

Design videohry s tematikou ekologie

Matouš Marek

Bakalářská práce
2023



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta multimediálních komunikací

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta multimediálních komunikací
Ateliér Digitální design

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Matouš Marek**
Osobní číslo: **K20129**
Studijní program: **B8206 Výtvarná umění**
Studijní obor: **Multimédia a design – Digitální design**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Design videohry s tematikou ekologie**

Zásady pro vypracování

1. Rešerše stylu a aktuálního stavu relevantní tematiky v oboru
 2. Interpretace poznatků a konceptů do konkrétního game design dokumentu
 3. Návrh řešení
 4. Zpracování výstupů z řešení
 5. Prezentace a návrh dalšího vývoje zpracovaného řešení
- a) teoretická část v rozsahu 25 – 30 normostran textu
b) prototyp nebo funkční model nebo fyzický model v měřítku 1:1, 1:2, 1:3, 1:5, 1:10 podle charakteru projektu a konzultace s vedoucím práce
c) grafická prezentace v rozsahu minimálně 2,8 m²

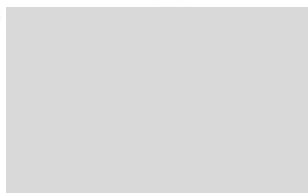
Rozsah bakalářské práce: **viz Zásady pro vypracování**
Rozsah příloh: **viz Zásady pro vypracování**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

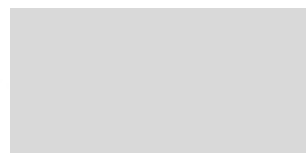
BUBENÍČEK, Tomáš. S10W: *Vizualizace plně procedurálního dynamického terénu se zaměřením na generování biomů*. Praha, 2018. Bakalářská práce. Fakulta informačních technologií – České vysoké učení technické v Praze.
CHANG, Alenda Y. *Playing Nature: Ecology in Video Games*. University of Minnesota Press, 2019. ISBN 9781452962269
DAVIS, Michael A. *An Overview of Environmental Themes in the Video Game Industry*. The Geographical Bulletin [online]. 2022, vol. 63, no. 2, s. 97-108. ISSN 07313292.
PENXA, Michal. *Videohra a rozhraní*. 2020, 68 s. (69 000 znaků). Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/47563>
RAK, Jakub. *Procedurální generování terénu* [online]. Ostrava, 2014 [cit. 2022-10-27]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/104123>. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.

Vedoucí bakalářské práce: **MgA. Pavel Novák**
Game design

Datum zadání bakalářské práce: **1. prosince 2022**
Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2023**



Mgr. Josef Kocourek, Ph.D.
děkan



MgA. Bohuslav Stránský, Ph.D.
vedoucí ateliéru

Ve Zlíně dne 1. prosince 2022

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ / DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- bakalářská/diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou/diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou/diplomovou práci - nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské/diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské/diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské/diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji, že:

- jsem na bakalářské/diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně dne: 2.2.2023

Jméno a příjmení studenta: MATOUŠ MAREK

podpis studenta

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je vytvořit koncept a hratelné demo videohry adresující témata životního prostředí s využitím atraktivní hratelnosti a pixel artové estetiky. Teoretická část zkoumá konkrétní inspirace, možnosti herního média reagovat na dané téma, a estetiku pixel artu v kontextu digitálních her.

První kapitola se věnuje tématu životního prostředí a jeho vyobrazení v interaktivních médiích v průběhu historie až dodnes. Zkoumá nenucené způsoby, jakými lze toto téma přiblížit veřejnosti a podpořit konstruktivní přemýšlení o problému. Druhá kapitola se zabývá estetikou pixel artu, porovnáním alternativ a studiem existujících titulů s důrazem na moderní a atraktivní techniky.

Praktická část popisuje proces designu hry a tvorbu hratelné demo verze.

Klíčová slova: videohra, ekologie, pixel art, životní prostředí, game design

ABSTRACT

The aim of this bachelor's thesis is to create a concept and develop a playable demo of a video game addressing environmental issues using attractive gameplay and pixel art aesthetics. The theoretical section explores specific inspirations, the possibilities of the game medium to respond to the topic, and the aesthetics of pixel art in the context of digital games.

The first chapter explores the environment as a theme and its depiction in interactive media throughout history up to the present day. It explores casual ways to bring the topic to the attention of the public and encourage constructive thinking about the issue. The second chapter explores the aesthetics of pixel art, comparing alternatives and studying existing titles with an emphasis on modern and attractive techniques.

The practical section describes the game design process and the development of a playable prototype.

Keywords: video game, ecology, pixel art, environment, game design

Rád bych poděkoval MgA. Pavlu Novákovi za odborné a přínosné vedení práce. Dále bych rád poděkoval Andreji Karovinovi za pomoc s technickou částí prototypu, a Ing. Milanu Markovi za podporu a pomoc.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 TEMATIKA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ VE HRÁCH	11
1.1 HISTORICKÝ POHLED	11
1.2 AKTUÁLNÍ SITUACE	13
1.3 INSPIRACE A VYBRANÉ PŘÍKLADY HER S TOUTO TEMATIKOU	14
1.3.1 Cities: Skylines.....	14
1.3.2 Factorio	15
1.3.3 Terra Nil	16
1.3.4 The Planet Crafter	18
1.3.5 Rain World.....	18
1.4 ZÁVĚR.....	19
2 PIXEL-ARTOVÝ VIZUÁLNÍ STYL	20
2.1 KRÁTKÁ HISTORIE PIXEL ARTU	20
2.2 POROVNÁNÍ S JINÝMI STYLY V HERNÍM DESIGNU	22
2.2.1 2D a 3D grafika	22
2.2.2 Úroveň detailu	24
2.2.3 Barvy a stínování.....	24
2.2.4 Ruční přístup	25
2.2.5 Flexibilita prostředí	26
2.3 TECHNIKY	27
2.3.1 Tradiční techniky pixel artu	27
2.3.2 Moderní techniky	29
2.4 INSPIRACE A PŘÍKLADY SOUČASNÉ PIXEL ARTOVÉ ESTETIKY VE HRÁCH	33
2.4.1 Noita.....	33
2.4.2 Kingdom.....	35
2.4.3 Sword & Sworcery	36
2.5 ZÁVĚR.....	36
II PRAKTICKÁ ČÁST	38
3 KONCEPT HRY REVENANT EARTH	39
3.1 HLAVNÍ IDEA A CÍLE.....	39
3.1.1 Cílová skupina.....	39
3.2 PŘÍBĚH A SVĚT HRY.....	39
3.2.1 Postavy, organizace, a konflikty zájmů.....	41
3.3 POČÁTEČNÍ PROCES TVORBY	43
3.4 HERNÍ MECHANIKY	44
3.4.1 Nepřátelé	46

3.4.2	Úprava terénu a simulace	46
3.5	VZHLED A ROZHRANÍ	47
3.5.1	Vizuální styl světa	48
3.5.2	Uživatelské rozhraní.....	49
4	HRATELNÁ DEMOVERZE	51
4.1	CÍLE A LIMITACE DEMOVERZE	51
4.2	ZVOLENÉ TECHNOLOGIE.....	51
4.2.1	Webový prohlížeč	51
4.2.2	TypeScript	51
4.2.3	Pixi.js.....	52
4.2.4	GLSL shadery	53
4.3	HERNÍ SVĚT A OBJEKTY	56
4.3.1	Prostředí	56
4.3.2	Rostliny	56
4.3.3	Hráč a nepřátelé.....	58
5	BUDOUCNOST PROJEKTU A MARKETING.....	60
	ZÁVĚR	61
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	62
	SEZNAM ODKAZOVANÝCH VIDEOHER	64
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	65
	SEZNAM OBRÁZKŮ	66

ÚVOD

Téma videoher jako nástroje ke zvyšování veřejného povědomí a zájmu o důležitých celospolečenských problémech existuje už dlouhou dobu a v posledních letech nabývá na významu. Věřím, že skrze vysoce interaktivní a osobní zkušenost, kterou hra může zprostředkovat, se dané téma může pro jednotlivé lidi stát mnohem bližším.

Osobně jsem již v mladém věku díky hraní videoher posílil svůj zájem o historii, cizí jazyky, a začal přemýšlet o konceptech jako zodpovědné užívání přírodních zdrojů. Tyto koncepty mi nebyly vnuceny, ale přišly přirozeně, protože zodpovědným chováním se v některých hrách dalo dosáhnout lepších výsledků či efektivnějšího využití herního prostoru a nasbíraných předmětů. Právě v tom podle mého názoru leží největší hodnota tohoto média, a v průběhu své práce se budu snažit najít způsoby, jak tuto hodnotu ve hrách tvořit a efektivně ji předat cílové skupině hráčů.

Životní prostředí a změna globálního klimatu je pro mě dlouhodobě jedno z osobně nejvýznamnějších témat, k jehož řešení je potřeba součinnost celé světové civilizace, a základem každého takového řešení je na prvním místě komunikace. Prací na konceptu atraktivní hry s touto tematikou chci přispět ke zlepšení veřejného názoru, přemýšlení a komunikace o problému, a drobným dílem tak společnosti pomoci k řešení přijít.

V této práci budu s větším důrazem také zkoumat vizuální styl a technické zpracování grafiky hry, protože věřím, že atraktivní vzhled je nedílnou důležitou součástí úspěchu hry jako produktu i jako komunikačního nástroje.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TEMATIKA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ VE HRÁCH

Téma životního prostředí je v kultuře dnešní doby jedním z významných trendů, které ovlivňují literaturu, film, hudbu a další formy kultury. Jedná se i o klíčové téma ve společnosti – reálný problém, který jen v nejvíce ohrožených regionech světa ovlivňuje přes 3 miliardy lidí (Pörtner et al., 2022) a prakticky se dotýká i jakékoliv jiné oblasti na planetě. Autoři, kteří se tomuto tématu věnují, se často snaží o přesvědčení publika k akci, vedoucí ke zmírnění či zastavení klimatické změny způsobené lidmi.

Jednou z důležitých forem, které tuto myšlenku dokáží nést, jsou hry. Hráči her mohou být přímo uvedeni do kontextu situace a mohou na ně v rámci hraní být vztaženy problémy, které jsou v realitě těžko pro jedince představitelné, či se dějí na časovém měřítku, které může být pro většinu neoborníků příliš velké ke zpozorování změn. Hry tedy mohou být efektivním nástrojem pro upozorňování na problémy klimatu a inspirování nastupující generace k rozhodnější změně, řešící tyto problémy (Ouriachi et al., 2019).

V první části této práce uvedu přehled historického a aktuálního stavu tematiky životního prostředí ve hrách, s důrazem na videohry posledních několika let.

1.1 Historický pohled

V roce 1983 vydali výzkumníci na Akademii věd USA publikaci „A Game Framework for Scenario Generation for the CO₂ Issue“ (Robinson a Ausubel, 1983), popisující možnosti her v boji s klimatickou změnou způsobenou oxidem uhličitým. Navrhli dvě hry, jednu deskovou, a jednu videohru. Tyto hry byly později označeny za jeden z prvních pokusů o konfrontaci klimatických problémů skrz herní médium (Whyte a Anne, 1985). Od té doby bylo hraní her a videoher výrazně popularizováno, stejně jako tematika klimatu – to vedlo k zvyšující se frekvenci nových titulů v této oblasti.

