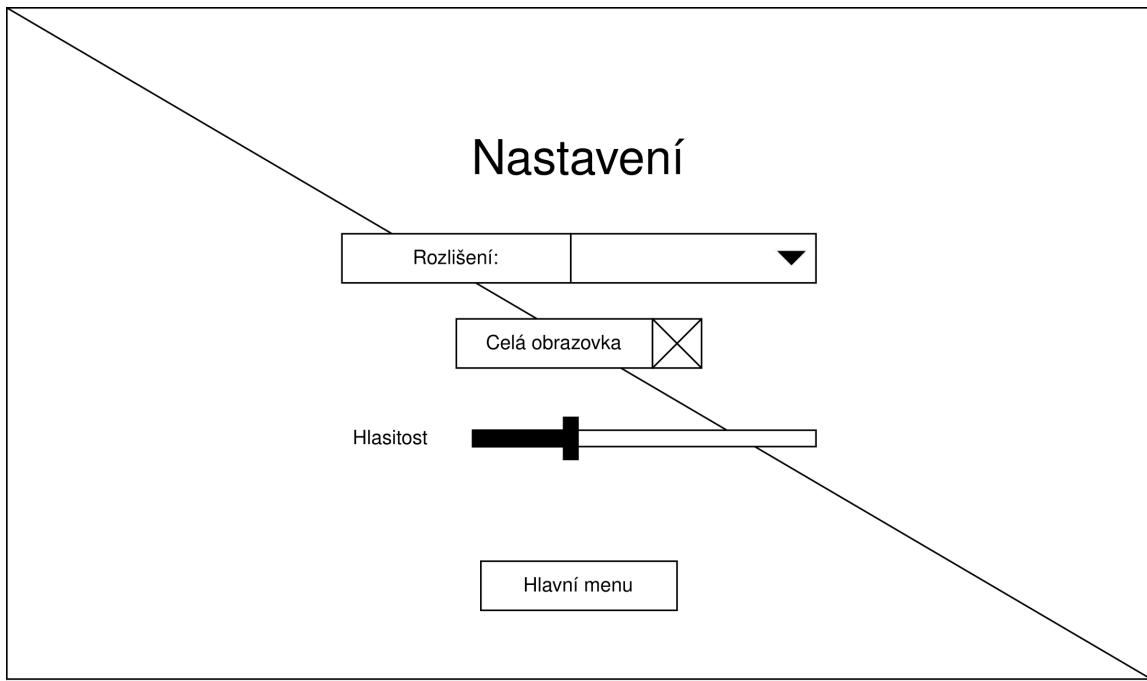
Základní prostředek interakce mezi hráčem a hrou představuje uživatelské rozhraní 5.8. To zahrnuje hlavní menu, vyobrazeno na obrázku 5.9, odkud hráči přistupují ke spuštění hlavní hry, výukové kampaně, nebo nastavení rozlišení a hlasitosti, což je prezentováno na maketu 5.10. Hlavní herní rozhraní, zobrazené na obrázku 5.11, obsahuje ovládací prvky nezbytné pro hraní hry, jako třeba výběr stavebních prvků 5.12. Dále jsou zde dvě zobrazení používané pro výukovou kampaň, první z nich 5.13 představuje jednotlivé úrovně kampaně a mírně upravuje hlavní rozhraní hry. Druhé 5.14 slouží jako přechodová obrazovka mezi jednotlivými úrovněmi výukové kampaně.



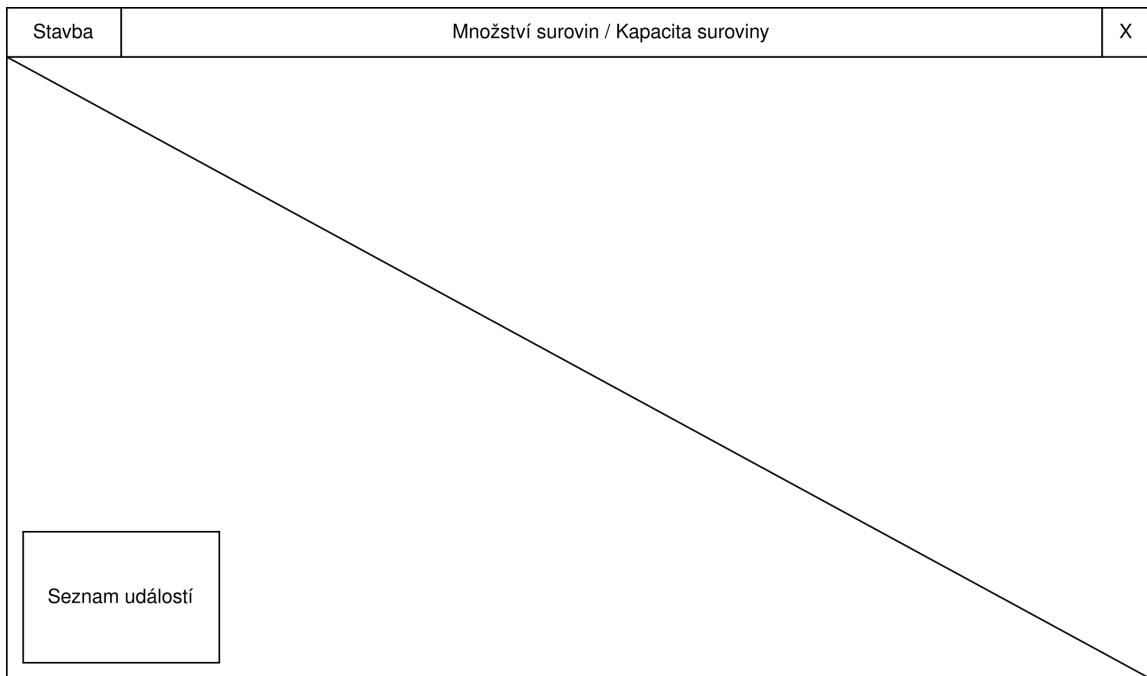
Obrázek 5.8: Obrázek poskytuje celkový přehled jednotlivých rozhraní. Po spuštění hry se jako výchozí obrazovka zobrazí hlavní menu, odtud může hráč vybírat mezi přímým vstupem do hry, zapnutím výukové kampaně, úpravou nastavení nebo ukončením hry. Výuková kampaň nabízí nejdříve rozhraní prologu, které hráče uvede do hry. Po něm přímo následuje úroveň dané kampaně.



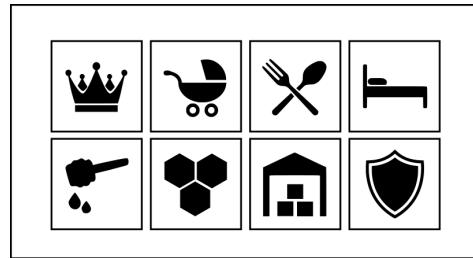
Obrázek 5.9: Hlavní menu je rozcestník, který hráče dovede do hlavní hry, nebo do části s nastavením. Je možno odtud také odejít ze hry.



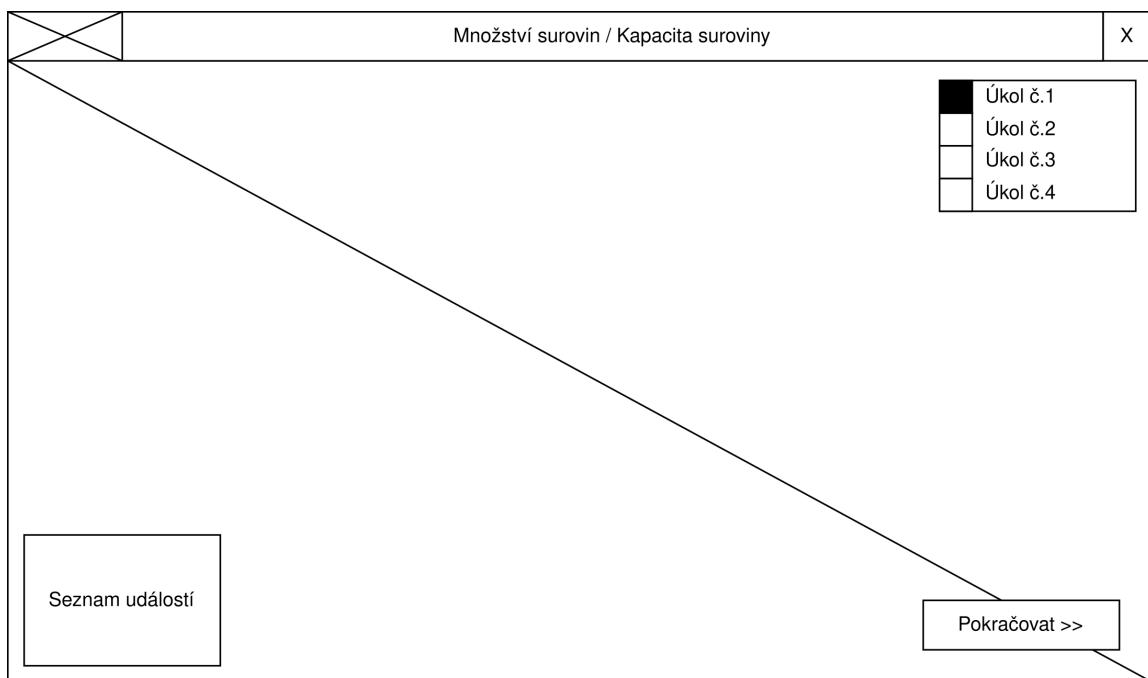
Obrázek 5.10: Nastavení obsahuje dva základní prvky a to změnu rozlišení, výběrem z možností, společně se zvolením toho, zda se hra bude zobrazovat v okně nebo na celé obrazovce. Druhým prvkem je zvolení hlasitosti hudby pomocí posuvníku.



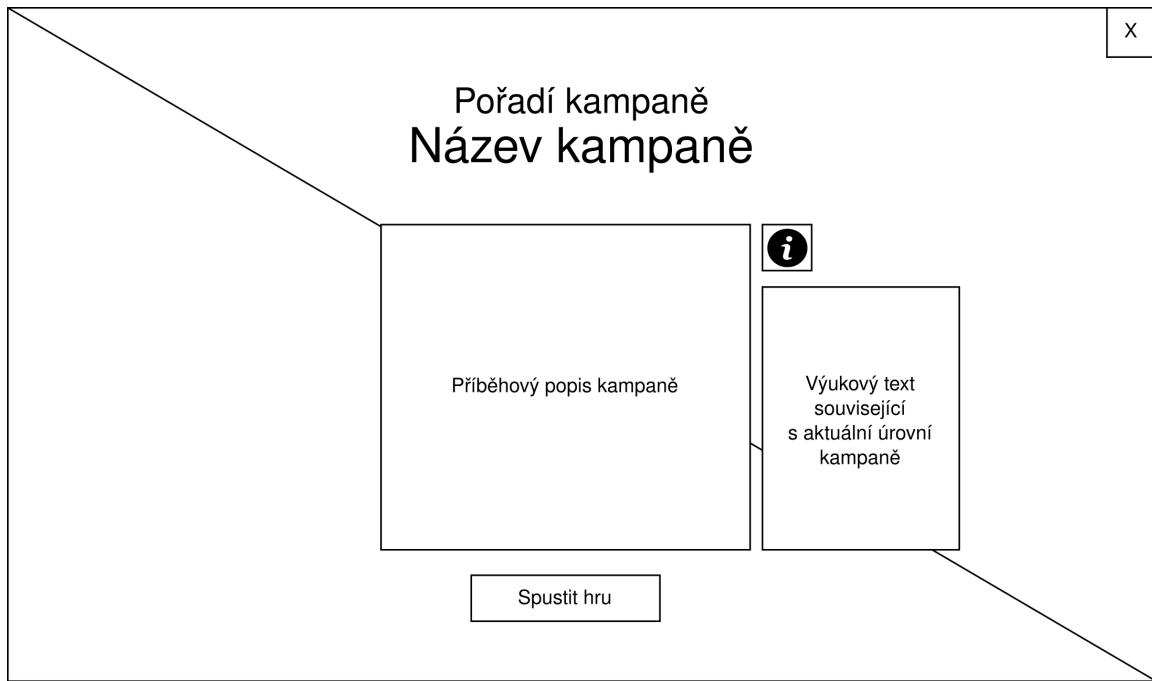
Obrázek 5.11: Hlavní hra obsahuje v levém horním rohu tlačítko stavby, které otevří nabídku pro výběr konkrétního stavebního plánu. Dále se v levé spodní části nachází seznam událostí, kde se zobrazují důležité momenty nebo upozornění hry. Posledním hlavním prvkem je horní lišta obsahující přehled aktuálního množství surovin a jejich kapacity.