V roce 2004 byla v Německu vydána desková hra *Keep Cool*, která nabídla komplexní vyobrazení problému změny klimatu z úhlu ekonomického, politického i ekologického, a zformulovala je tak, aby byly přístupné pro širokou veřejnost. Autoři hry ve své doprovodné publikaci (Eisenack, 2013), popisují využití jak v edukativním prostředí, tak pro zábavní účely. Hra se tak snaží fungovat ve dvou rovinách, a plnit spolu s hlavním cílem i funkci „obyčejné“, zábavné hry. Moje bakalářská práce z tohoto bodu silně čerpá, a následuje filozofii toho, že vzdělávací (či částečně vzdělávací) hry nemusí být nudné,

a dokonce je jejich zábavnost velice žádoucí v udržení zájmu cílové skupiny v prezentované informaci.



Obrázek 1: *Keep Cool* (2004)

Autoři z periodika *Nature Climate Change* uvedli, že „kromě všestrannosti a možností učení, které hry nabízejí, jsou také zábavné. Právě tato vlastnost je možná nejpřitažlivější na roli her ve vzdělávání o změně klimatu.“ (Wu a Lee, 2015 – vlastní překlad) Kvalitní hra podle nich motivuje hráče k další a dlouhodobější interakci, a přirozeně tak vytváří zájem zjistit více o daném tématu.

Jedna z komplexnějších ekologických her pro počítačové médium, které se v pozdějších letech objevily, je *Clim 'way* (Wu a Lee, 2015), simulátor řízení města, který bere v potaz mnoho sociálních i environmentálních faktorů a klasifikuje se spíše jako tzv. *Serious game*, tedy hra, která částečně či plně odmítá svou roli jako zdroj zábavy, a soustředí se na užitečnost či vzdělávací faktor v první řadě. Toto je cesta, kterou se mnohé vzdělávací a ekologicky naučné hry vydávají, a k níž se v praktické části své práce snažím navrhnout alternativu.

Obrázek 2: *Clim'way* (2015)

1.2 Aktuální situace

Dle odhadu z roku 2020 je celosvětově přibližně 2.7 miliard lidí hráči nějaké formy videoher (Finances Online, 2023). Ti tvoří neustále rostoucí trh, pro který je vyvíjeno nesmírné množství her rozličných žánrů. Téma klimatu se dostává i do mainstreamových her, a dnes je často spíše otázkou, jak reprezentovat tuto tematiku, oproti dřívějším rozhodnutím, zda tuto reprezentaci vůbec zahrnout.

Autoři B. Abraham a D. Jayemanne popsali 4 hlavní způsoby, jakými dnešní videohry pracují s herním prostředím (*environment*):

- jako element v pozadí,
- jako zdroj k využití,
- jako překážka,
- a jako dobarvení příběhu.

Uvádí však, že ani jeden z nich není vhodný pro realistické vyobrazení dnešních klimatických problémů – ve všech popsanych způsobech je prostředí pasivním aktérem, maximálně jednoduchým oponentem, který nejedná sám za sebe ani jako celek (Abraham a Jayemanne, 2017). V populárních hrách dnešní doby chybí rozšířenější reprezentace faktu, že prostředí ovlivňuje i nás, a to jak v drobnostech (chybějící reakce na déšť, padající na hlavu postavy), tak v těch největších měřítkách (prostředí se většinou nemění bez ohledu na počet továren, komínů a skleníkových plynů, které hráč v budovatelské hře vytvoří).

Přesto se najde mnoho výjimek, které se s otázkou lidského vlivu na životní prostředí potýkají s více realistickým nebo významným pohledem – v následující sekci zmiňuji několik her, které mne svým vyobrazením tohoto tématu oslovily či jsou jinak důležité.

1.3 Inspirace a vybrané příklady her s touto tematikou

1.3.1 Cities: Skylines

(Colossal Order, 2015)

Populární hra, simulující stavbu a správu moderního města – hráč se stará o plánování silnic, zón pro developery, a městských služeb jako správa odpadu či pitné vody. Hra má jednoduchý, ale efektivní systém, kterým hráče trestá za stavbu znečišťujícího průmyslu, levných fosilních elektráren a odpadních stanic – půda okolo nich zůstane na dlouhou dobu neobyvatelná, a hráč se tím připravuje o místo, kam může později umístit obytné zóny města. Znečištění je však zároveň nevyhnutelné – odpadní voda nelze ve výchozí hře umístit jinde než do výtoku v řece, a odtud odpad znečišťuje celou řeku dále po proudu, znemožňujíc čerpání pitné vody. Hra tak nabízí reálnou motivaci hledat „zelenější“ řešení – čistší průmysl, obnovitelná energie, alternativní způsoby recyklace odpadu a pokročilé čističky odpadních vod jsou dražší investice, které ale přinesou pozorovatelné zlepšení v jiných oblastech hry a nepřímo ovlivní možnosti expanze města a spokojenost obyvatel, která je jedním z hlavních měřítek úspěchu.

Cities: Skylines však zcela ignoruje některé další dopady lidské aktivity na životní prostředí. Auta neprodukují žádné škodlivé plyny, městská zeleň nijak neovlivňuje stav ovzduší, a zdravotní problémy způsobené znečištěním jdou „snadno vyřešit“ postavením další nemocnice. Hra také nemá žádný koncept klimatu na větší než lokální škále, a žádná z výše uvedených aktivit nikdy neovlivní prostředí v celém městě či regionu.



Obrázek 3: Znečištění řeky v *Cities: Skylines* (2015)

1.3.2 Factorio

(Wube Software, 2020)

Factorio je hra od českých vývojářů, která se zaměřuje na koncept automatizace. Hráč začíná na neznámé planetě s několika jednoduchými stroji a malým množstvím zdrojů, a má za úkol postavit komplexní továrnu s provázanými výrobními řetězci, které postupně automatizují stále více úkonů, které předtím hráč musel provádět ručně, a umožňují technologický postup a vítězství. Téměř každá akce má však asociovanou i cenu v podobě „znečištění“. Za každý megajoule (které hra skutečně počítá pro všechny zdroje energie), který hráč spálí v podobě uhlí, ropy, plynu, či jiných neobnovitelných paliv, se generuje znečištění, které se hromadí a šíří po rozlehlém herním světě stále dál. Po mapě jsou rozmístěná hnízda domorodých mimozemšťanů, a s rostoucí intenzitou znečištění v jejich domovech jsou stále agresivnější a procházejí genetickými změnami, které z nich dělají proporcčně se zvyšující nebezpečí. Hráč, který investoval příliš mnoho zdrojů do znečišťujících technologií bez adekvátní obrany, se brzy ocitne pod několikastranným intenzivním útokem přírody, která se rozhodla proti hráčově invazi bránit. Hra nabízí i čistější zdroje energie pro rostoucí továrnu – existuje možnost postavit solární či nukleární elektrárny, které se znečištění vyhnou, za cenu velké vstupní investice ve zdrojích. I fosilní paliva lze s postupem technologie rafinovat v několika stupních, z nichž každý při spálení uvolní trochu méně znečištění, než ten předchozí.

Factorio zároveň modeluje i pasivní interakci přírody a ovzduší – stromy znečištění nejdříve absorbují, čímž oddalují nevyhnutelné rozšíření oblaku až k hnízdům nepřátel, ale po určitém množství rostliny umírají a nechávají za sebou lesy holých kmenů, které již

neabsorbují nic. I vizuálně je prostředí s nečistým ovzduším nepříjemné a zabarvené toxicitou.

I přesto, že žádná z těchto mechanik není hlavním záměrem hry, fungují dohromady jako jeden z nejpropracovanějších a zároveň nenucených systémů klimatické změny v populárních hrách. Chybí zde však samozřejmě mnoho dalších faktorů, které by hra soustředící se vyloženě na toto téma neměla opomenout, jako je biodiverzita, ekosystémy, skleníkové plyny nebo teplota.



Obrázek 4: Systém znečištění ve *Factorio* (2020)

1.3.3 Terra Nil

(Free Lives, 2023)

Ekologická strategická hra *Terra Nil* sama sebe popisuje jako „reverse city builder“ (reverzní stavitelská hra) – zatímco v klasických stavitelských titulech jako dříve zmíněné *Cities: Skylines* hráči staví a rozšiřují nové budovy a „dobývají“ okolní přírodu, v *Terra Nil* mají za úkol pravý opak. Z počáteční zničené, vyschlé a lidmi zpustošené krajiny musí v průběhu hry vytvořit opět zdravý a vybalancovaný ekosystém s tekoucí vodou, zelení a populací zvířat. Pro tento účel mají hráči možnost pokládat nástroje jako vodní pumpy, filtry škodlivých látek, a čisté větrné turbíny, které tyto nástroje napájejí. Na konci každé úrovně hry musí hráč všechny své postavené budovy také odstranit, aby na ploše zbyla po odchodu hráče jen nerušená příroda.



Obrázek 5: *Terra Nil* (2023)

Terra Nil je pro mou práci výraznou inspirací a rád bych podobnou mechaniku „reverzní stavby“ či „reverzní kolonizace“ zpracoval i ve svém herním konceptu. Zároveň je pro mě velmi zajímavý i koncept toho, že samotný hráč není z pravidel ekologie vyloučen a i když jsou jeho aktivity ve výsledku pozitivní pro životní prostředí, stále po sobě musí uklidit a provádět vše s co největší zodpovědností.

1.3.4 The Planet Crafter

(Miju Games, 2022 – předběžné vydání)

The Planet Crafter je titul v předběžném vydání (tj. stále v aktivním vývoji), který se zabývá konceptem teraformace¹. Hráč sám přistává na rudé planetě podobné Marsu a má za úkol pomocí sběru surovin přežít a postupně přizpůsobit planetu k lidskému pobytu. Při průzkumu herní mapy hráč nachází semínka rostlin, které může dále pěstovat a pomocí nich tvořit v atmosféře kyslík. Z původně pustého, nezemského prostředí tak hráč postupně může vytvořit živou oblast se zelení a modrou oblohou.



Obrázek 6: Postup teraformace v *The Planet Crafter* (2022 – předběžné vydání)

Na *The Planet Crafter* mě zaujala osobní interakce, kdy hráčova postava vlastnoručně provádí mnoho drobných úkonů, které dohromady vedou k velké změně pro celé okolní prostředí. Na rozdíl od strategického pohledu, který používá většina ekologických her, může tento uzemněný přístup z pohledu jedné osoby vytvořit silnější pouto k tematice a být tak i motivací pro pozitivní přemýšlení o osobním vztahu ke klimatu v reálném světě.

1.3.5 Rain World

(Videocult, 2017)

Rain World je unikátní hra, která dynamicky simuluje živý ekosystém a hráče do něj vrhá jako člena potravního řetězce, který nemá žádné speciální postavení ani výhody oproti jiným tvorům v ekosystému. Hra se hráči nijak nepřizpůsobuje a ekosystém pracuje stejně bez ohledu na to, jestli se hráč zrovna dívá nebo jestli ho to ovlivní (Davis, 2022). Tento přístup

¹ *Terraformation* – česky také *pozemšťování* – hypotetický proces záměrného ovlivnění prostředí celé planety tak, aby byla více podobná Zemi (a tedy vhodná pro lidské osídlení). Většinou spekulativně používáno v kontextu planety Mars, která je ze všech potenciálních kandidátů Zemi nejbližší.

(anglicky také *non-player-centric*) je ve hrách vzácný a již tato neobvyklost je součástí zkušenosti, kterou hráč z hraní má.



Obrázek 7: Interakce s predátory v prostředí hry *Rain World* (2017)

Rain World je pro mou práci inspirací zejména v tomto přístupu, a v jeho zcela jiném způsobu chápání herního prostředí (a životního prostředí ve hrách). Dle mého názoru může takový přístup podpořit zdravější přemýšlení o životním prostředí i v reálném světě a má široký potenciál v médiích s touto tematikou.

V druhé řadě je pro mě *Rain World* inspirací i z technického a estetického hlediska, zejména využitím technik jako procedurální animace (viz kapitola 2.3.2) v kombinaci s pixel artem, a zasazením do opuštěného, industriálního, post-civilizačního prostředí (Cook, 2014), které se snažím ztvárnit i ve své práci.

1.4 Závěr

Výzkum problematiky životního prostředí a herních titulů, které se tímto tématem zabývají, mi pomohl získat přehled o možnostech a různých přístupech, které bych mohl ve svém projektu využít. Rozhodl jsem se vytvořit koncept hry s post-civilizační estetikou, s unikátním přístupem k samotnému hernímu prostředí, a s mechanikami přímé interakce s životním prostředím a procesem jeho změny.

Inspiroval jsem se moderními, populárními tituly, ale i staršími hrami a v neposlední řadě žánrem *serious games*, z něhož bych spíše než herní aspekt rád přejal vědeckou přesnost a věrnost reálným faktům.

2 PIXEL-ARTOVÝ VIZUÁLNÍ STYL

Vizuální složku své hry jsem se rozhodl založit na pixel artovém stylu. Jeho princip spočívá v pečlivém ručním kreslení jednotlivých pixelů², z nichž jsou složeny téměř všechny obrázky v počítači. Na rozdíl od jiných přístupů, kde jsou rozlišení obrázků v řádech tisíců pixelů a s grafikou se pracuje pomocí velkých štětců a komplexních textur či efektů, pixel art pracuje s obrázky v omezeném rozlišení desítek, maximálně stovek pixelů, a hlavním nástrojem a kompozičním elementem je samotný čtvercový pixel. Je tak na spodní hranici technických možností digitálního média – žádný menší kus informací, než jeden pixel, v obrázku neexistuje. I z toho důvodu má v digitální grafice významné místo a bohatou historii – a i v dnešní době je relevantním a neustále se rozvíjícím stylem.

V této kapitole nejprve uvedu pixel art a jeho specifika, a poté porovnání s ostatními styly. V závěru shrnu důvody, proč jsem pro svou práci zvolil právě pixel art.

2.1 Krátká historie pixel artu

Koncept tvorby obrázků pomocí skládání bodů do mřížek sahá mnohem dál, než technologie digitálních obrazovek. Jako příklad můžeme uvést mozaiky či křížkové vyšívání (Grah, 2013, s. 6) – zvláště vyšívání sdílí mnoho charakteristik s dnešním pixel artem, jako omezená barevná paleta, malá čtvercová mřížka a péče věnovaná každému bodu obrázku.



Obrázek 8: Křížkové vyšívání (Alachua County Library District, 2020)

První technologie brzkých počítačových displejů používala čárovou vektorovou grafiku, která však nedokázala zobrazit barvy či výplně (Montfort a Bogost, 2009). Proto se vzápětí

² Základní stavební prvek digitálních obrázků, zkrácení slov picture element – česky také *obrazové body*

na konci 70. let rozšířila i technologie pixelového displeje, který postupně zobrazoval řádky a sloupce v pixelové mřížce – stejná technologie, kterou používají všechny dnešní displeje.

Nejspíše první využití tohoto typu obrazovky pro herní účely byly jednoduché arkádové hry – tituly jako *Space Invaders* (1978) či *Pac-man* (1980) jsou dodnes významné svým designem a dopadem na další generace herního průmyslu.

Brzká verze těchto displejů měla samozřejmě i svoje limitace – velmi omezený počet barev a nízké rozlišení. Jedním z rozšířených grafických systémů byla konzole NES (Nintendo Entertainment System) z roku 1983 – ta disponovala pouze 25 různými barvami na obrazovce a rozlišením 256x240 pixelů (Grah, 2013). Designéři tak byli nuceni dostat co nejvíce informací na co nejmenší prostor obrazovky, čehož se dalo dosáhnout jen ručním umístováním jednotlivých pixelů do drobných obrázků, které pak hra zobrazovala.

Arkády jako *Space Invaders* a konzole jako NES tak stály u zrodu stylu, kterému dnes říkáme pixel art. Estetika těchto her byla odrazem technických omezení, a dnešní pixel art na tyto limitace odkazuje, i když již byly dávno technologicky překonány.



Obrázek 9: Hra *The Legend of Zelda* (1986) na systému NES

Pixel art ve hrách však rozhodně nelze označit jen za retro estetiku (přestože je širší veřejností často spojována právě jen s retro hrami – Lee a Dillon, 2020) – od svého vzniku se vyvíjel dál vlastní cestou a využívá se i v kombinaci s moderními grafickými technologiemi jako jsou dynamické osvětlení, odlesky, vizuální filtry, shadery³ a 3D grafika. Pixel art oceňuje nejen nostalgická starší generace, ale i generace mladší, pro kterou je osobitým a přitažlivě jednoduchým stylem (Moher, 2022).

³ Shader – program pro efektivní tvorbu a zobrazení technicky náročnějšího grafického efektu

Většina dnešního pixel artu se řídí několika pravidly, která vycházejí ze zmíněných technických limitací minulosti – omezené rozlišení, jednotná velikost pixelů, omezená barevnost – styl je však velice subjektivní a pravidla nemají žádnou konkrétní, univerzálně dohodnutou podobu (Lee a Dillon, 2020).

Stojí za zmínku, že okolo roku 2020 se pixel art stal velmi populárním stylem také v komunitě NFT⁴ umělců – často buď jako reference na původní estetiky retro her, nebo jako praktická volba díky relativně nízkým produkčním nákladům oproti jiným stylům umění (Storey, 2020). Přestože je veřejností s tímto stylem někdy asociován, význam fenoménu NFT pro trendy a techniky dnešního pixel artu je nízký a tato práce se mu blíže nevěnuje.

2.2 Porovnání s jinými styly v herním designu

V dnešní době je většinou pixel art zcela dobrovolnou, uměleckou volbou – jeho použití zpravidla nijak neovlivňuje výkon hry, a největší dopad má většinou jen na diskové místo, které hra zabírá (obrázky s malým rozlišením jsou menší i na disku). Přesto má své výhody a nevýhody a je vhodné jej porovnat s alternativními přístupy (Moher, 2022).

2.2.1 2D a 3D grafika

Pixel art je tradičně doménou her založených na plochem, dvourozměrném prostoru – vychází to opět z historie i z faktu, že 3D technologie je založená na polygonech – vektorovém konceptu, který se s bitmapovými pixely těžko kombinuje.

Naprostá většina pixel artových her je tedy 2D, s pohledem ze strany či shora, a v těchto formátech je velice často vídanou estetikou. 2D prostor nemá perspektivní deformaci a velikost pixelů tak přirozeně zůstává všude stejná, což tvoří pro pixel art ideální podmínky.

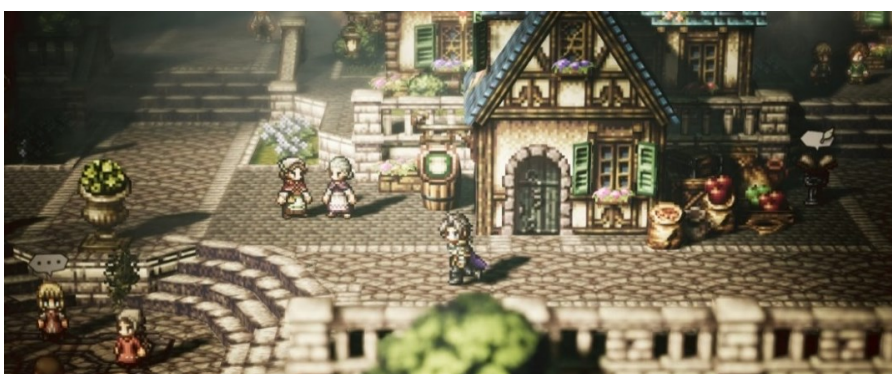


Obrázek 10: *Terraria* (2011), hra s klasickým pohledem ze strany

⁴ *Non Fungible Token* – kryptografický koncept, který v roce 2020 zažil velký nárůst popularity ve spojení se spekulativním nákupem a prodejem digitálního umění a dalších virtuálních předmětů

Existují však i významné výjimky, především tzv. 2.5D perspektiva a technologie voxelů:

2.5D perspektiva je označení pro celou řadu technik, které nějakým způsobem kombinují 2D a 3D v jednom herním pohledu. Lze do ní zařadit např. 3D hru s fixní kamerou emulující 2D grafiku, ale pro pixel art je důležitá hlavně technika tzv. billboardingu. Jedná se o umístování plochých obrázků do jinak trojrozměrné scény (podobně jako billboardy u dálnice) – na této technice je založena např. klasická hra *Doom* (1993) či novější *Octopath Traveler* (2018 – Obrázek 11). Pixel artové „billboardy“ si tak mohou zanechat svůj styl, zatímco hráč může využívat pohybu ve třech rozměrech nebo zajímavějšího pohledu kamery.



Obrázek 11: 2.5D pixel art ve hře *Octopath Traveler* (2018)

Zcela odlišný přístup ke kombinaci pixel artu a 3D jsou voxely. Jde doslova o extrapolaci dvourozměrného čtvercového *pixelu* do trojrozměrného krychlového *voxelu*. Ten se stává základním stavebním prvkem 3D světa, což umožňuje neobvyklou míru dynamičnosti herního prostředí – voxely se snadno přidávají i odstraňují, podobně jako třeba fyzické kostky Lego. Pravděpodobně nejznámější voxelová hra je *Minecraft* (2011), který je na této interakci založen. Významná voxelová hra dnešní doby je *Teardown* (2022), kde je tato dynamika a interakce s prostředím obohacena i o fyzikální simulaci.



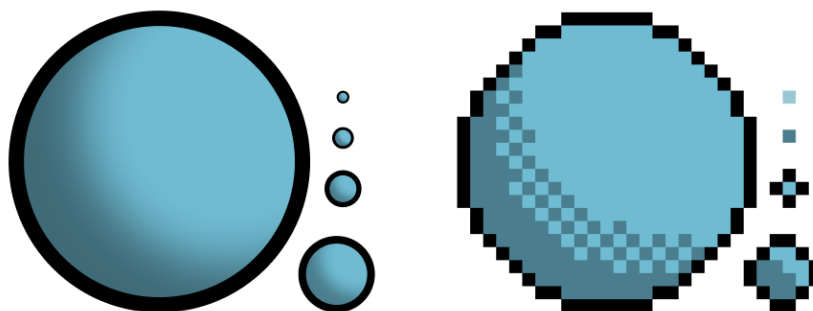
Obrázek 12: Fyzikální voxely ve hře *Teardown* (2022)

Pixel art však i nadále zůstává hlavně 2D stylem, a zmíněné kombinované metody jsou sice velice zajímavé, často ale technicky komplexní a přináší s sebou jen velmi specifickou hratelnost.

2.2.2 Úroveň detailu

Většina herních grafických stylů, na rozdíl od pixel artu, nijak inherentně nelimituje množství detailů, které je možné najednou zobrazit. Grafika s vysokým rozlišením, vektorová grafika či 3D grafika mají vysokou možnost škálování, přibližování kamery a rotace bez ztráty vizuálních detailů. Pixel art má však fixní úroveň detailu a všechny prvky menší než jeden pixel musí být naznačeny změnou barvy či zkrátka ponechány fantazii.