Obrázek 5.12: Nabídka pro výběr stavebního plánu zobrazuje jednotlivé buňky pomocí příhodně navržených ikon. Tyto ikony jsou uspořádány podle jejich důležitosti pro správné fungování hry. V horní části nabídky se nacházejí ikony staveb nezbytných pro udržení včelstva při životě, zatímco v dolní části jsou ikony pro přídavné stavby, které slouží k rozvoji a vylepšování úlu.



Obrázek 5.13: Maketa úrovní výukové kampaně je velmi podobná hlavní hře, vyskytuje se tu opět prvky jako seznam událostí, přehled surovin a tlačítko pro pozastavení hry nebo následnému odchodu ze hry. Hlavní odlišností je seznam úkolů v pravém horním rohu. Po splnění všech úkolů, se doplní do pravého dolního rohu plátna tlačítko. Toto tlačítko umožňuje postup do další úrovně kampaně. Na rozdíl od hlavní hry, v některých úrovních chybí možnost vyvolání nabídky stavby.

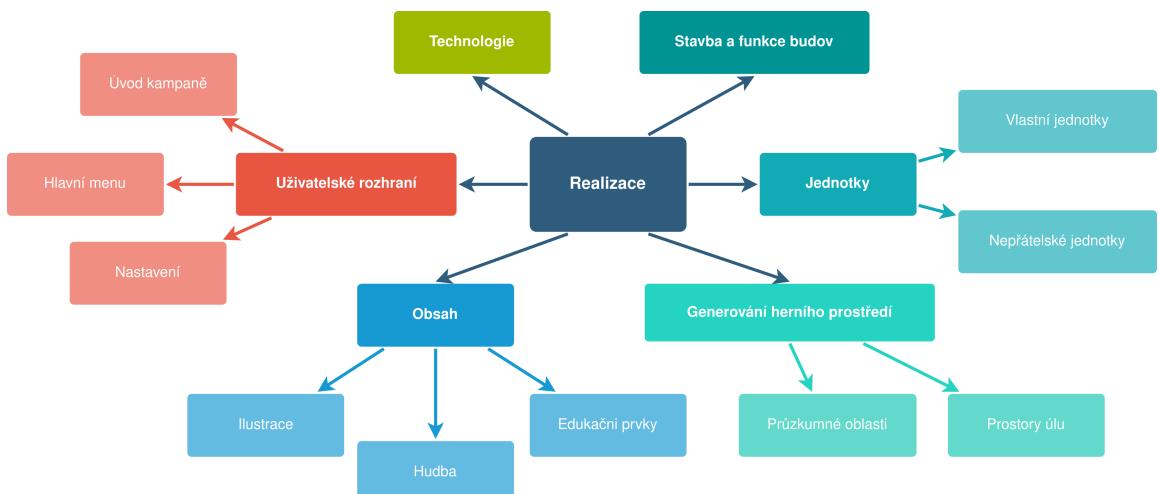


Obrázek 5.14: Přechodová obrazovka poskytuje popis dané úrovně kampaně, včetně krátkého příběhu. Kliknutím na ikonku informací je vyvoláno okno, které přidává vzdělávací obsah spojený s danou úrovní. Nachází se zde informace o včelstvu, jejich životě a prostředí.

# Kapitola 6

## Realizace

V této kapitole je popsána architektura projektu a implementace mechanik a komponentů, které byly představeny v předchozí kapitole 5. Struktura této kapitoly se zaměřuje na hlavní aspekty hry. Popisuje, jakými technologiemi a metodami byl projekt realizován, a jaké herní mechaniky byly implementovány. Témata zahrnují generování herního prostředí, popis vlastních i nepřátelských jednotek, stavbu a funkce úlu až po uživatelské rozhraní. V poslední podkapitole je popsán také doplňkový obsah hry. Jednotlivé části kapitoly jsou vyobrazeny na obrázku 6.1.



Obrázek 6.1: Realizace projektu začíná průzkumem technologií. Dále do realizace patří tvorba uživatelského rozhraní, generování herního prostředí, tvorba vlastních i nepřátelských jednotek a implementace stavby a funkcí budov. Patří sem také doplňkový obsah hry, jako jsou ilustrace, animace, hudba a edukační prvky.

### 6.1 Použité technologie

Pro realizaci projektu byl jako vývojový nástroj zvolen herní engine Unity. Programování herní logiky bylo provedeno v jazyce C# za použití vývojového prostředí Visual Studio 2019. Vizuální stránka hry, včetně grafiky, ikon a uživatelského rozhraní, byla vytvořena převážně v aplikaci Procreate. Pro dodatečné úpravy byly použity i programy GIMP a Inkscape.

## **Unity**

Základním stavebním prvkem Unity je scéna, na které jsou hierarchicky seřazeny herní objekty, jako jsou jednotky, prostředí a prvky uživatelského rozhraní. Scén může být ve hře i více a lze se mezi nimi přepínat. Slouží tak k rozdělení hry na úvodní scénu, jednotlivé úrovně, nebo třeba přechodové scény.

Herní objekty jsou nejčastějším prvkem používaným v editoru Unity. Mohou nést různé komponenty, které definují jejich chování a vzhled. Objekt vždy nese minimálně jednu komponentu a to Transform, která určuje pozici a orientaci objektu ve scéně.

Komponenty přidávají objektům specifické vlastnosti a umožňují jim interagovat s herním prostředím. Může se jednat o zajištění grafiky, správu animací, řídící prvky uživatelského rozhraní a mnoho dalších. Jako komponenta se bere také přiřazení skriptu k objektu, který dále rozvíjí jeho funkcionality.

Pro uložení herního objektu, i s jeho komponentami a dalšími přidruženými objekty, existuje prefabrikát. Používá se tak v momentě, kdy je potřeba herní objekt generovat během hry, nebo pokud se stejný objekt ve scénách vyskytuje vícekrát.

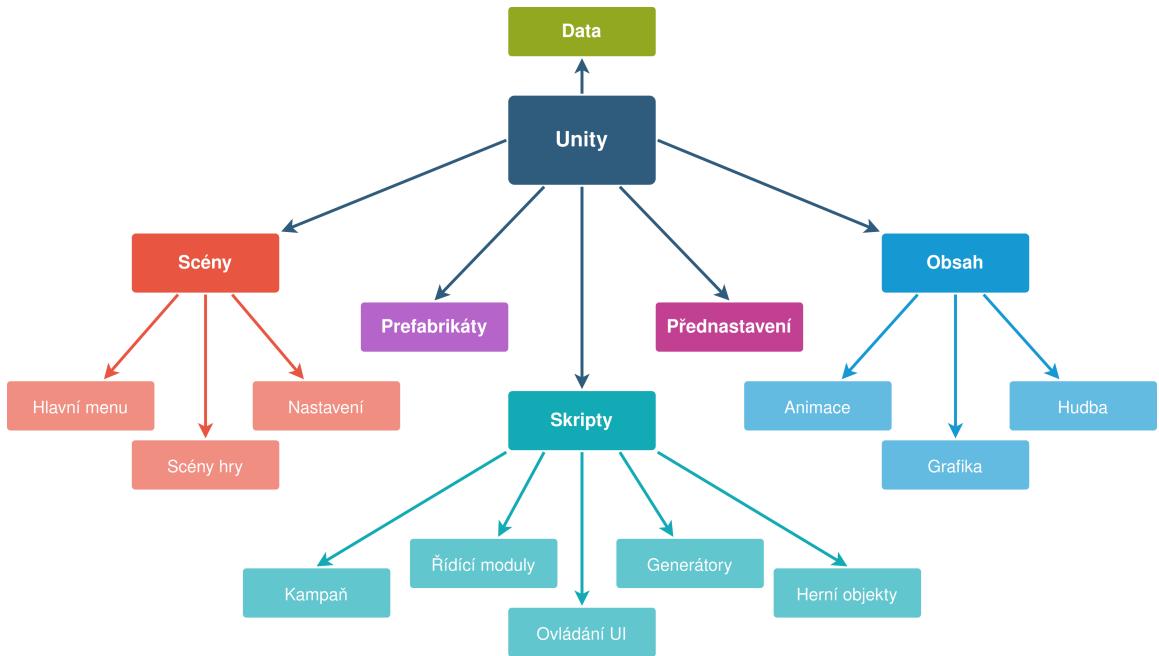
Informace v této podkapitole čerpají z knihy Unity: první seznámení s tvorbou počítacových her [6] a z oficiálního manuálu Unity [14].

## **Procreate**

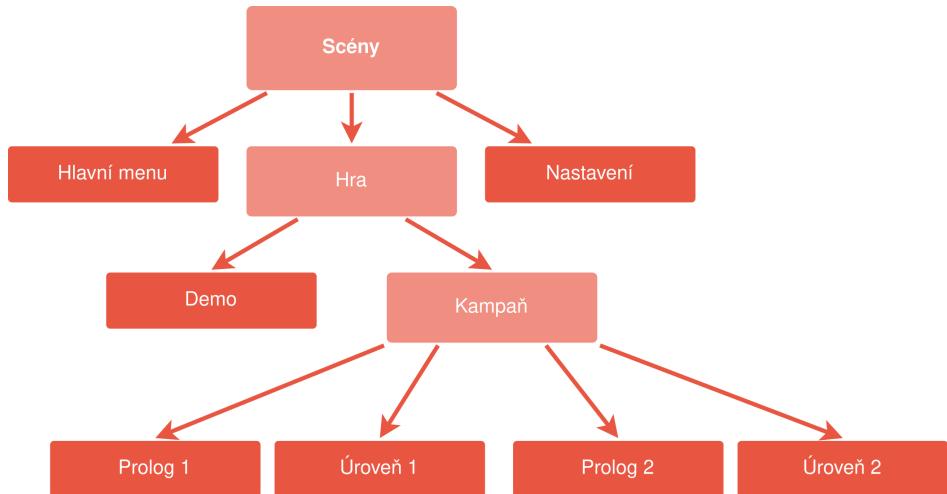
Procreate je aplikace pro digitální kresbu a tvorbu grafiky, byla navržena pro platformu iOS, speciálně pro zařízení iPad. V rámci projektu byla aplikace využita pro návrh a tvorbu grafiky většiny objektů. Těmi jsou například jednotlivé místořídkosti v úlu, pozadí s krajinou a zdroje surovin, jako jsou květiny, stromy a kaluže. Aplikace nabízí také možnost animace snímků, která byla využita pro přípravu animace včelí jednotky.