Na následujícím obrázku je patrné, že menší objekty v pixel artu mají úměrně menší množství detailů a menší detaily se kondenzují do jednoho pixelu. Ve standardní⁵ grafice s vysokým rozlišením tento efekt nastává až při velmi silném přiblížení (Obrázek 13).



Obrázek 13: Stejná scéna vyobrazená ve vektorové grafice a v pixel artu

Tento fakt má své výhody – limitovaný detail v pixel artu může pomoci vizuálně sjednotit celou scénu, zatímco v jiných stylech může docházet k nechtěným rozdílům v úrovních detailu a škále objektů. Zároveň je díky omezeným detailům v pixel artu obecně snazší vytvořit množství kvalitních grafických prvků v kratším čase, což je i jeden z důvodů, proč je tento styl velmi populární mezi nezávislymi (indie) herními vývojáři (Silber, 2015, s. 6).

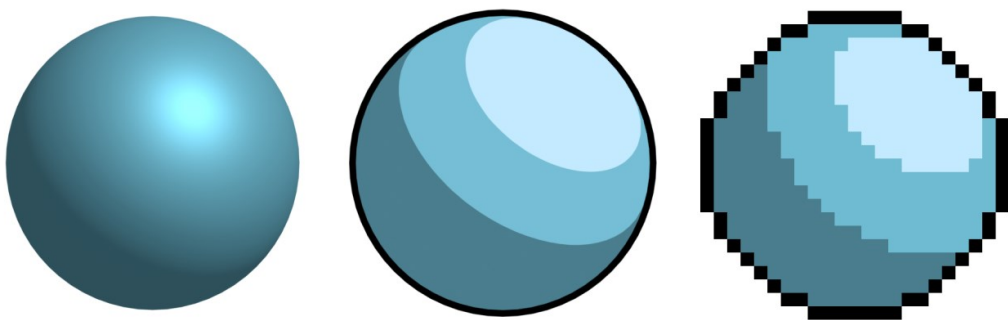
2.2.3 Barvy a stínování

Barevnost je další aspekt, ve kterém je pixel art specifický. Již výše zmíněná limitovaná paleta je pro styl charakteristická a najdeme ji často i v těch nejnovějších titulech. Spolu

⁵ V této a následujících kapitolách porovnávám pixel art s bitmapovou grafikou o vysokém rozlišení, vektorovou grafikou a 3d grafikou. Společné znaky těchto často používaných technik pro zjednodušení označuji jako „standardní grafiku“.

s nízkým rozlišením zjednodušuje a stylizuje obraz do často jednoduchých a ostře stínovaných ploch, a přináší s sebou techniky jako dithering, který zmíním v pozdější sekci.

Tato úroveň barevného zjednodušení se v určitých aspektech velmi podobá komiksu nebo animační technice *cel shading* – všechny tyto styly sdílejí specifický způsob stínování, často s využitím pouze tří úrovní světla – stín, velká neutrální plocha, a vybrané silně nasvícené detaily (tzv. highlights). S komiksem a tradiční animací sdílí pixel art i časté využití obrysů okolo důležitých objektů. Celkově je tak potlačován realismus a pozornost je směřována na ty nejdůležitější prvky ve scéně.



Obrázek 14: Porovnání: realistické stínování, cel shading, pixel art

Barvy jsou však velice subjektivní a pro každý objekt, scénu a specifické využití se hodí jiná míra omezení barevné palety. Neexistuje žádný předepsaný styl stínování ani sada barev, s výjimkou případu, kdy je cílem věrně reprodukovat vzhled některé ze starých herních konzolí a její předdefinované barevné škály.

Stojí za zmínku, že například v 3D grafice je přístup k barvám a stínování zpravidla zcela opačný – v důsledku realistického stínování a řady komplexních shaderů má každý objekt nespočet různých odstínů a odlesků v závislosti na úhlu světla, vlastnostech materiálu či blízkosti k jiným povrchům. V některých případech se umělci snaží replikovat zmíněný cel shading či komiksový styl ve 3D, což je paradoxně technicky komplexní úkol, na který řada dnešních herních enginů není připravená.

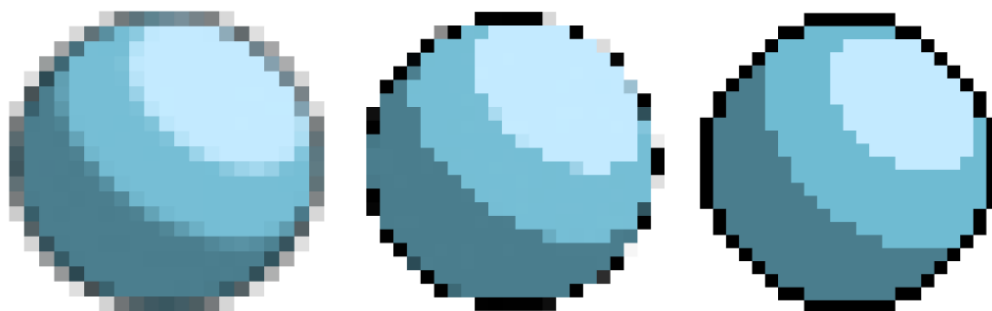
2.2.4 Ruční přístup

Z pohledu umělce je pixel art možná nejvíce charakteristický právě ručním přístupem. Téměř každý jednotlivý pixel v obrázku je umístěn úmyslně a hraje důležitou roli v celkové kompozici. Používají se samozřejmě základní digitální nástroje pro zrychlení repetitivních úkonů – tvorba čáry, výplň plochy, vložení elipsy či obdélníku – ale pro veškeré drobnější

detaily prakticky neexistuje spolehlivý způsob, jak je vyobrazit bez ručního barvení jednotlivých pixelů.

Tento koncept lze přirovnat k malířským stylům jako pointilismus, ale i k tradičním velkým olejomalbám obecně: z jednotlivých tahů štětcem člověk obvykle nic nevypozná, ale s větším odstupem se tahy spojí do jednoho celku, který působí detailně a přesvědčivě. I v pixel artovém obrázku se jediný čtvereček po oddálení dokáže změnit v oko expresivního obličejce nebo vlnu na pobřeží oceánu. Umělec tak musí stále nahlížet na svou práci z mnoha různých úrovní přiblížení, a často zkoušet jediný pixel přebarvit mnohokrát dokola, než zapadne do celku a dotvoří iluzi drobného detailu.

Existují počítačové algoritmy určené pro zmenšování obrázků s co nejvyšší mírou zachování detailu – ani tyto algoritmy však nedosahují stejně čitelných a ostrých výsledků jako ruční pixel art. Následující obrázek porovnává grafiku zmenšenou z vysokého rozlišení dvěma různými algoritmy vedle ručního pixel artu (Obrázek 15).



Obrázek 15: Porovnání: dva různé zmenšovací algoritmy a ruční pixel art

2.2.5 Flexibilita prostředí

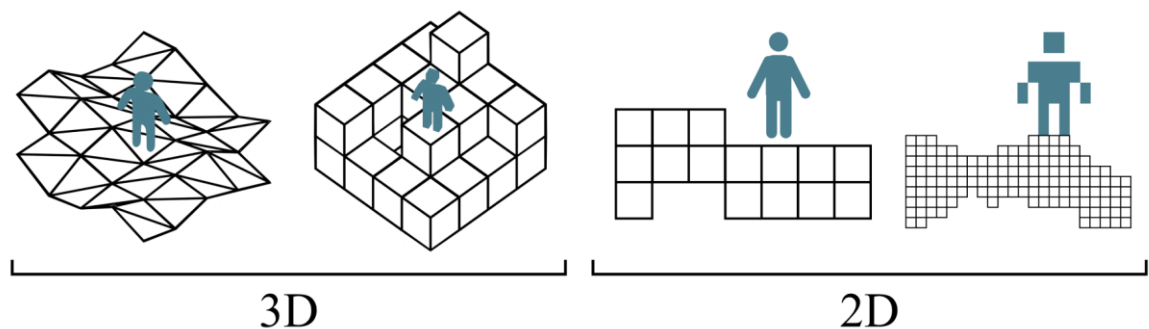
Zajímavým aspektem některých moderních her je široká možnost interakce hráče a herního prostředí. Populární tituly uvedly funkce jako plná možnost destrukce a tvorby terénu hráčem, možnost stavby budov libovolného tvaru, interakce s fyzikální simulací různých materiálů, i více dekorativní efekty jako dynamické poškození objektů nebo deformace země v reakci na výbuchy či otisky bot a kol. Tyto efekty jsou závislé na technologii použité pro prostředí, která je sama silně propojená s vizuálním stylem hry. Například ve 3D hrách se standardně používá terén založený na jediné rovině, která je pouze v různých bodech světa vyvýšená či snižená (*displacement map*) – takový terén se za běhu velmi těžko upravuje a není technicky možné v něm vytvořit vertikální detail jako převis či jeskyni. 2D hry

založené na klasických plošinách sice nemají problém s převisy, zato je však ještě náročnější je za běhu hry volně deformovat a upravovat.

Hry tak používají různé pokročilejší technologie, aby deformace terénu zjednodušily – ve 3D hrách například již zmíněné voxely (*Teardown*) nebo bloky (*Minecraft*), ve 2D hrách pak třeba velké dlaždice, do kterých je svět rozdělený a které se dají snadno přidávat a odebírat (*Terraria*).

S využitím pixel artové grafiky však přibývá ještě jedna atraktivní možnost pro 2D hry: vzhledem k tomu, že již díky volbě stylu je herní obraz rozdělený na relativně snadno zpracovatelné množství čtverečků – pixelů, dá se na stejně velké pixely rozdělit i celý herní terén. Díky tomu lze upravovat terén či simulovat fyziku na stejné úrovni detailů, jako má celý zbytek obrazu hry, a tvořit tak iluzi, že simulace je velice jemná a detailní. Této techniky úspěšně využívá hra *Noita* (2020), o které se v dalších částech budu ještě zmiňovat.

Na následujícím obrázku je přehled zmíněných deformačních technik terénu ve hrách (dvě 3D techniky a dvě 2D techniky)(Obrázek 16).



Obrázek 16: Displacement map, voxely, dlaždice, pixely

2.3 Techniky

K pixel artu patří specifické techniky a způsoby, jakými lze pracovat s limitacemi tohoto stylu a využívat jich. V následujících dvou sekcích popíšu nejprve tradiční techniky, jaké se v pixel artu používaly již téměř od samého počátku v 70. a 80. letech 20. století, a poté moderní techniky, umožněné pokročilým vývojem počítačového hardwaru i softwaru v posledních letech.