## **6.2 Struktura a architektura projektu**

Struktura a architektura projektu je vyobrazena na obrázku 6.2. Přehled scén je dále rozveden na obrázku 6.3. Přepínání scén probíhá za pomoci konkrétních tlačítek které jsou blíže rozepsány v další podkapitole.



Obrázek 6.2: Projekt je rozdělen do šesti částí. Nejvýznamnější z nich jsou scény a skripty. Jednotlivé části hry jsou vytvořeny pomocí scén, které mají na sebe navázané jednotlivé objekty hry, ale také prvky uživatelského rozhraní. Tyto objekty jsou buď integrované přímo ve scéně, nebo jsou součástí prefabrikátů. Konkrétní objekty využívají přednastavení a také obsah, jako je grafika, animace nebo hudba. Na tyto prvky jsou pak navázány skripty, které jsou rozděleny do několika skupin. Mezi ně patří řídící moduly, generátory, ovládání uživatelského rozhraní, skripty jednotlivých herních objektů a skripty kampaně. Poslední částí projektu jsou data kampaně, která jsou ukládána ve formátu JSON.

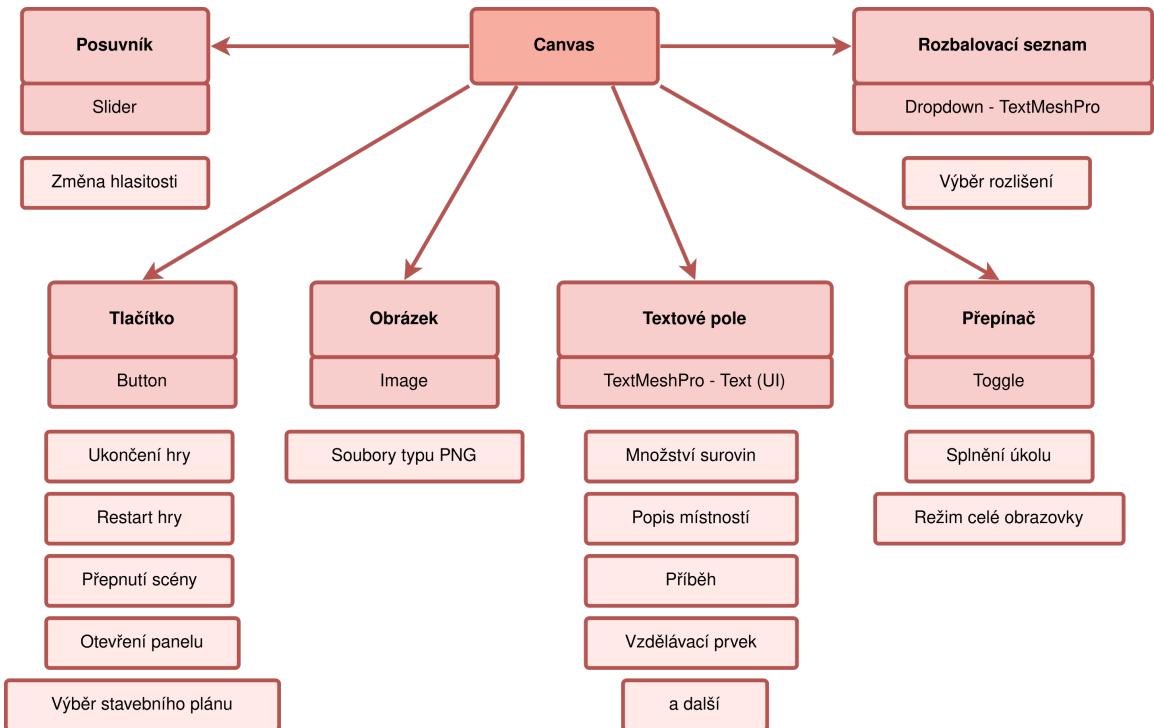


Obrázek 6.3: Struktura scén hry zahrnuje hlavní menu, nastavení a základní herní scény, mezi které patří jak scéna hlavní hry, tak jednotlivé scény kampaně. Kampaně zahrnují jednotlivé prology a herní úrovně.

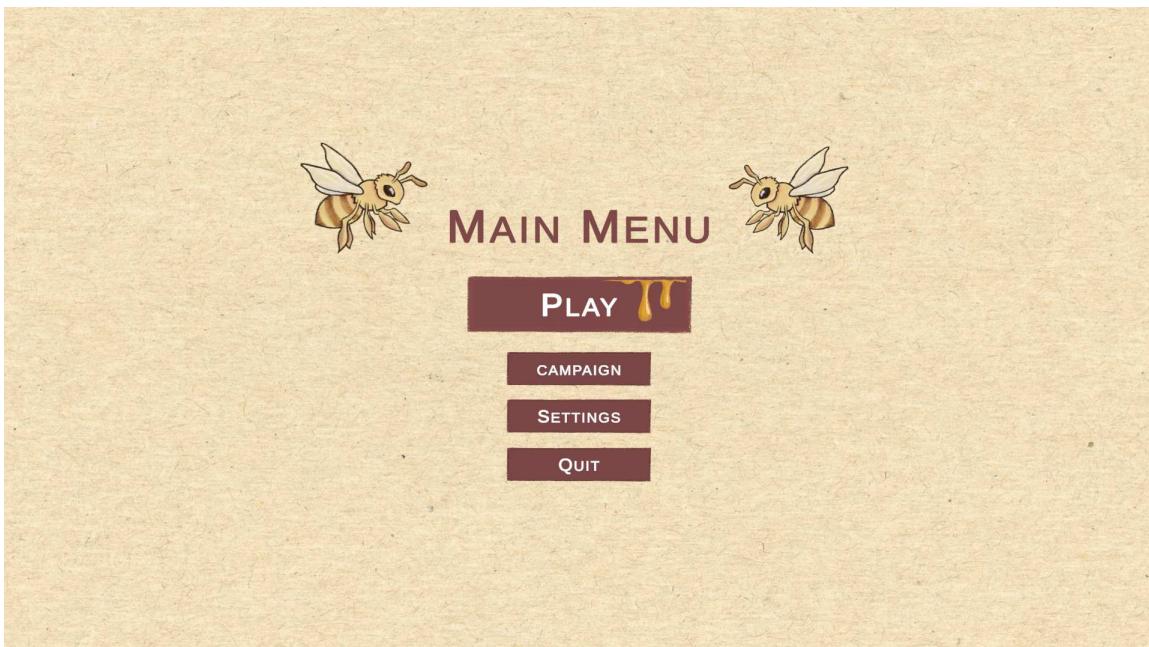
### 6.3 Uživatelské rozhraní

Uživatelské rozhraní je složeno z hlavního plátna, které na sobě nese několik prvků. Jejich přehled je na obrázku 6.4. Každá scéna ve hře nese minimálně jedno plátno. Pro scénu hlavního menu je to MainMenu, blíže popsáno na snímku ze hry 6.5. U nastavení je to plátno Settings 6.6 a úvodní obrazovka nese OpeningCanvas 6.7.

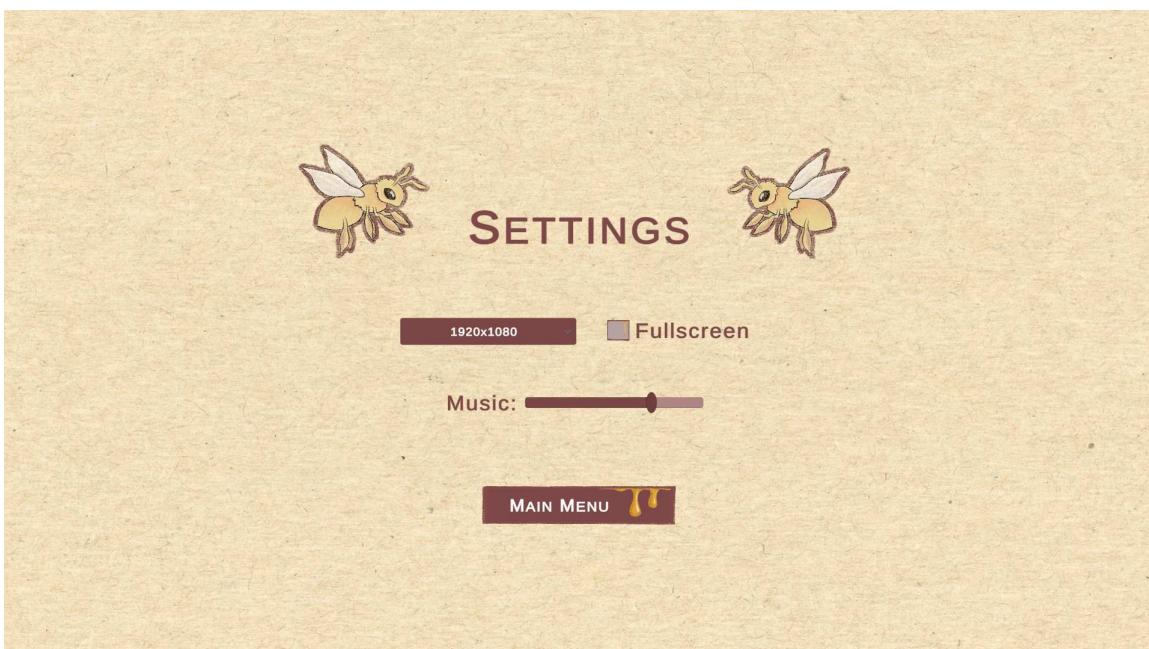
Scény kampaně a hry mají pod sebou pláten několik, tyto plátna jsou uloženy pro všechny herní scény pod prefabrikátem Canvases, jsou tedy sdílená pro všechny úrovně kampaně i hru samotnou. V jednotlivých scénách nese prefabrikát jen lehké úpravy prvků, jako je třeba vypnutí funkce tlačítka stavby, ve scéně první úrovně kampaně. Hlavní z pláten je tzv. head-up display, který nese všechny UI prvky potřebné k hraní hry, blíže je ukázán na obrázku 6.8. Druhé plátno slouží k obecnému ovládání hry 6.9. Poslední dvě jsou vedlejšími plátny, jedno z nich slouží k upozornění hráče, pomocí červeného obdélníku, když nastává konec hry a poslední slouží k zaznačení výběru jednotek za pomocí šedého obdélníku.



Obrázek 6.4: K realizaci uživatelského rozhraní byl využit prvek **Canvas**, který slouží jako základní nosič pro různé interaktivní prvky, jako jsou tlačítka, přepínače, posuvníky, seznamy, textová pole, nebo grafické prvky. Pro zajištění korektního zarovnání se stejnými rozestupy je u jednotlivých prvků vytvořen rodičovský objekt, který nese komponentu Horizontal Layout Group nebo Vertical Layout Group. Tlačítka jsou vybavena komponentou **Button**, která definuje jejich chování. Ke každému tlačítku je také přiřazena funkce ze skriptů UI, umožňující například pozastavení hry, její vypnutí, přechod na jinou scénu, nebo otevření panelu s dalšími informacemi či tlačítky. Pro textová pole je použita komponenta **TextMeshPro – Text (UI)**, která umožňuje detailní nastavení textu, včetně velikosti a fontu. Některé objekty s textovými poli jsou také připojeny ke skriptům, které aktualizují jejich obsah v reálném čase, příkladem je změna počtu surovin. Pro grafické prvky je použita komponenta **Image**, do které jsou importovány předem vytvořené grafické soubory ve formátu **PNG**. Přepínače obsahují komponentu **Toggle**. Ty jsou ve hře použity k zaznamenání toho, zda hráč splnil zadaný úkol v kampani. Dalším prvkem je posuvník, který nese komponentu **Slider** a přenáší do skriptu hodnotu hlasitosti. Posledním prvkem je **Dropdown**, který je ve hře využit k tomu, aby umožnil uživateli vybírat mezi různými rozlišeními obrazovky.