2.3.1 Tradiční techniky pixel artu

Tradiční pixel artové techniky se většinou týkají samotných stylových limitací. Jde o metody, jak dosáhnout vysoké úrovně vizuálního detailu, čistého vzhledu a čitelnosti

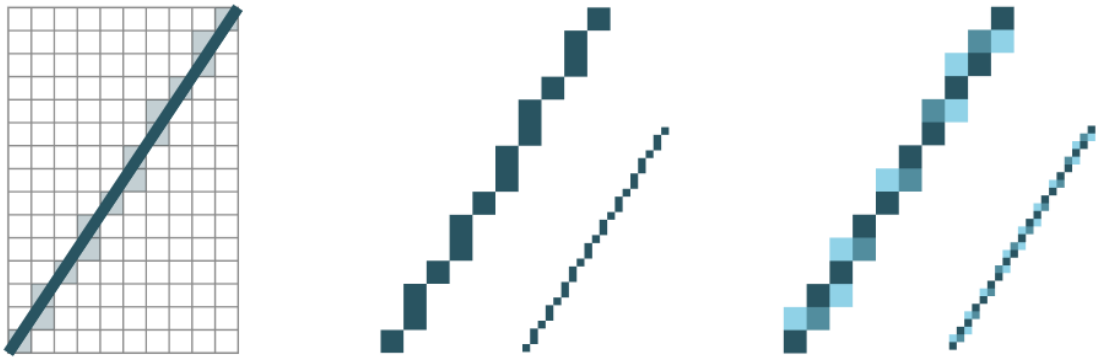
i v malých rozlišeních a počtech barev. Právě omezených barev se týká často využívaný **dithering**. Tato technika se používá pro vytvoření iluze hladkého barevného přechodu mezi dvěma barvami bez nutnosti použití několika dalších barev jako mezistupňů. Funguje na bázi hustoty, podobně jako např. malba rozprašovačem nebo některé typy tisku. V každé části barevného přechodu jsou tak sice umístěny pixely jen dvou barev, ale jejich vzájemný poměr se mění – pokud je v dané oblasti 20 % pixelů zcela červené barvy a 80 % pixelů zcela modré barvy, z dálky oblast působí jako nový, jednolitý odstín fialové odpovídající dvacetiprocentnímu přimíchání červené do modré.

Omezení barevné palety bez použití ditheringu vytváří jasně definované barevné hranice a pruhové přechody mezi odstíny – tzv. **color banding**. Může se jednat o nežádoucí jev, ale i o úmyslnou stylovou volbu – vzhled je pak „čistější“ a blíží se dříve zmíněné technice komiksového *cel shadingu*. Následující obrázek porovnává tři typy barevných přechodů – hladký s využitím 32 barev, color banding s využitím 4 barev, a dithering s využitím stejných 4 barev (Obrázek 17).



Obrázek 17: Porovnání: neomezená paleta, color banding, dithering

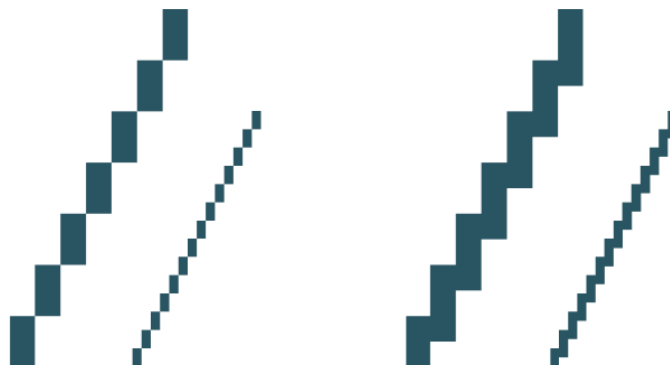
Další důležitou tradiční technikou je **anti-aliasing**. Podobně jako u ditheringu jde o snahu vytvořit detailnější a hladší vzhled, než by jinak s danými omezeními bylo možné. Anti-aliasing se vztahuje na linie a ostré barevné přechody, které nemají pravý úhel (tedy sledují linii, která není rovnoběžná s pixelovou mřížkou). V takovém případě čára může vypadat schodovitě a nerovně. Tomuto nežádoucímu efektu se říká *aliasing*. Pro jeho potlačení se dají do problematických bodů čáry vkládat dodatečné pixely se slabší průhledností, které při pohledu z dálky vytvoří iluzi hladšího tvaru. Následující obrázek porovnává zamýšlený tvar čáry v pixelové mřížce, prostou jednobarevnou linii s nechtěným aliasingem, a linii s přidáním anti-aliasingem. Obě pixelové linie jsou znázorněny i ve zmenšené variantě pro zdůraznění celkového efektu (Obrázek 18).



Obrázek 18: Porovnání: zamýšlená linie, aliasing, anti-aliasing

Anti-aliasing se však v pixel artu někdy nepoužívá vůbec – může působit příliš měkce a zblízka nečitelně, a zvyšuje počet barev v obrázku. Hodí se tak jen pro určité styly a větší rozlišení.

S anti-aliasingem souvisí také koncept **pixel-perfect**. Obecně se tak označují linie, které mají vizuálně rovnoměrnou tloušťku a jejich pixely při změně směru sousedí jen rohem, nikoli stranou. Čáry, které nejsou pixel-perfect, vypadají velice schodovitě a zblízka nečitelně – podobně jako efekt anti-aliasingu, kdyby na všechny pixely aplikoval jen tu nejsilnější barvu. Následující obrázek tento efekt znázorňuje spolu s menší variantou každé čáry pro porovnání (Obrázek 19). Na rozdíl od předchozích technik jsou pixel-perfect čáry takřka vždy žádoucí a přispívají k dobré kvalitě a čitelnosti pixel artu jakékoli velikosti.



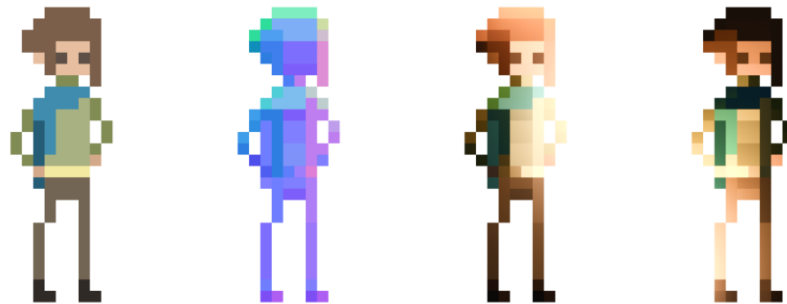
Obrázek 19: Porovnání: pixel-perfect, non-pixel-perfect

2.3.2 Moderní techniky

Novější techniky v pixel artu se většinou již netýkají „obcházení“ technických limitací, ale naopak jejich využívání a kombinaci s pokroky v herních technologiích. Vhodné využití

takových technologií může vytvořit vizuálně velice zajímavý kontrast mezi jednoduchostí pixel artu a komplexností přidaného efektu (Moher, 2022).

Dynamické osvětlení je dnes často k vidění ve 3D i 2D hrách. Pro pixel art je to však komplikovanější proces – vysoká úroveň stylizace a efekt, který má každý pixel na celkový vzhled, znamená, že osvětlení je téměř vždy ručně zakresleno přímo do obrázků nebo je použito ploché světlo. Nové techniky a nástroje však umožňují například kreslení tzv. **normal map**, obrázků, které udávají, jak přesně by mělo vypadat osvětlení z každého směru. Je tak možné spojit ruční, stylizovaný pixel art a dynamicky generované osvětlení za běhu hry. Následující obrázek znázorňuje tento proces: zleva základní neosvětlená postava, její normal mapa, a dva výsledné obrázky – každý dynamicky osvětlený herním enginem z jiné strany (Obrázek 20).



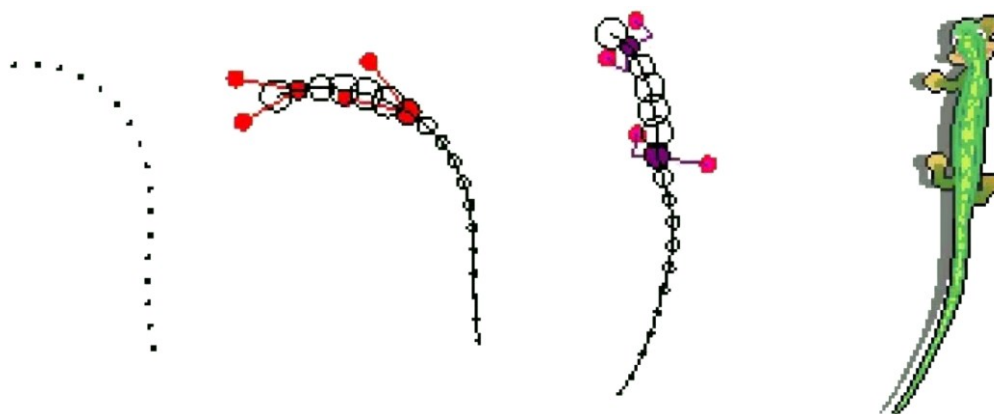
Obrázek 20: Základní obrázek, normal mapa, dva směry osvětlení

Odlesky jsou další metoda, jak dynamicky pracovat se světlem a zvýraznit atmosféru herního světa. V pixel artových hrách s pohledem ze strany se tato technika objevuje poměrně často – celá herní plocha se může zrcadlit např. do vody nebo louže ve spodní části obrazovky pouhým převrácením dvourozměrného obrázku. Efekt zrcadlení je výrazně použit například v titulech *Kingdom* (2015) nebo *Sword & Sworcery* (2011).



Obrázek 21: Zrcadlení na vodě ve hře *Kingdom* (2015)

Méně používanou, avšak velice zajímavou technikou je **procedurální⁶ animace**. Tato komplexní technika zcela mění způsob, jakým se dají rozpohybovat postavy ve hře. Tradičně proces animace vyžaduje dlouhé manuální úsilí a všechny pohyby postav jsou neměnné. Procedurální animace však umožňuje definovat parametry jako délka nohou, pozice kloubů nebo vlastnosti povrchů, na základě nichž program vygeneruje a vykreslí obrázek postavy bez nutnosti ručního zásahu. To může ušetřit velké množství času stráveného tvorbou animací a umožnit postavám, aby dynamicky reagovaly na situace jako počasí, obtížný terén nebo zranění. Z technického hlediska je procedurální animace obtížná na implementaci a většinou se vzácně vyskytuje jen ve 3D hrách, kde je použití abstraktních parametrů jednodušší. Je však aplikovatelná i na 2D hry a zejména pixel art (RujiK, 2020), kde se díky velkým pixelům lépe potlačují drobné chyby ve vygenerované animaci. V takovém kontextu jde o lákavou alternativu k časově náročné a velmi neflexibilní ruční animaci každého snímku.



Obrázek 22: Postup procedurální animace pixel artu v experimentální hře (RujiK, 2018)

Procedurální chování se dá rozšířit i na celý herní svět – fyzikální **simulace** je jednou z velmi silných stránek pixel artového stylu (viz kapitola 2.2.5). Každý pixel v herním prostředí může mít vlastní parametry, fyzikální chování a pravidla pro interakci s jinými materiály. To umožňuje vyobrazit téměř neomezené množství různých situací, se kterými hráč může interagovat s absolutní volností. Takové herní mechaniky staví na přirozené kreativě a na zájmu experimentovat, objevovat a hrát si v rámci komplexního systému postaveného na relativně jednoduchých pravidlech. První hry využívající tyto techniky se objevily mezi lety 2005 a 2010 – *Falling Sand Game / World of Sand* (2005), *Powder Game* (2007),

⁶ Procedurální – v kontextu her a grafiky termín popisuje něco vytvořeného či simulovaného počítačem na základě definovaných pravidel a parametrů, na rozdíl od zcela manuálně vytvořeného obsahu.

The Powder Toy (2010) – které se často samy označovaly spíše jako digitální hračky než hry – veškeré dění a obsah zpočátku prázdné herní plochy v nich udává sám hráč.