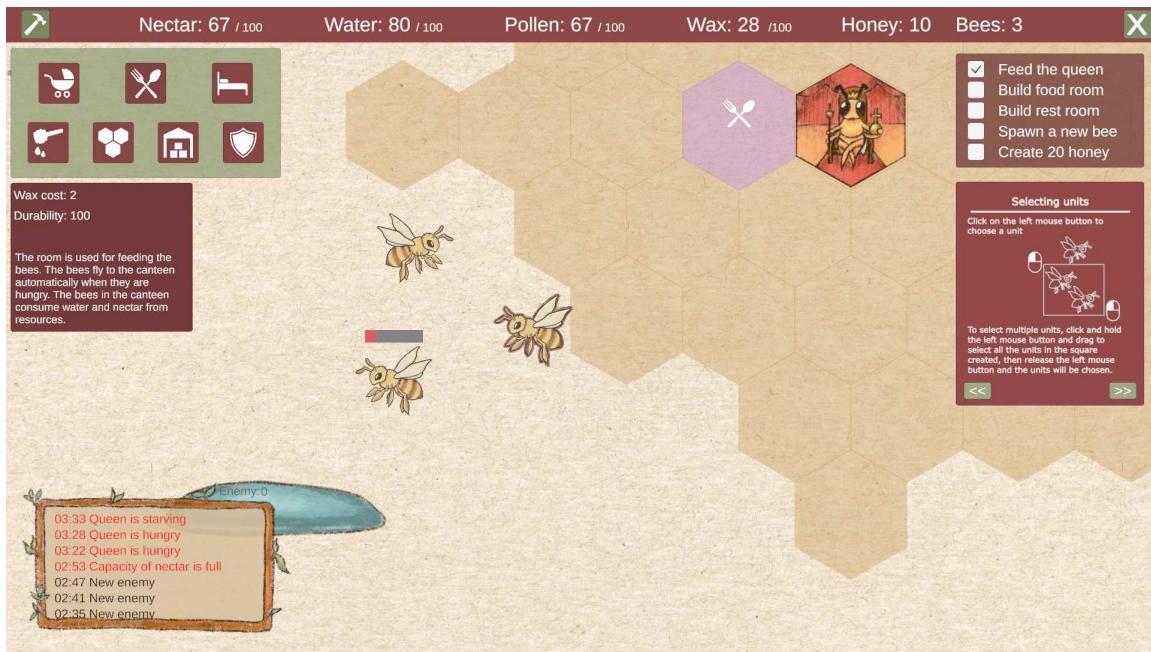
Obrázek 6.5: Hlavní menu obsahuje tlačítka se základními funkcemi pro ovládání hry. Těmi jsou zapnutí hry, spuštění výukové kampaně a nastavení. Všechny tyto tlačítka přepnou scénu hlavního menu na jinou konkrétní scénu. Poslední z tlačítek je vypnutí hry.



Obrázek 6.6: Nastavení obsahuje rozbalovací seznam pro výběr rozlišení, přepínač nastavení režimu celé obrazovky a posuvník pro nastavení hlasitosti hudby na pozadí. Je zde také tlačítko, které přepne scénu do hlavního menu.



Obrázek 6.7: Úvod do kampaně obsahuje textové pole s příběhem. Po kliknutí na tlačítko s ikonou informace se otevře panel s textovým polem, obsahujícím výukový prvek. Tlačítkem ve spodní části obrazovky se přepne scéna na následující scénu kampaně, která je určena, dle indexu používaném při buildu aplikace.



Obrázek 6.8: Uživatelské rozhraní celé hry, je zobrazeno na snímku obrazovky z druhé úrovně kampaně. Je zde zobrazeno všech pět hlavních prvků uživatelského rozhraní. V horní části se nachází přehled surovin, který zobrazuje název suroviny, její aktuální množství a maximální kapacitu. V levém horním rohu se také nachází část pro výběr stavebního plánu, tvořené pomocí tlačítek s ikonami. Když hráč převede kurzor na jedno z tlačítek, automaticky se zobrazí popis vybrané místonosti. V pravém horním rohu obrazovky se nachází přepínače, které zobrazují, zda je konkrétní úkol kampaně splněn. Pod ním se také nachází okno s návodem. Posledním prvkem je seznam událostí v levém dolním rohu, který vypisuje aktuální informace o stavu hry.



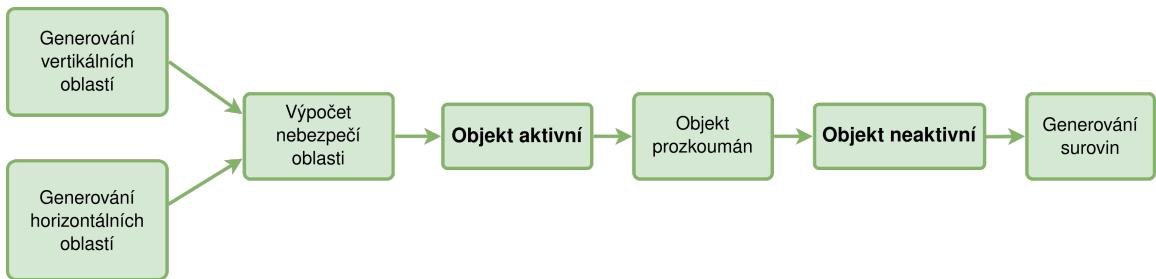
Obrázek 6.9: Okno s pozastavením hry bylo vyvoláno po stisknutí tlačítka s ikonou ukončit. Vyskytuje se zde tlačítka pro restart hry, přepnutí scény do menu, ukončení hry a také možnost pokračovat ve hře.

## 6.4 Generování herního prostředí

Herní prostředí se skládá z objektů, které jsou definovány jako prefabrikáty. Jedná se o zdroje surovin, průzkumné oblasti a buňky úlu. Mezi tyto objekty nejsou zařazeny jednotky, ani konkrétní stavební prvky, jelikož jsou rozvedeny detailněji v následujících podkapitolách. V této části bude podrobně popsáno, jak je implementováno generování průzkumných oblastí a prostorů úlu.

### Průzkumné oblasti a zdroje surovin

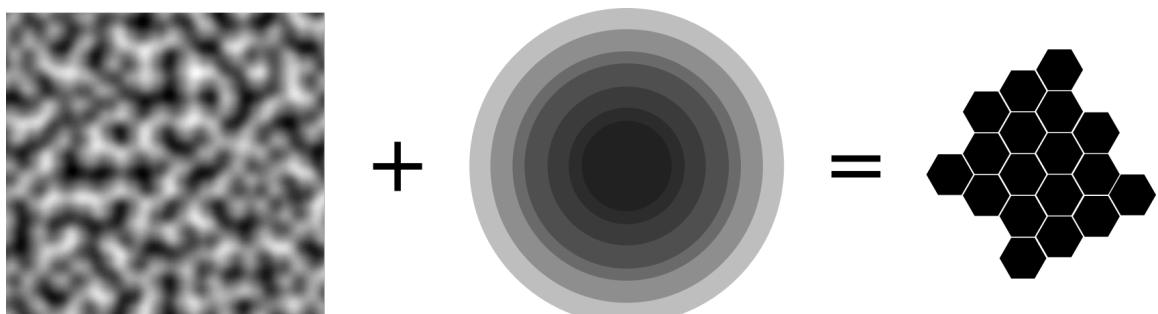
V první úrovni kampaně jsou zdroje surovin umístěny do herního prostoru manuálně. V ostatních herních scénách pak dochází k jejich náhodnému generování. Pro tento účel jsou použity prefabrikáty průzkumných oblastí, ke kterým je připojen skript, který ovládá jejich funkcionality. Průzkumné oblasti jsou umístěny po celé ploše hry s výjimkou prostoru úlu a jeho těsné blízkosti. Tyto objekty jsou dvou druhů, a to horizontální a vertikální. Každý z nich obsahuje textové pole s hodnotou nebezpečí oblasti a ukazatel postupu prohledávání. Jakmile je prozkoumávání dokončeno a ukazatel dosáhne sta procent, objekt se odstraní a na jeho místě se náhodně vygeneruje zdroje nektaru, vody nebo pylu. Výběr konkrétní suroviny je náhodný a její umístění dodržuje dostatečnou vzdálenost od ostatních objektů, aby nedošlo k jejich překrývání. Po dokončení generování se provede aktualizace navigační mřížky (NavMesh), pro korektní pohyb herních jednotek. Sekvence jednotlivých kroků je rozepsána na obrázku 6.10.



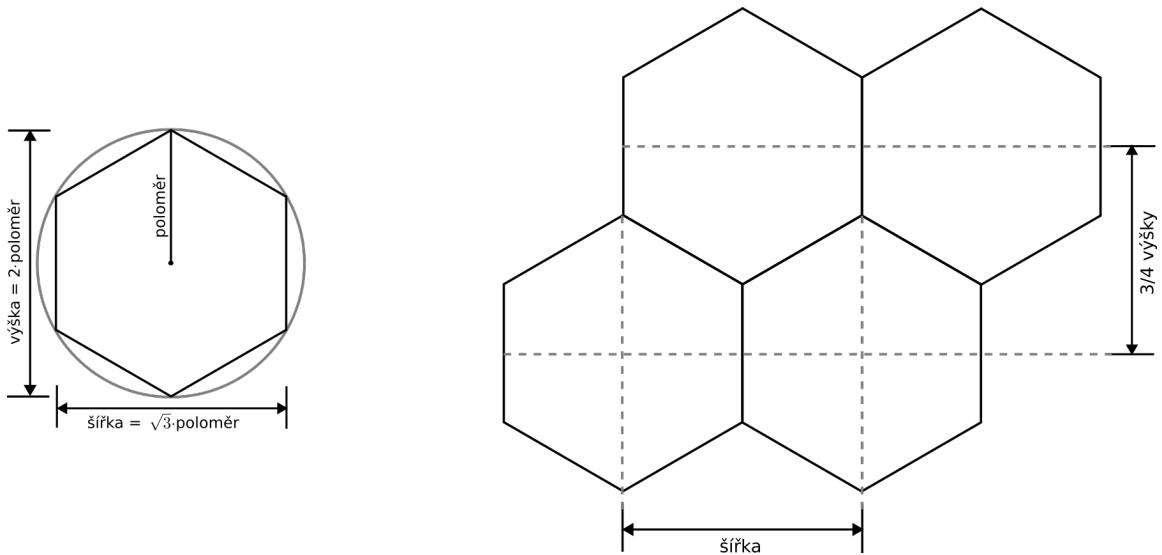
Obrázek 6.10: Tento graf popisuje generování prostoru kolem úlu. Při inicializaci hry jsou pomocí skriptu pro generování průzkumných oblastí vygenerovány jednotlivé objekty do prostoru mapy. Tento skript je zvolán dvakrát, jednou zvlášť pro vertikální plochy a podruhé pro horizontální. Poté je pro každou jednotlivou oblast vygenerováno procento nebezpečí, dle toho, jak daleko se nachází od prostoru úlu. Po vložení objektu do hry skript sleduje, zda postup prozkoumávání dosáhl sta procent, což je provedeno pomocí interakce objektu s jednotkou včely. V moment dokončení prohledávání se objekt stane neaktivním a na jeho místě jsou vygenerovány suroviny dle toho, jaké prefabrikáty surovin byly k objektu oblasti připojeny.

### Vnitřní prostory úlu

Vnitřní prostory úlu slouží jako vizuální mřížka, na kterou mohou být v průběhu hry umisťovány konkrétní prefabrikáty místností. Je vytvořen jako síť objektů šestiúhelníků směrujících špičkou vzhůru, které jsou generovány do formace vedle sebe a tím tvoří celistvý úl. Ke generování je využit algoritmus založený na Perlinově šumu [6.11](#), který simuluje organické rozložení úlu. Po vygenerování všech objektů je vytvořena místnost královny, která vznikne v centrální buňce úlu. Zároveň tento algoritmus pracuje se třídou, která slouží pro matematické výpočty s šestiúhelníky [6.12](#), obrázek čerpá z informací v článku [\[5\]](#).



Obrázek 6.11: Generování úlu začíná tvorbou dvojrozměrného pole hodnot Perlinova šumu, na které se aplikují pravděpodobnostní výpočty pro umístění šestiúhelníku ve vertikální a horizontální rovině. Čím dále od středu se šestiúhelník nachází, tím se pravděpodobnost snižuje. To zajišťuje, aby byl úl celistvý a nevznikala v něm volná pole. Pokud je součet pravděpodobností a šumové hodnoty pro daný bod vyšší než stanovený práh, je v tomto místě inicializován nový šestiúhelníkový objekt. Po vygenerování všech objektů je vytvořena místnost královny, která vznikne v centrální buňce úlu.



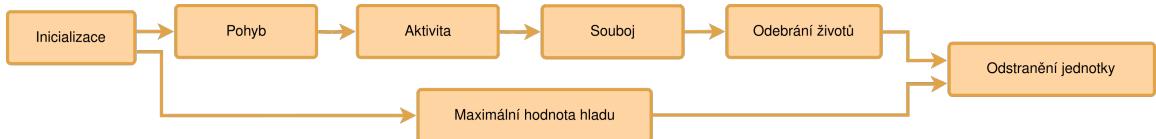
Obrázek 6.12: Na levém obrázku je zobrazena velikost šestiúhelníku, která je opsána jeho vnější kružnicí. Na pravém je pak ukázán výpočet pro vzdálenost mezi středy a to jak horizontálně, tak vertikálně.

## 6.5 Vlastní jednotky

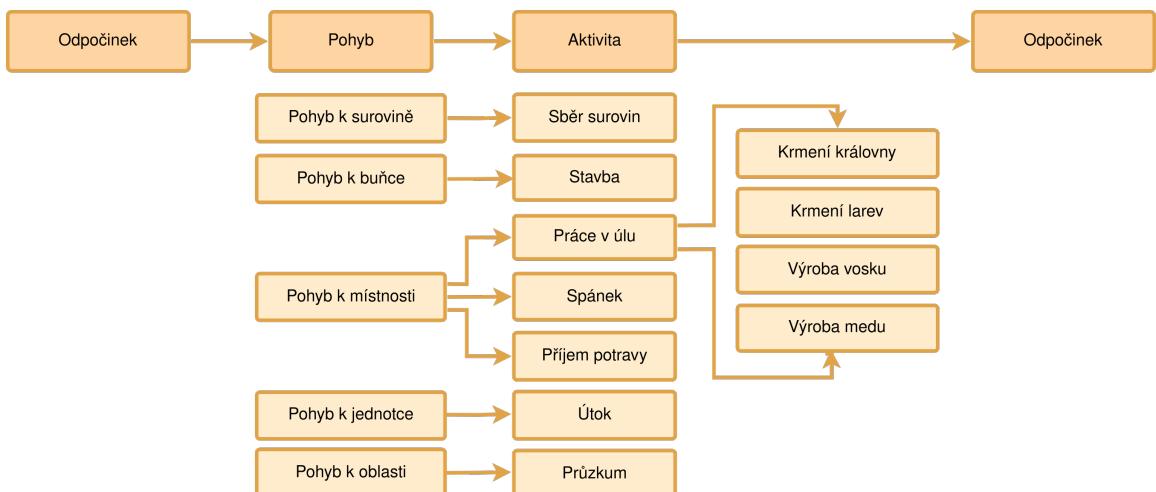
Vlastní jednotky ve hře jsou prefabrikátem inicializovaným jak při startu hry, tak při vytváření nové jednotky z funkce konkrétní místonosti v úlu. Životní cyklus jednotky je zobrazen na obrázku 6.13. Funkcionalitu jednotky řídí dva skripty. První z nich detektuje kolizi s objekty a podle tagu objektu, vyvolá související funkci. Druhý skript se stará o udržování a aktualizaci atributů jednotky, jako zdraví, síla, rychlosť stavby a prohledávání, hlad a energie. Uchovává také aktuální stav jednotky, jednotlivé stavy jsou na obrázku 6.14. Zajišťuje ale také veškeré její funkce, jako je pohyb k objektu, sběr surovin, stavbu a práci v buňkách, průzkum oblastí a útok.

S jednotkami hráč pohybuje po prostoru pomocí výběru jednotek, což je zajištěno objektem typu Canvas, který detektuje přítomnost jednotek v jeho oblasti. Koncový bod pohybu je vypočítán tak, aby jednotky tvořily formaci a nesměřovaly na jednu konkrétní souřadnici. Pro realizaci pohybu se využívá komponenta NavMeshPro spolu s Collider 2D a Navigation Modifier, který označí zda je objekt průchozí. Jelikož je hra ve 2D bylo pro hledání cesty nutné využít také doplněk NavMeshPlus<sup>1</sup>. Prefabrikát jednotky je také vybaven komponentou Animation, která řídí animace jednotky a zajišťuje plynulé přechody mezi stavy s animací.

<sup>1</sup>Doplněk NavMeshPlus pro navigaci ve 2D prostředí: <https://github.com/h8man/NavMeshPlus>



Obrázek 6.13: Životní cyklus objektu jednotky začíná jeho inicializací, poté je během života jednotky možné s objektem pohybovat a plnit různé funkce. V momentě, kdy dojde k aktivitě typu souboj, jsou jednotce postupně odebírány životy, jakmile jsou odebrány všechny, objekt je ze hry odstraněn. Druhým případem, kdy může být objekt odstraněn je, když dojde jeho hodnota hladu na maximum.



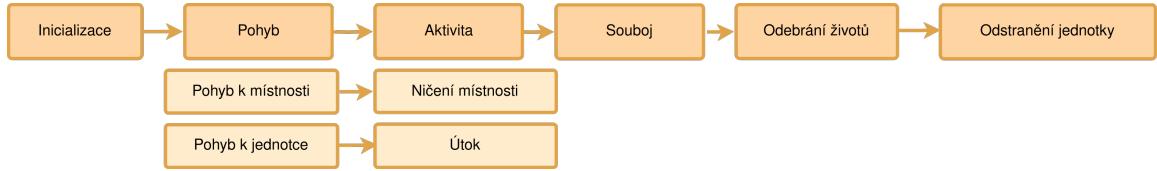
Obrázek 6.14: Tento graf popisuje stavy včely. Výchozím stavem je odpočinek. Po kliknutí hráčem na konkrétní objekt, se přesune do stavu pohybu k objektu a následně aktivitě související s vybraným objektem. Tyto stavy zahrnují pohyb ke zdroji surovin a jejich následný sběr, pohyb k buňce úlu a jejího stavebního plánu a následná stavba. Dále pohyb k místnostem, jejichž následná aktivita se liší v závislosti na typu místnosti. Aktivity v místnostech zahrnují stavy od spánku, přes příjem potravy, až po specifické práce v úlu, jako krmení královny a larev, výrobu vosku a produkci medu. Dalšími stavy jsou pohyb k nepřátelským jednotkám s následujícím útokem, pohyb k neprozkoumané oblasti a její průzkum.

## 6.6 Nepřátelské jednotky

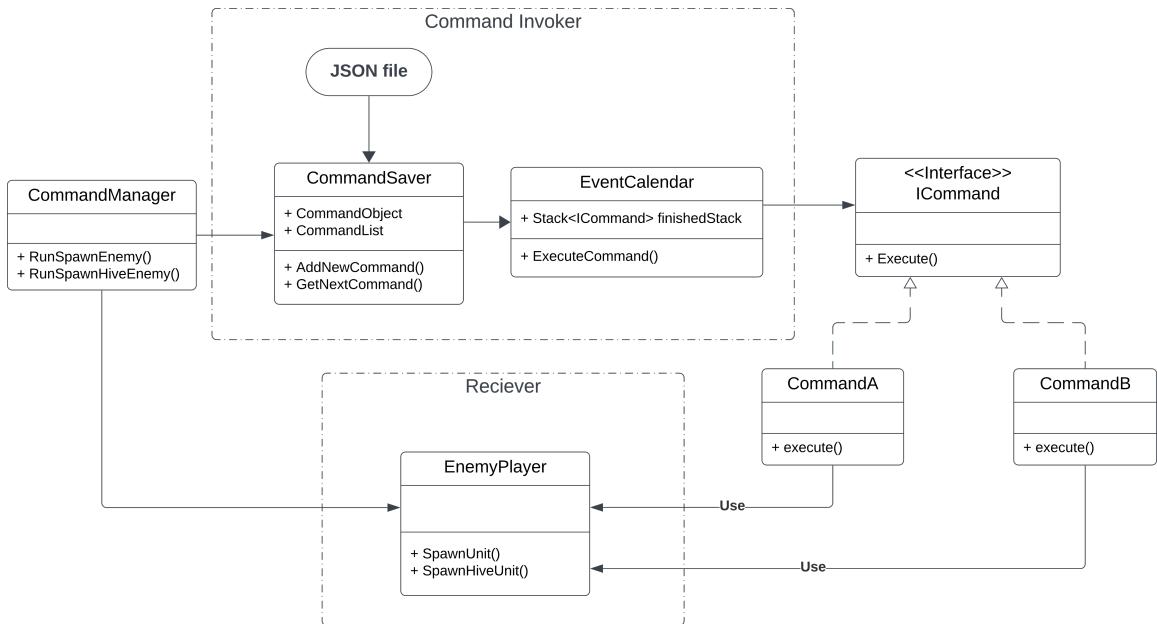
Nepřátelské jednotky jsou prefabrikáty dvou typů, které se liší pouze jejich grafikou a typem, který ovlivňuje chování nepřátelské jednotky. Typ i další vlastnosti, jako je jejich zdraví, síla a rychlosť, jsou uchovávány v skriptu k nim přiloženém. Tento skript se také stará o jejich pohyb, sledování jednotek, útok a jejich stavy. Všechny stavy, společně s životním cyklem nepřátelské jednotky, jsou vyobrazeny na obrázku 6.15.

Inicializace jednotek je zajištěna pomocí návrhového vzoru Command pattern, který se skládá ze čtyř hlavních součástí a to command, invoker, receiver a client. Command představuje akci, která má být provedena. Invoker je zodpovědný za provedení příkazu. Receiver je cílem požadavku a po zavolení příkazu provede potřebné akce. Client vytváří

konkrétní příkazové objekty a přiřazuje je ke konkrétním přijímačům. Konkrétní využití tohoto návrhového vzoru je na diagramu 6.16.



Obrázek 6.15: Životní cyklus objektu nepřátelské jednotky začíná jeho inicializací. Tato jednotka pak plní funkce, jako je pohyb, souboj a ničení objektů. Jiné jednotky ji udělují poškození a ve chvíli, kdy jsou jednotce odebrány všechny životy, objekt je ze hry odstraněn.