Obrázek 23: *Powder Game* (2007)

Z těchto jednoduchých webových her, simulujících pixely padajícího písku, vody, ohně a dalších látek, se později vyvinuly modernější techniky, snažící se spojit volnost a univerzálnost předchozích „pískových her“⁷ s více tradičními herními technikami jako hráčské postavy a určené cíle (Cox, 2019). Populární hrou, která tuto kombinaci technik využívá, je *Noita* (2020), kde hráč v rámci tradiční herní struktury (postava, nepřátelé, skóre, životy, výhra/prohra apod.) musí navigovat svět složený z plně simulovaných pixelů. Titul tak není jen prostou hračkou, ale plnohodnotnou hrou, v níž má výsledek simulace na hráče reálný dopad a tudíž má hráč na chování tohoto simulovaného světa přímý zájem. Hře *Noita* se budu blíže věnovat v sekci konkrétních příkladů (kapitola 2.4.1).



Obrázek 24: Plně simulovaný svět hry *Noita* (2020)

⁷ Anglicky „Falling sand game“ – hráčskou komunitou často používaný název pro tento žánr her

Simulace je pro mě jedním z nejzajímavějších aspektů pixel artu, a jedním z důvodů, proč jsem se rozhodl tento styl využít v praktické části této práce. Velký potenciál vidím zejména v propojení s tematikou změny životního prostředí a v možnosti směřovat zájem hráčů přímo na samotné prostředí okolo nich.

Poslední zajímavou a neobvyklou technikou, kterou bych rád v této sekci zmínil, je koncept **nečtvercových pixelů**, uspořádaných v nepravoúhlé mřížce. Taková technika může mít formu trojúhelníkové či šestiúhelníkové mřížky, diagonálně rozdělené čtvercové mřížky či jiných geometrických vzorců. S pixel artem sdílí všechny základní principy jako ruční přístup a úroveň detailu, ale každé geometrické uspořádání nabízí zcela jinou výslednou estetiku. Například diagonálně rozdělená mřížka („half pixel“) může s minimem přidaného detailu umožnit tvorbu hladkých tvarů a zajímavých úhlů, které by v tradičním čtvercovém pixel artu nebyly možné (Obrázek 25). Přestože je tento styl vizuálně atraktivní a unikátní, jako alternativa k čistému pixel artu pro hry se většinou příliš nehodí, protože herní enginy a grafické karty zpravidla fungují jen na bázi čisté čtvercové mřížky a ostatní tvary se v této mřížce tvoří až při vysokých rozlišeních.



Obrázek 25: Postava ze hry *Celeste* (2018) v originálním pixel artu a v diagonální mřížce vytvořené fanouškem hry (TyrantNomad, 2020)

2.4 Inspirace a příklady současné pixel artové estetiky ve hrách

2.4.1 Noita

(Nolla Games, 2020)

V této populární hře od finského vývojáře Nolla Games se hráč ujímá role čaroděje (finsky *noita*) a má za úkol procházet podzemním světem, plným nepřátel (založených také na finském folklóru). Celá hra je založená na simulaci – jak prostředí, tak i hráčových kouzel

a lektvarů. Všechny tyto prvky mají vlastní pravidla a vlastnosti, a tvoří systémy, které spolu na bázi těchto pravidel interagují. Hráč může svá kouzla libovolně měnit a tvořit nová s pomocí jednoduchých stavebních bloků udávajících vlastnosti, chování a efekty každého magického projektilu. Tento systém se podobá velmi zjednodušené formě programování a u komplexnějších kouzel musí hráč přemýšlet nad delšími sekvencemi efektů, které se postupně na kouzlo aplikují.



Obrázek 26: Příklad sestavených efektů kouzla ve hře *Noita* (2020)

Samotné prostředí se řídí podobnými pravidly, ale hráč jej může ovlivňovat pouze nepřímo. Motto hry je „Every pixel is simulated“ (každý pixel je simulovaný) a hra opravdu každému pixelu přiřazuje vlastní materiál a způsoby reakce na okolní podněty. Hráč může například poškodit dřevěnou nádrž s hořlavinou, která začne vytékat a po zapálení poškodí nepřátele pod nádobou. Oheň se pak ale může rozšířit i zpět na nádobu, způsobit explozi, která zcela změní část herní mapy, nebo může vysokou teplotou ovlivnit nedaleký led, který po roztání oheň uhasí. Všechny tyto interakce jsou jen výsledkem předem daných pravidel (hořlavost tekutiny a dřeva, teplota ohně, tání ledu) a hráč nemá nad situací téměř žádnou kontrolu kromě prvního podnětu, který řetězovou reakci způsobí. Dle vývojářů je *Noita* inspirována konceptem *Falling sand game*, který jsem popsal v předcházející části práce (Cox, 2019).



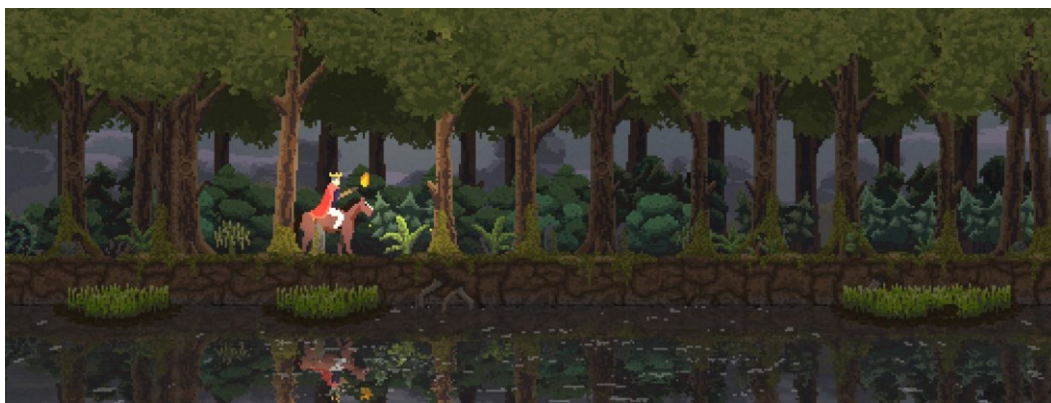
Obrázek 27: Interakce plynu, ohně a ledu ve hře *Noita* (2020)

Noita je pro mou práci jednou z hlavních inspirací, a to jak ve vizuálním stylu, tak ve využití pixel artu jako perfektního média pro simulaci herního prostředí. Dle mého názoru se autorům hry povedlo z prostředí udělat samostatnou entitu, element, se kterým hráči musí počítat a naučit se jeho procesy respektovat. Tento model interakce plánuji použít i ve své hře a posílit tak téma interakcí člověka a životního prostředí, kterým se má práce zabývat.

2.4.2 Kingdom

(Noio, 2015)

Kingdom je mechanicky minimalistická hra pro jednoho (v základní hře) či dva (v edici *Two Crowns* (2018)) hráče, ve které je cílem spravovat malé království pomocí přerozdělování zlatých mincí mezi poddané, aby mohli pomáhat při stavbě, farmářství a obraně. Hra je zpracovaná z pohledu ze strany (*side-scrolling*) a hráč se tak může pohybovat jen doleva nebo doprava. Často je tak obtížné vědět, co se děje na druhé straně království, než se hráč zrovna nachází, protože je vždy vidět jen úzká část herního prostoru. Hra je velice atmosférická a pomocí moderního pixel artu vykresluje scény ze všech denních a ročních dob a různých prostředí jako hluboké lesy, louky či hráčův hrad.



Obrázek 28: Atmosférické prostředí hry *Kingdom* (2015)

Kingdom je pro mou práci inspirací hlavně ve vizuálním stylu, který působí čistě, živě, a efektivně využívá moderní techniky jako dynamické světlo a ikonické odlesky ve vodě, která teče přes celý herní prostor.

2.4.3 Sword & Sworcery⁸

(Capybara Games / Superbrothers, 2011)

Jednou z prvních her využívajících moderní pixel art namísto jeho retro varianty byla hra *Superbrothers: Sword & Sworcery EP*. Tato hra původně vyšla na zařízení iOS jako příběhová puzzle adventura a přinesla několik inovativních prvků – například aktivaci bojového módu pomocí otočení samotného telefonu či tabletu, nebo moderní a minimální UI s vysokým rozlišením, které vizuálně stojí zcela mimo pixelový herní svět. Využívá (v té době pro pixel art neobvyklé) prvky jako dynamické odlesky ve vodě, kombinaci pixelových a nepixelových efektů, hladký pohyb kamery, a samotné zařízení jako herní prvek.



Obrázek 29: Minimalistické UI hry *Sword & Sworcery* (2011)

Hra je pro mě inspirací zejména ve svém pojetí uživatelského rozhraní a v zaměření na silný vizuální styl jako hlavní prvek.

2.5 Závěr

Po studiu a porovnání široké škály herních estetik a stylů jsem se rozhodl pro vizuální provedení své hry zvolit pixel art, a to z několika důvodů zmíněných v této kapitole. Jedná se zejména o možnosti fyzikální simulace, které mi pomohou simulovat komplexní prostředí a ekosystém, a o jednotnost detailů, díky níž mohu experimentovat s procedurální generací rostlin, animací i herního světa v jednotném stylu s ručně tvořenými prvky. Mimo to je pro

⁸ Zkrácený název ze *Superbrothers: Sword & Sworcery EP*. Jinde v této práci jen *Sword & Sworcery*.

mě osobně pixel art atraktivním stylem a jeho moderní varianty a techniky jsou mi příjemnou alternativou ke klasickým, vizuálně více vyčerpávajícím stylům.

V poslední řadě jde i o praktickou volbu – zvláště pro tvorbu interaktivního dema, které je součástí práce, je potřeba velké množství času a pro můj jedno- či dvoučlenný tým nabízí pixel art časové ušetření jak při tvorbě grafiky do hry, tak při snaze technicky optimalizovat demo, aby běželo plynule na všech zařízeních.

Díky zkoumání úspěšných herních titulů, zejména *Noita* (2020), jsem měl možnost se inspirovat v inovativních způsobech využití pixel artu a na těchto vědomostech mohu postavit způsoby vlastní, které finálnímu konceptu a demu dodají vysokou míru přidané hodnoty.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 KONCEPT HRY REVENANT EARTH

Na základě teoretického výzkumu jsem vytvořil koncept hry s názvem *Revenant Earth* (možno volně přeložit jako Oživlá Země, Zmrtvýchvstalá Země), a zaměřit se na moderní pixel artovou grafiku v post-civilizačním sci-fi prostředí.

V této kapitole popíšu základní koncept hry a proces tvorby jednotlivých nápadů, stejně jako vizuální koncepty (*concept art*). Některé z těchto konceptů jsou následně využity v kapitole 4 (Hratelná demoverze), jiné zůstávají pouze ve fázi návrhu či plánu do budoucího vývoje hry.

3.1 Hlavní idea a cíle

Hlavním motivem hry je obnova životního prostředí v opuštěných, až pochmurných scénách a místech. Hráč je v herním světě převážnou většinu času sám a je zde umístěn s jasným cílem (obnova prostředí), který může volným způsobem plnit. Překážkami jsou zpočátku toxická a neobyvatelná atmosféra, občasný výskyt robotických nepřátel a samotná hráčova schopnost efektivně hledat zdroje a cesty k plnění cíle.

Hra si klade za cíl, aby hráč po dokončení získal větší respekt k životnímu prostředí v reálném světě, aby si hraním hry osvojil některé klíčové principy, kterými se reálné životní prostředí mění k lepšímu i k horšímu, a v neposlední řadě aby si hru užil jako zábavnou a potenciálně obohacující zkušenost.