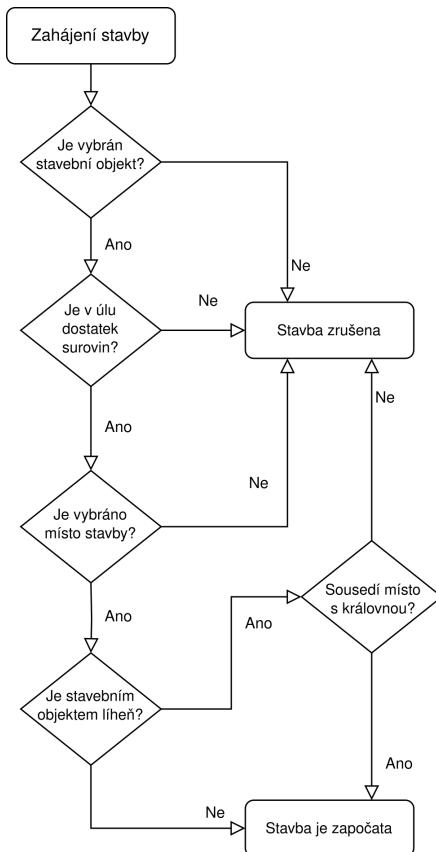
Obrázek 6.16: V diagramu je vyobrazen konkretní příklad použití vzoru Command pattern ve hře. Jednotlivými požadavky jsou vznik útočného typu nepřátelské jednotky a vznik ničivého typu nepřátelské jednotky. Požadavky jsou vkládány dvěma způsoby. První z nich je proveden již při inicializaci a bere požadavky uložené v souboru typu JSON, které následně uloží do kalendáře a čeká se na jejich vyvolání. Druhý způsob přidává požadavky během hry. Tyto požadavky jsou zpracovávány stejným způsobem jako ty, které byly přidány při startu. Po vyvolání, které je provedeno na základě času, je provedena jejich funkce a jsou uloženy do zásobníku.

## 6.7 Stavba úlu a jeho funkce

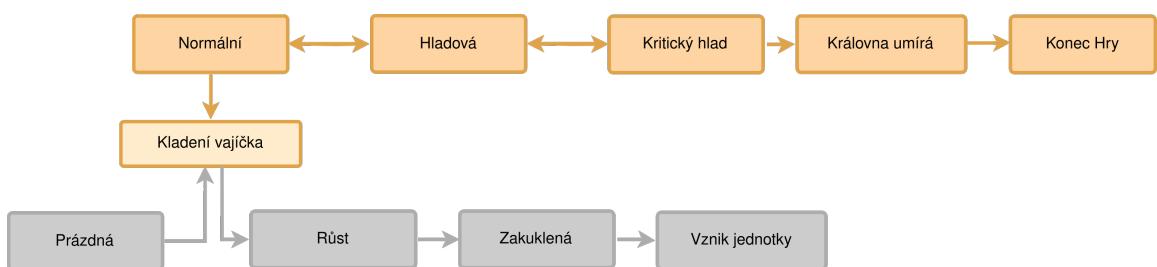
Prostory úlu jsou tvořeny prázdnými políčky, na které jsou vkládány prefabrikáty místností. Stavba konkrétní místnosti se spustí aktivací tlačítka příslušné místnosti, které má k sobě navázáno přednastavení se všemi potřebnými parametry, jako jsou náklady na výstavbu, odolnost, typ a další vlastnosti. Po kliknutí na ikonu dané místnosti jsou spuštěny dvě klíčové funkce. První funkce projde všechny šestiúhelníkové prvky mřížky a podle zvoleného

typu objektu vyhledává a zabarví vhodná pole pro jeho umístění. Jak probíhá kontrola vhodného políčka popisuje graf 6.17. Druhá funkce aktualizuje pozici indikátoru výběru na základě polohy kurzoru. Jakmile je stavební plán umístěn do scény, objekt čeká, na provedení interakce s jednotkami včel. V tento moment přejde políčko do stavu postaveno a místnost je tak aktivní k dalšímu využívání. Výjimku tvoří prefabrikát místnosti královny, který je do hry vložen automaticky při začátku hry.

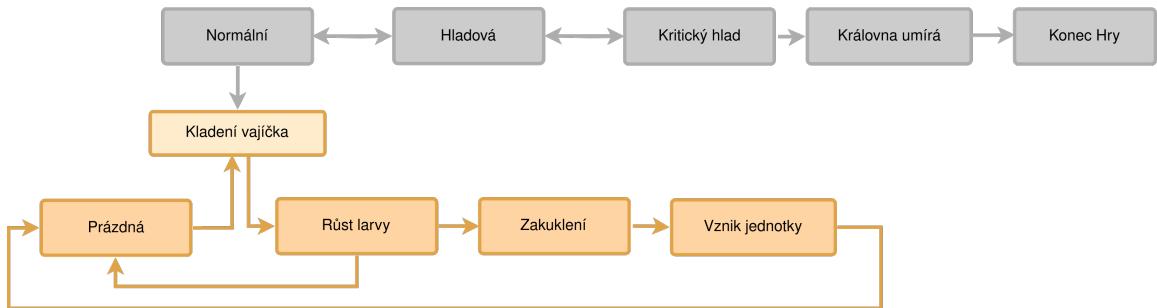
Každý prefabrikát má kromě odlišné ilustrace také odlišnou funkcionalitu. Těchto objektů je ve hře osm. Nejdůležitější z nich jsou královna a líheň, jejich funkcionalita a spolu-práce je popsána na obrázcích 6.18 a 6.19. Dále je zde jídelní místnost a odpočinkový prostor, které fungují na principu, kdy sami o sobě nemají žádnou funkcionalitu, ale jsou využívány pomocí jednotek včel. Při kolizi jednotky s místností jsou tak volány funkce, které zvyšují jednotce hodnotu hladu a energie. Dále je ve hře také výrobna medu a výrobna vosku. Tyto místnosti opět potřebují ke svému fungování jednotky, které vyvolají funkci výroben. Funkce pak v intervalech vytváří danou surovinu. Poslední dva prefabrikáty sklad a obrana mají minimální funkcionalitu. Sklad při jeho postavení pouze zvyšuje globální hodnotu kapacity surovin o zadанou hodnotu. Prefabrikát obrany jako jediný k sobě nemá přiložený žádný skript a slouží pouze jako nosič grafiky a zvýšené hodnoty obrany políčka.



Obrázek 6.17: Tento graf popisuje výběr vhodného pole. Před zahájením stavby místnosti musí hráč vybrat tlačítko s ikonou konkrétního stavebního objektu z nabídky. Poté se zkонтroluje zda má dostatek surovin pro jeho výstavbu. Hráč vybere z dostupných neobsazených buněk místo pro stavbu. Pokud je ale vybraným objektem líheň, je nutné, aby buňka sousedila s královnou, případně s jinou líhní. Pokud jsou všechny tyto podmínky splněny, je stavba započata.



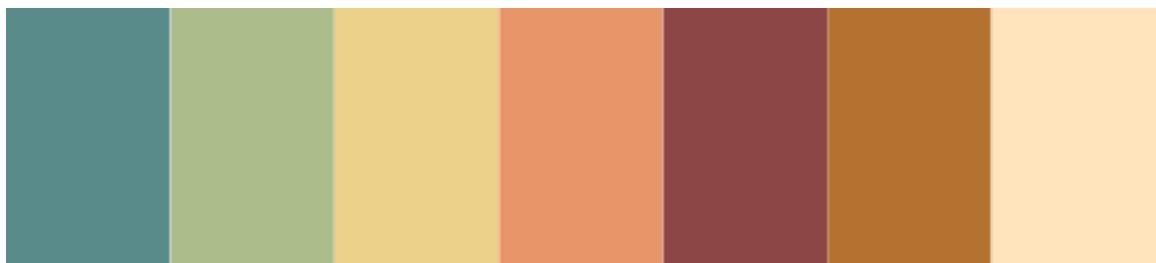
Obrázek 6.18: Tento graf popisuje stavy královny. Objekt královny má čtyři stavy a podle toho se odvíjí její funkcionality. Stavy mezi sebou přecházejí v postupném pořadí nebo opačném. Prvním výchozím stavem je normální stav. Pokud se nachází v tomto stavu je spouštěna mechanika kladení vajíček. Je tedy vybrána místo typu líheň, která je ve stavu prázdná a je změněna do stavu, ve kterém vzniká nová včelí jednotka. V momentě kdy klesne hodnota královnina hladu pod limit, přechází do stavu hladová. V tomto stavu je již funkce kladení neaktivní. Jakmile klesne hodnota hladu pod kritickou hodnotu, královna je ve stavu umírání a blíží se k poslednímu stavu vyvolávající konec hry.



Obrázek 6.19: Tento graf popisuje stavy líhně. Objekt líhně může být ve stavu prázdná, růst larvy, zakuklení a poslední je stav zrození nové včely. V prázdném stavu pouze čeká na to, až ji objekt královny přeřadí do stavu líhnutí. Stav růst larvy trvá zadaný čas a larva je zde krmena pomocí jednotek. Pokud je v líhní hodnota hladu kritická je vrácena zpět do stavu prázdná. Pokud překoná čas k líhnutí, je přepnuta do fáze zakuklení, kde již není krmena. Nakonec je inicializována nová jednotka a líheň je zpět ve stavu prázdná.

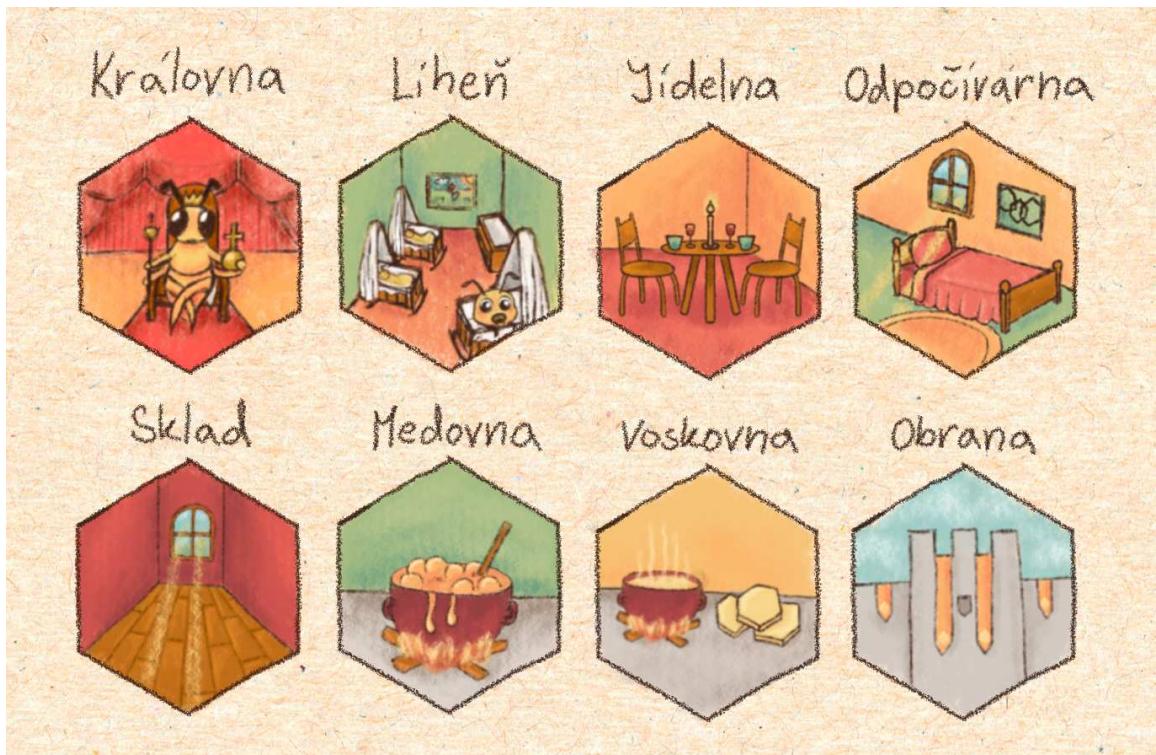
## 6.8 Doplňkový obsah

Mezi doplňkový obsah hry patří ilustrace herních objektů a jejich animace, tvorba uživatelského rozhraní, hudba na pozadí hry, příběh ke kampani, výukové texty kampaně a vzdělávací obsah. Pro veškerou grafiku byla vybrána společná paleta barev, zobrazena na obrázku 6.20, aby byl vzhled hry celistvý a příjemný na pohled. Mezi ručně kreslené ilustrace patří osm místností úlu 6.21, několik objektů surovin 6.22, pozadí hry 6.23, vzhled tlačítka a rámeček pro seznam událostí. Jednotka včely je nakreslena za pomoc dvou snímků 6.24, které tvoří animaci létání. Hudba použitá na pozadí hry byla zakoupena z hudební databanky Pixabay od umělce Geoff Harvey<sup>2</sup>. Příběhový text ke kampani je ve hře prvkem, který vytváří atmosféru a napomáhá pohádkovému stylu hry. Výukové texty pro pochopení mechanik hry byly vytvořeny s ohledem na to, aby mohli hráci hrát i nezkušení hráči. Vzdělávací obsah hry čerpá převážně z informací z knihy Fenomenální včely [12].

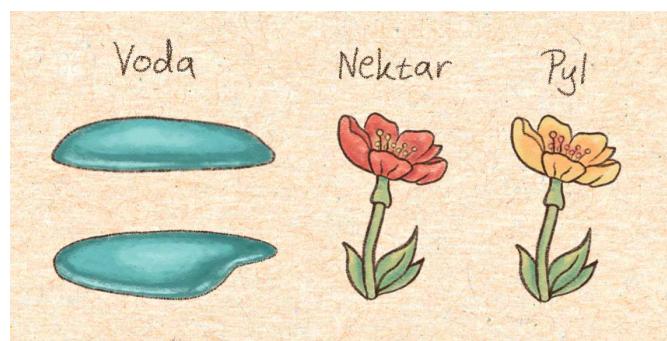


Obrázek 6.20: Paleta barev používaná pro ilustrace a prvky uživatelského rozhraní.

<sup>2</sup>Hudba využitá pro hru, je převzata z <https://pixabay.com/users/geoffharvey-9096471/>



Obrázek 6.21: Grafika jednotlivých místností úlu.



Obrázek 6.22: Grafika pro prefabrikáty zdrojů surovin vody, nektaru a pylu.



Obrázek 6.23: Pozadí tvoří grafika krajiny vytvořená tak, aby na sebe pravá a levá strana navazovaly a obrázky se tak mohly generovat vedle sebe s plynulým přechodem.



Obrázek 6.24: Dva snímky tvořící animaci pohybu včelí jednotky.

## Kapitola 7

# Uživatelské testování

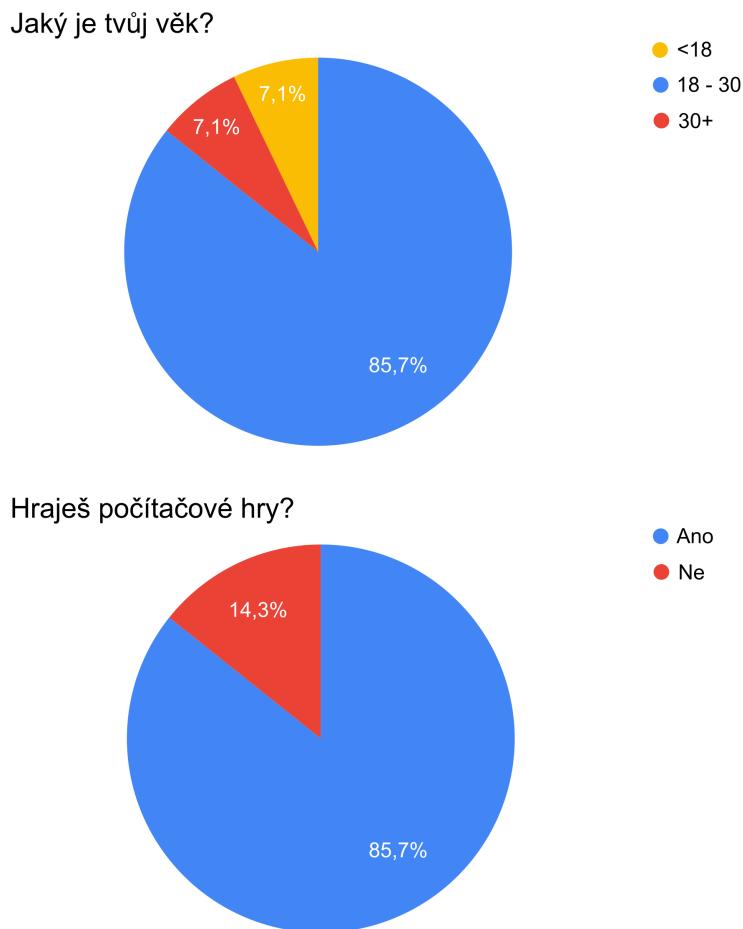
Pro uživatelské testování byl vytvořen formulář pomocí nástroje Google Forms<sup>1</sup>. Náhled do formuláře je na obrázku 7.1. Na otázky odpovědělo čtrnáct lidí v různých věkových kategoriích, věk všech dotazovaných je v grafu 7.2, kde je také zobrazeno rozložení dotazovaných podle zkušeností s počítačovými hrami. Všem respondentům se podařilo hrnu spustit, a to jak na platformě Linux, tak i na platformě Windows. Kapitola dále obsahuje testování první úrovně, druhé úrovně a celkové uživatelské hodnocení hry.

---

<sup>1</sup>Nástroj Google Forms pro tvoření formulářů: <https://www.google.cz/intl/cs/forms/about/>

<p>Jaký je tvůj věk? *</p> <p><input type="radio"/> &lt;18</p> <p><input type="radio"/> 18 - 30</p> <p><input type="radio"/> 30+</p>	<p>Jaká byla náročnost druhého levelu kampaně?</p> <p><input type="radio"/> Až moc lehká</p> <p><input type="radio"/> V pořádku</p> <p><input type="radio"/> Náročná</p> <p><input type="radio"/> Hodně těžká</p>
<p>Hraješ počítačové hry? *</p> <p><input type="radio"/> Ano</p> <p><input type="radio"/> Ne</p>	<p>Podařilo se ti najít nějaké chyby v druhém levelu kampaně? Pokud ano, jaké?</p> <p>Vaše odpověď _____</p>
<p>Podařilo se ti spustit hru? *</p> <p><input type="radio"/> Ano</p> <p><input type="radio"/> Ne</p>	<p>Podařilo se ti z tutoriálu pochopit jak se hra hraje?</p> <p><input type="radio"/> Ano</p> <p><input type="radio"/> Ne</p> <p><input type="radio"/> Jiné: _____</p>
<p>Jaká byla náročnost prvního levelu kampaně?</p> <p><input type="radio"/> Až moc lehká</p> <p><input type="radio"/> V pořádku</p> <p><input type="radio"/> Náročná</p> <p><input type="radio"/> Hodně těžká</p>	<p>Podařilo se ti najít nějaké chyby ve hře? Pokud ano, jaké?</p> <p>Vaše odpověď _____</p>
<p>Podařilo se ti najít nějaké chyby v prvním levelu kampaně? Pokud ano, jaké?</p> <p>Vaše odpověď _____</p>	<p>Podařilo se ti najít nějaké chyby mimo hru? Pokud ano, jaké?</p> <p>Vaše odpověď _____</p> <p>Pokud máš nějakou zpětnou vazbu, sem s ní!</p> <p>Vaše odpověď _____</p>

Obrázek 7.1: Otázky k testování byly zvoleny tak, aby zjistily základní vlastnosti uživatele, náročnost kampaně a aby odchytily chyby ve hře.



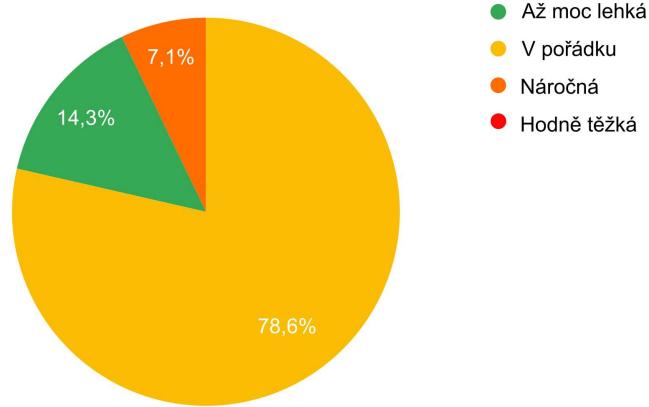
Obrázek 7.2: Většina účastníků testování byla ve věkové skupině od osmnácti do třiceti let. Testování se účastnila i jedna osoba pod osmnáct let a jedna osoba nad třicet let. Většina z dotazovaných byla pravidelnými hráči počítačových her, ale dva dotazovaní nikdy žádnou počítačovou hru nehráli.

### První úroveň kampaně

Náročnost první úrovně kampaně byla vyhodnocena jako ideální, rozložení hodnocení náročnosti je v grafu 7.3. Náročnost tím splňuje svou funkci, a to naučit hráče v první úrovni jen ovládání a základní mechaniky, bez toho, aby to pro něj byla nějak velká výzva.

V první úrovni byly nalezeny dvě chyby. První z nich je ta, že hráč může úkoly odklikávat sám automaticky, bez toho, aby byly splněny. Druhou je to, že po dosažení plné kapacity nasbíraných surovin, včely dále odebírají surovinu ze zdroje bez toho, aby ji do zásoby přidávaly. Ve zpětné vazbě se objevila i poznámka o tom, že by suroviny mohly být při aktivaci sběru nějak zvýrazněny, aby měl hráč přehled o tom, že vcela právě sbírá.

Jaká byla náročnost prvního levelu kampaně?



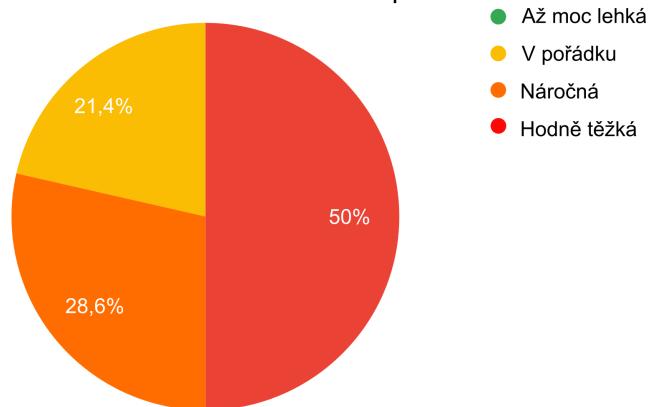
Obrázek 7.3: Náročnost první úrovně kampaně byla hodnocena jako dostačující. Nalezlo se tady i několik lidí, pro které byla až moc lehká a jeden člověk pro kterého byla náročná.

### Druhá úroveň kampaně

Náročnost druhé úrovně kampaně byla vyhodnocena jako hodně těžká, rozložení hodnocení náročnosti je ukázáno v grafu 7.4. Největším problémem se ukázalo, že hra je příliš rychlá a hráč není schopen se tak rychle zorientovat. Řešením by bylo, aby se hra mohla pozastavit, a hráč tak měl více času na pročtení nápovědy. Druhým nápadem pro zlepšení, bylo rozložit mechaniky do více úrovní, pro plynulejší průchod výukou.