3.1.1 Cílová skupina

Cílovou skupinou jsou hráči, kteří již mají alespoň základní zkušenosti s videohrami, mají zájem do hry investovat pozornost, a dokáží se sami orientovat v dvourozměrném, otevřeném světě bez jasně vytyčené cesty k finálnímu cíli.

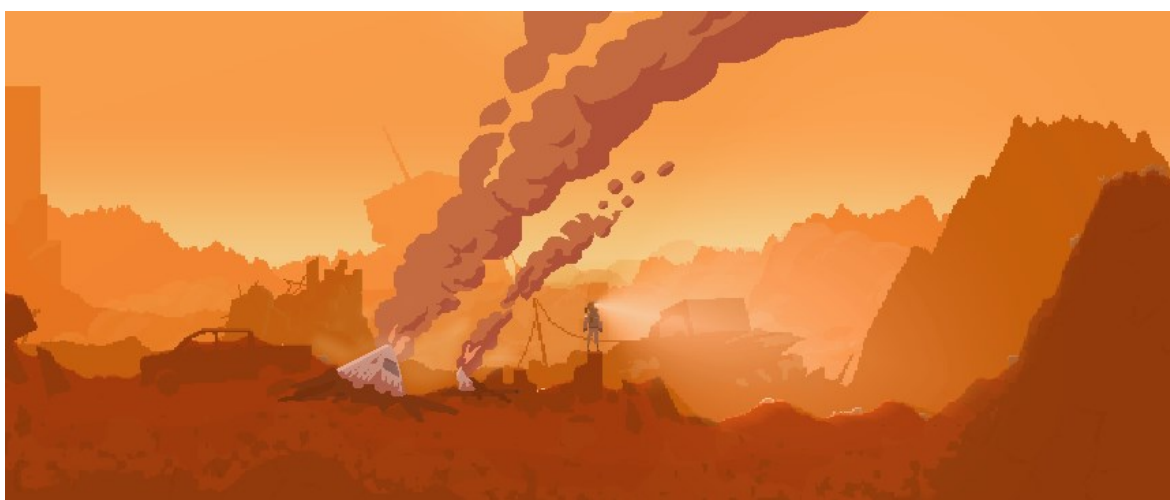
V kombinaci s touto skupinou jsou cílovým publikem také zejména zájemci o téma životního prostředí, sci-fi, komplexního worldbuildingu, a hráči hledající volnější, pomalejší herní titul např. pro relaxační hraní.

3.2 Příběh a svět hry

Hra je zasazená do fiktivní budoucnosti, kdy lidstvo nezodpovědně vyčerpalo většinu zdrojů na Zemi a zcela zničilo přírodu a životní prostředí. V důsledku toho unikli zbývající lidé do vesmíru a na začátku děje hry žijí převážně v orbitálních stanicích na oběžné dráze Země.

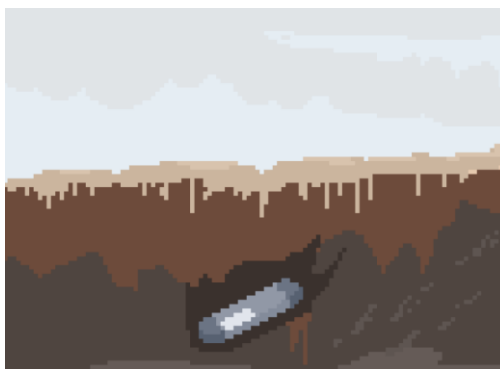
Po několika desítkách let vesmírného přežívání je proveden poslední pokus o vrácení planety do obyvatelného stavu – na povrch Země je poslán agent (hráčova postava) s cílem zjistit stav na povrchu a najít potenciální místa pro znovuuvedení života do toxického prostředí.

Hra začíná momentem přistání tohoto agenta na povrch. Prostředí je odhaleno jako zcela bez života, bez dýchatelného vzduchu či funkčního počasí. Vizually je v této úvodní sekvenci prostředí stylizováno, aby připomínalo dnešní Mars, čímž je hráčovi přiblížena a zdůrazněna míra poškození planety a absence života. Prvním úkolem hráče v tomto prostředí je přežít – nemůže se vzdálit od přistávací kapsle kvůli omezené zásobě kyslíku, a musí vytvořit bezpečnou zónu, odkud může vyrážet na průzkum okolí.



Obrázek 30: Koncept scény z úvodní části hry při dopadu na povrch Země

V další fázi hry nachází hráč časovou kapsli se semínky rostlin – jako jeden z dlouhodobých úkolů musí tyto základní rostliny kultivovat ve vhodném místě, a pomocí nich postupně filtrovat okolní atmosféru a zpřístupňovat další místa a komplexnější flóru, která vyžaduje příznivější podmínky pro růst.



Obrázek 31: Pohřbená časová kapsle

V rámci průzkumu světa je hráčovi postupně odhalena řada událostí, které se na jednotlivých místech staly a způsobily environmentální katastrofy. Nachází například sežehnutá bojiště z intenzivní války o zdroje, přerostlé industriální komplexy produkující toxické odpadní plyny, opuštěná města, vrakoviště, skládky, ropné vrty a další lokace ilustrující problémy moderního lidstva dohnané do extrému.



Obrázek 32: Počáteční koncept scény opuštěných ropných vrtů

V průběhu hraní hráč postupně kolonizuje tato místa přírodou, zkrášluje je, vrací jim život, barvu a obyvatelnost. Akce provedené na jednotlivých místech mají vliv na celý souvislý herní svět a v určitých bodech se například do atmosféry vrátí dýchací vzduch, cyklus deště, vítr, a další aspekty měnící prostředí zpět v klasický obrázek Země namísto Marsu.

Po dosažení vytyčeného cíle obnovy prostředí je hráč odměněn scénami návratu lidstva na povrch Země a má možnost se projít po nyní revitalizovaném prostředí, které sám od základu vybudoval.

3.2.1 Postavy, organizace, a konflikty zájmů

Projekt obnovy Země je v příběhu hry pro lidstvo extrémně důležitým a zčásti i kontroverzním tématem. Po útěku z planety se s lidstvem do vesmíru přesunuly i existující korporátní struktury, zkorumpované vlády, a extremistické skupiny, které, zatímco hráč plní své úkoly dole na Zemi, procházejí vlastními dějovými linkami na vesmírných stanicích. O tomto dění se hráč dozvídá skrze dálkové komunikační kanály, a od různých skupin mu je nabízena řada často protichůdných úkolů, po jejichž splnění hráč může získat spojení v těchto skupinách, a získat tak například kapsle se zdroji, poslané výměnou z vesmíru.

Obecný zájem lidstva obnovit životní prostředí Země je ve hře reprezentován fiktivní organizací UNERA spadající pod Organizaci spojených národů. Hráčova postava je zaměstnancem této organizace a v úvodní fázi hry dostává a plní pouze její úkoly. UNERA (a celkově OSN) je ve hře vyobrazena jako dobromyslná, silně organizovaná, avšak místy neefektivní instituce, která často potřebuje podporu jiných vlivných skupin, aby mohla pokračovat v drahém a náročném projektu revitalizace Země.



Obrázek 33: Logo fiktivní organizace UNERA, která hráčovi dává hlavní úkoly

Důležitou sekundární skupinou jsou pak různé firmy, korporace a megakorporace, jejichž vliv často přerůstá oficiální kapacity vesmírných vlád a OSN. Ty však nemají vždy zájem posouvat stav Země k lepšímu pro dobro lidstva – snaží se vydělat co nejvíce ze situace a často přemlouvají hráče k tomu, aby plnil neproduktivní či vyloženě kontraproduktivní úkoly, například obnovení provozu toxické elektrárny pro výzkumné účely korporací ve vesmíru. Za plnění těchto úkolů hráčovi nabízejí lákavé odměny, a je tak na každém hráči, jak moc si dovolí takto hazardovat s „temnou stranou“.

3.3 Počáteční proces tvorby

První idea pro hru vznikla v podobě jednoduchého simulátoru růstu stromů, který jsem vytvořil jako osobní projekt v roce 2022. Tento webový generátor tvoří náhodné tvary stromů a vykresluje je jako pixel art. Při tvorbě generátoru jsem dostal inspiraci jej expandovat do celé hry, jejíž centrální mechanikou by bylo sázení a růst stromů. Z tohoto nápadu se později vyvinula hra Revenant Earth, kde hráč pomocí sázení stromů a dalších rostlin oživuje prostředí planety Země.



Obrázek 34: Jednoduchý generátor stromů z roku 2022

Následně vytvořené vizuální koncepty již pak měly velmi blízko k dnešnímu formátu hry s prostředím, hráčem a dalšími mechanikami.



Obrázek 35: Jeden z prvních obrázkových konceptů samotné hry

V průběhu roku 2023 jsem pracoval zároveň na demoverzi i na vylepšování konceptů, přičemž v určitém bodě se stalo hratelné demo hlavním prezentačním nástrojem a koncepty oproti němu získaly menší význam. Samotné demo je graficky prezentováno se všemi důležitými efekty a vizuálními prvky, které se vyskytují i v pozdějších konceptech.



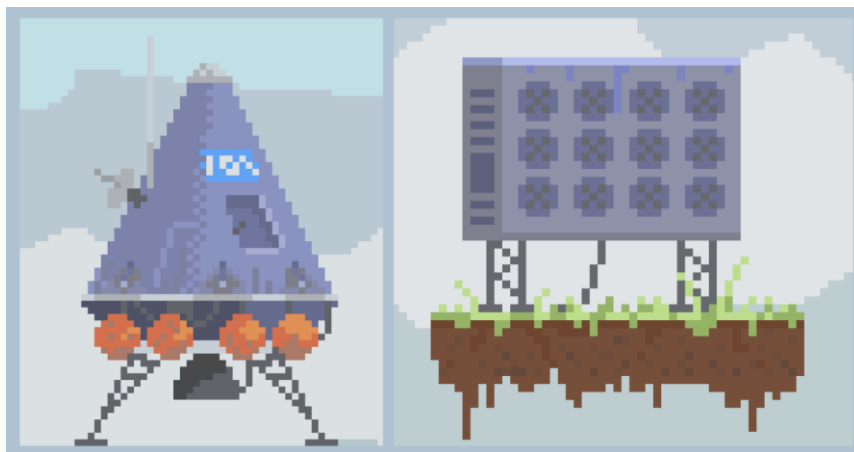
Obrázek 36: Brzká varianta dema, stále bez hráče



Obrázek 37: Vizuální koncept z pokročilejší fáze vývoje hry

3.4 Herní mechaniky

V souladu s příběhem jsou hlavními mechanikami hry průzkum terénu, přežívání v neobyvatelném prostředí, hledání zdrojů a semínek rostlin, a jejich následná kultivace. Hráč může dále stavět vlastní budovy a stroje, například zařízení na filtraci atmosféry nebo větrné generátory.



Obrázek 38: Koncept hráčových budov, přistávací modul a filtrační zařízení

Jak hráč postupuje hrou, zlepšuje okolo sebe stav atmosféry a ta se stává více dýchatelnou, což se reflektuje i na vybavení samotné hlavní postavy. Pro přežití toxického prostředí na začátku hry je postava zpočátku oblečena do těžkého skafandru, který postupně může odlehčovat s vyšší mírou dýchatelnosti vzduchu.