V druhé úrovni bylo nalezeno několik chyb. Nejzávažnější chybou bylo, že pokud hráč kampaň prohraje a chce ji znova zapnout, včely se nepohybují. Druhá závažná chyba ukaže, že v určitých případech nefunguje jídelní místnost a včely tak umírají hladem. Dalšími chybami, které se stávaly jen v ojedinělých případech, bylo zasekávání včely o surovinu při letu a občasná aktivace políčka i bez přítomnosti včely. Uživatelé negativně hodnotili i to, že po nezvládnutí druhé úrovně musí znova procházet i úroveň první.

Jaká byla náročnost druhého levelu kampaně?



Obrázek 7.4: Náročnost druhé úrovně kampaně byla vyhodnocena polovinou dotazovaných jako příliš těžká. Ostatní názory se příliš nelišily a držely se také spíše u vyššího hodnocení náročnosti.

## **Hodnocení hry**

Hra byla respondenty obecně zhodnocena jako hra se zajímavým konceptem, ale vysokou náročností. Kladně bylo hodnoceno také vybrané téma a grafická stránka hry. Někteří hráči negativně hodnotili mechaniku boje a raději by uvítali větší zaměření na správu úlu. Několikrát také bylo zmíněno, že by ve hře ocenili minimapu, zvukové efekty a možnost uložení hry. Byl také zmíněn nápad, přidat více zpětné vazby na dění ve hře, aby bylo například poznat, jaká včela má zrovna hlad.

# Kapitola 8

## Závěr

Cílem práce bylo prostudovat biologii včel a na základě toho navrhnut a implementovat demoverzi strategické hry ve 2D za pomoci herního enginu Unity. Práce úspěšně splnila všechny stanovené cíle a hra byla dotažena do finální podoby.

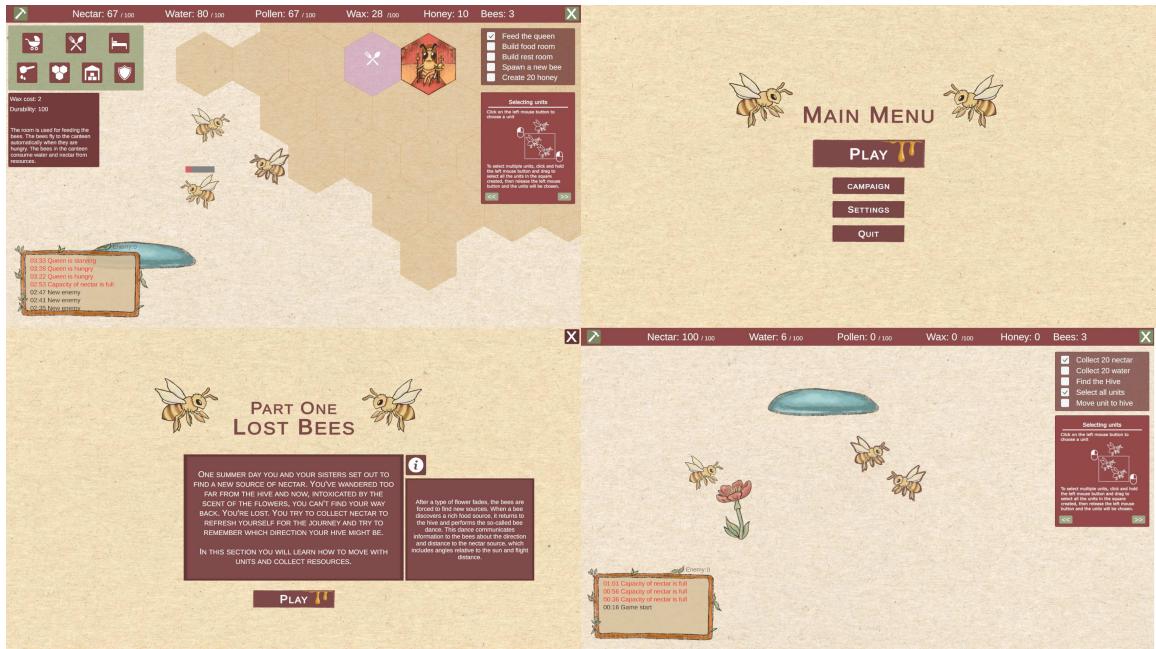
Na začátku práce byla důkladně prostudována biologie včel a shrnuta v kapitole 2. Byl také proveden průzkum značného množství existujících počítačových her na toto téma, a nejdůležitější z nich byly detailněji rozebrány v kapitole 3. Veškeré znalosti z těchto dvou kapitol byly následně použity k návrhu výsledné hry. Návrh byl detailně rozepsán v kapitole 5. Souběžně s dokončováním návrhu byly již navrhnuté mechaniky implementovány do hry. K tomu byly využity informace z kapitoly 4, ve které byly prostudovány a sepsány základní informace o technikách a konceptech vývoje videoher. Podařilo se tak vytvořit demoverzi hry, jejíž realizace byla popsána v kapitole 6. V konečné fázi vývoje hry bylo provedeno uživatelské testování na několika uživatelích a výsledky testování byly sepsány do kapitoly 7.

Finální práce obsahuje hru s výukovou kampaní dvou úrovní, která hráče seznámí s mechanikami hry. Hra obsahuje také uživatelské rozhraní v podobě hlavního menu, nastavení, úvodních obrazovek k jednotlivým úrovním kampaně a jednotlivé prvky uživatelského rozhraní ve hře a kampani. Mechaniky hry zahrnují pohyb jednotek, sběr surovin, boj s nepřáteli, stavbu objektů a interakci s nimi, generování prostoru a průzkum. Finální podoba aplikace je vyobrazena na obrázku 8.1.

Jelikož realizovaná hra je demoverzí, je vhodné nastínit návrhy na pokračování hry, které vznikly při realizaci, ale nebylo již v časových možnostech je do hry přidat. Následující rozšíření by přinesly nové mechaniky, vylepšily herní zážitek a více přiblížily reálný život včel. Včelí jednotky by mohly mít své schopnosti a role rozdeleny podle věku. Například mladé včely by měly omezení na sběr surovin, zatímco by byly efektivnější v péči o larvy. Dále by bylo vhodné přidat několik nových typů místností, jako je třeba taneční parket, sloužící pro komunikaci toho, kde se nachází naleziště surovin a s tím i související komplexnější mechaniku pro sběr surovin. Ve hře by se mohly také objevovat speciální události, které hru obzvláštní, jako jsou například deště, sucha, bouře, nemoci nebo příchod člověka. Dalším nápadem je implementace ročních období, které přidají mechaniku nutnosti připravovat zásoby na zimu. Kampaně by mohla být rozdělena do většího množství jednotlivých částí, pro plynulejší průchod hrou. Příběh kampaně by tak mohl zahrnovat i rojení a další události z reálného života včel.

Práce mi dala možnost projít kompletním procesem vývoje hry od počátečního návrhu po finální testování. Naučila mě orientovat se a efektivně pracovat v herním enginu Unity,

rozšířila mé dovednosti v programování a návrhu uživatelského rozhraní. Mimo to jsem si vyzkoušela, jak převádět kreslené ilustrace do herní grafiky a jak pracovat s animací.



Obrázek 8.1: Snímky z finální podoby aplikace.

# Literatura

- [1] BRAMBLE, R. The seven stages of game development. *Make 2D Games With GameMaker* [online]. 10. května 2023 [cit. 2024-05-05]. Dostupné z: <https://gamemaker.io/en/blog/stages-of-game-development>. Path: Blog; The seven stages of game development.
- [2] CRAMP, D. *Včelařství: obrazový průvodce : od pořízení včelstev po medobraní : více než 400 návodních fotografií*. 1. vyd. Čestlice: Rebo, 2013. 160 s. ISBN 978-80-255-0714-8.
- [3] ENGINE, G. *Godot Engine – Free and open source 2D and 3D game engine* [online]. 2024 [cit. 2024-05-01]. Dostupné z: <https://godotengine.org/>.
- [4] GAMES, E. *Unreal Engine: The most powerful real-time 3D creation tool* [online]. 2024. 2024 [cit. 2024-05-01]. Dostupné z: <https://www.unrealengine.com/>.
- [5] GAMES, R. B. Hexagonal Grids. *Red Blob Games* [online]. Březen 2013. 2021-10 [cit. 2024-05-01]. Dostupné z: <https://www.redblobgames.com/grids/hexagons/>. Path: Home; Hexagonal Grids.
- [6] HOLAN, T. *Unity: první seznámení s tvorbou počítačových her*. 1. vyd. Praha: CZ.NIC, 2020. 172 s. ISBN 978-80-88168-57-7.
- [7] IOSUP, A. *Procedural Game Content Generation: A Survey* [online]. Únor 2012 [cit. 2024-04-03]. DOI: 10.1145/2422956.2422957.
- [8] PENAZZO, D. *2D Game Development: From Zero to Hero* [online]. 1. vyd. 2020. 262 s. Dostupné z: <https://un glueit-files.s3.amazonaws.com/ebf/ee0225ec966b4910a0882f4e388c8bdf.pdf>.
- [9] PISKUNOV, E. Stages of Game Development | Your Guide On Game Development Process. *ILogos: Game Design Company & Game art studio* [online]. 31. března 2023 [cit. 2024-02-05]. Dostupné z: <https://ilogos.biz/stages-of-game-development-your-guide-on-game-development-process/>. Path: Home; Blog; Stages of Game Development | Your Guide On Game Development Process.
- [10] PRITSCH, G. *Pastva pro včely*. 1. vyd. Líbeznice: Víkend, 2016. 164 s. ISBN 978-80-7433-112-1.
- [11] ROUSE, R. *Game Design: theory and practice*. 2. vyd. Sudbury: Jones and Bartlett Publishers, 2005. 704 s. ISBN 1-55622-912-7.
- [12] TAUTZ, J. *Fenomenální včely: biologie včelstva jako superorganizmu*. 3. vyd. Praha: Brázda, 2016. 286 s. ISBN 978-80-209-0415-7.

- [13] TECHNOLOGIES, U. Level up your programming with game programming patterns. *Unity Engine* [online]. 20. října 2023 [cit. 2024-05-05]. Dostupné z: [https://unity.com/resources/level-up-your-code-with-game-programming-patterns?isGated=false&utm\\_source=youtube&utm\\_medium=social&utm\\_campaign=engine\\_global\\_ebook\\_2023-12-15\\_levelupcode-commandpatternsyt-ebook](https://unity.com/resources/level-up-your-code-with-game-programming-patterns?isGated=false&utm_source=youtube&utm_medium=social&utm_campaign=engine_global_ebook_2023-12-15_levelupcode-commandpatternsyt-ebook). Path: Resources; Level up your programming with game programming patterns.
- [14] TECHNOLOGIES, U. Unity User Manual 2022.3 (LTS). *Unity Documentation* [online]. 2024 [cit. 2024-05-05]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html>.
- [15] TECHNOLOGIES, U. *Unity Real-Time Development Platform* [online]. 2024 [cit. 2024-05-01]. Dostupné z: <https://unity.com/>.
- [16] TERRA, J. Entity Component System: An Introductory Guide. *Simplilearn / Online Courses - Bootcamp & Certification Platform* [online]. 1. března 2023 [cit. 2024-02-05]. Dostupné z: <https://www.simplilearn.com/entity-component-system-introductory-guide-article>. Path: Home; Resources; Software Development; Entity Component System: An Introductory Guide.
- [17] TITĚRA, D. *Včely zdravé a nemocné*. 1. vyd. Praha: Brázda, 2017. 189 s. ISBN 978-80-209-0420-1.