Obrázek 39: Postupné odlehčování skafandru hráče

Postava, kterou si hráč na začátku hry vytvoří (s možností přizpůsobení pohlaví, barvy a stylu vlasů, tónu pleti apod.), se tak reálně ukáže až jako odměna za úspěchy ve hře. Je tak záměrně vytvořen lehký pocit zklamání při prvním přistání na planetu a zjištění reálného stavu prostředí, a zároveň dodatečná motivace toto prostředí zlepšovat.

3.4.1 Nepřátelé

Hra je zamýšlena převážně jako klidná zkušenost, kde hráč může prozkoumávat terén vlastním tempem a často i musí čekat, než mu například vyrostou stromy nebo se odfiltruje oblast pro další postup. Jde tak většinou o konflikt člověka se samotným prostředím. V určitých bodech ale hra má elementy aktivních nepřátel, autonomních bojových robotů, kteří v rámci příběhu zůstali na povrchu planety po řadě destruktivních válek a i po odchodu posledních lidí stále hledají cíle, na které by mohli útočit a plnit tak své původní programy.

S postupem hrou se oblasti hráčovy aktivity stávají obyvatelnějšími pro člověka, stoupá jim míra kyslíku, vlhkost ovzduší a normální vzory počasí. Tím se však také stávají méně obyvatelnými pro roboty a drony, kteří preferují suché a sterilní prostředí bez rizika rzi, opotřebení a mechanických vad. Budou se tak převážně vyskytovat v neprozkoumaných oblastech jako přidané nebezpečí při průzkumu, ale jakmile hráč rozšíří svou obyvatelnou biosféru do těchto míst, roboti se jim začnou vyhýbat a přesunou se jinam. Neslouží tak jako riziko pro hráčovy postavené budovy a zasazené rostliny, nýbrž jen pro samotného hráče, pokud dojde příliš daleko od bezpečí.

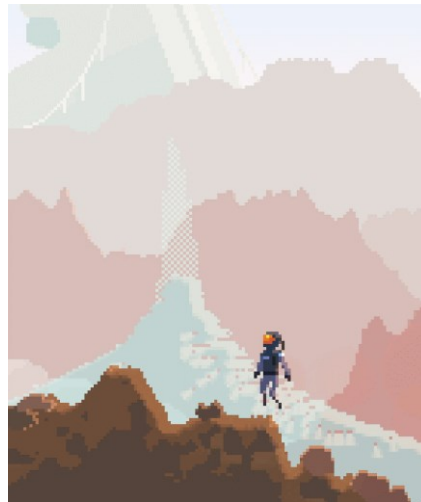


Obrázek 40: Koncept autonomních robotických nepřátel, vlevo pozemní, vpravo vzdušný dron

3.4.2 Úprava terénu a simulace

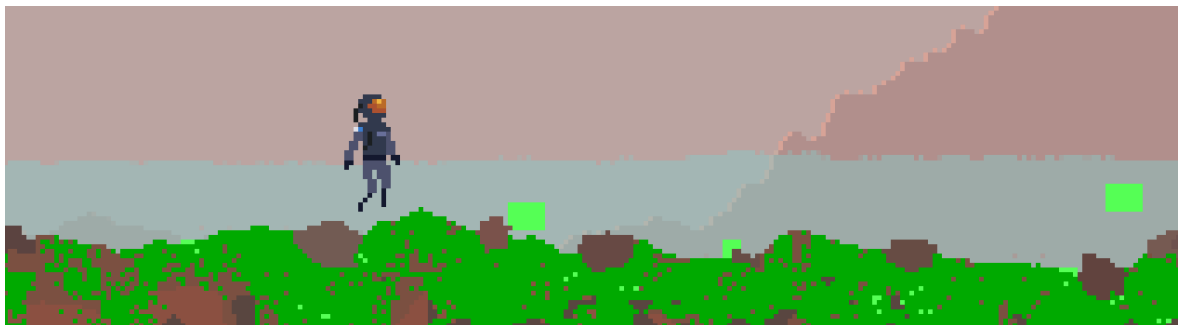
Hráč má pro teraformaci Země k dispozici řadu nástrojů a může upravovat i samotný terén okolo sebe. Každý pixel terénu má vlastní parametry a vlastnosti, a je možné jej volně přidávat a odebrat. Některé materiály jsou i fyzikálně simulovány, například písek a voda, které jsou ovlivněny gravitací a sypou se či stékají po okolních pixelech. Voda se navíc může vsáknout do hlíny, což je důležitá mechanika i pro růst stromů a dalších rostlin. Do samotné

hlíny nestačí zasadit semínko a čekat, až vyroste – je potřeba zajistit, že půda má dostatek živin, vlhkosti, a že není toxicky znečištěná.



Obrázek 41: Hráč pokládající zdroj tekoucí vody do herního světa

Hráč má také k dispozici různé zobrazovací režimy, kdy kromě barev terénu může vidět například zvýrazněnou mapu vlhkosti půdy, množství minerálů, toxicitu atmosféry a další důležité veličiny.



Obrázek 42: Zobrazovací režim kvality půdy

3.5 Vzhled a rozhraní

Hra je navržena v moderním 2D pixel artovém stylu, s kombinací ručně kreslených elementů a procedurálně generovaného terénu. Využívá technologie jako odlesky ve vodě, dynamické osvětlení a stíny, pozadí s efektem parallax, a dynamickou atmosféru. Většina vizuálních aspektů světa se v průběhu hry může výrazně změnit, a posílit tak dojem velkého rozdílu mezi počátečním, marsovským prostředím, a finální obyvatelnou podobou na konci hry.

3.5.1 Vizuální styl světa

Herní mapa je jeden souvislý svět rozložený v dlouhém, horizontálním formátu, a hráč se tak pohybuje převážně v této ose, zatímco vertikální detail je v terénu spíše potlačen. Za hlavní herní plochou se v pozadí vyskytuje několik grafických vrstev, které se posouvají s perspektivní rychlostí úměrnou vzdálenosti, dosahují tak tzv. parallax efektu, tedy iluze trojrozměrného světa.

Pozadí je také důležitý prvek vyprávění. Vizuálně výrazná a hustá atmosféra překrývá vzdálené vrstvy terénu a dává hráčovi jasně najevo, v jakém stavu je ovzduší v místě, kde se právě nachází. Postupně přejde od tmavých, vyprahlých, oranžových tónů přes šedé odstíny až po nám známé modré zbarvení, které má čistý vzduch na Zemi.



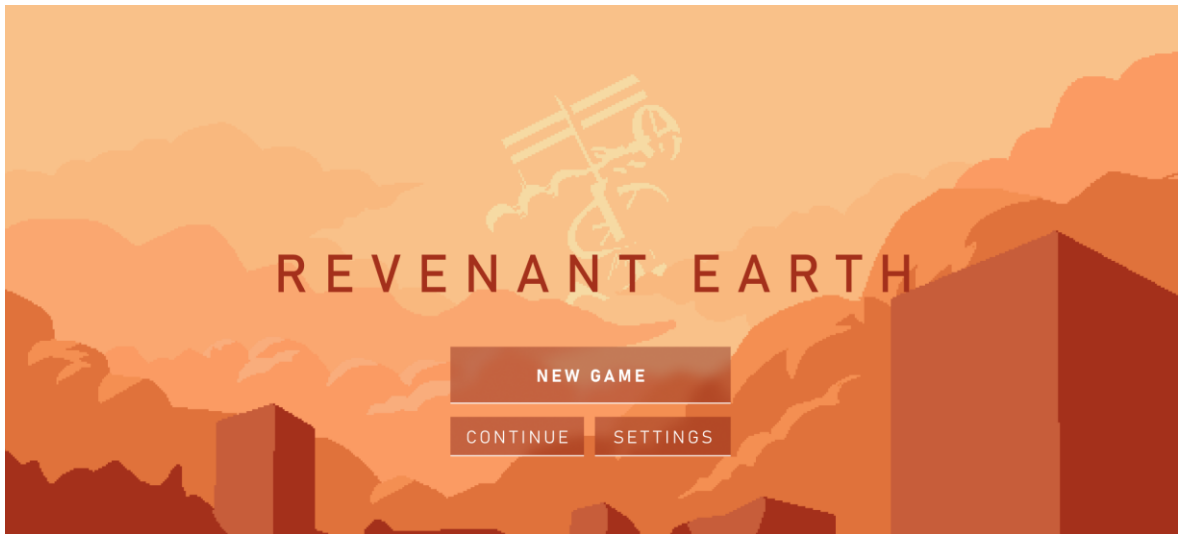
Obrázek 43: Koncept různých atmosférických podmínek ve hře

V pozadí se vyskytují ruiny budov, vypovídající o příběhu každého místa. Opuštěná města jsou například převážně zachovalá, zatímco zničená bojiště mají jen těžce poškozené základy budov.



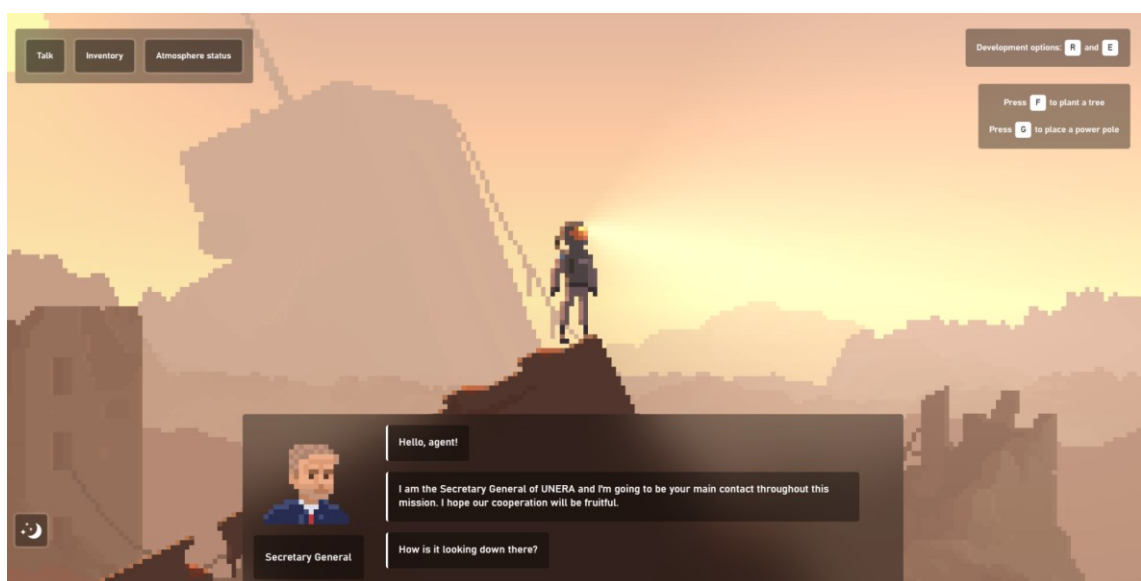
Obrázek 44: Budovy, které se můžou objevit v pozadí opuštěného města

3.5.2 Uživatelské rozhraní



Obrázek 45: Hlavní menu hry

Uživatelské rozhraní (UI) je koncipováno jako velice jednoduché, vizuálně čisté, a zcela odpoutané od samotného herního světa. Je založeno na monochromatických tmavých panelech, které ignorují pixel artový styl herní grafiky a existují v abstraktní vrstvě nad samotnou hrou. UI využívá vektorovou grafiku, lehce zaoblené rohy, a jemný efekt průhlednosti s rozostřeným pozadím. Barevná paleta je většinou jen bílá na černé, s výjimkami pro zdůraznění prvků, které mají nějakou souvislost s herním světem, například názvy postav či lokací, zmíněných v textovém dialogu.



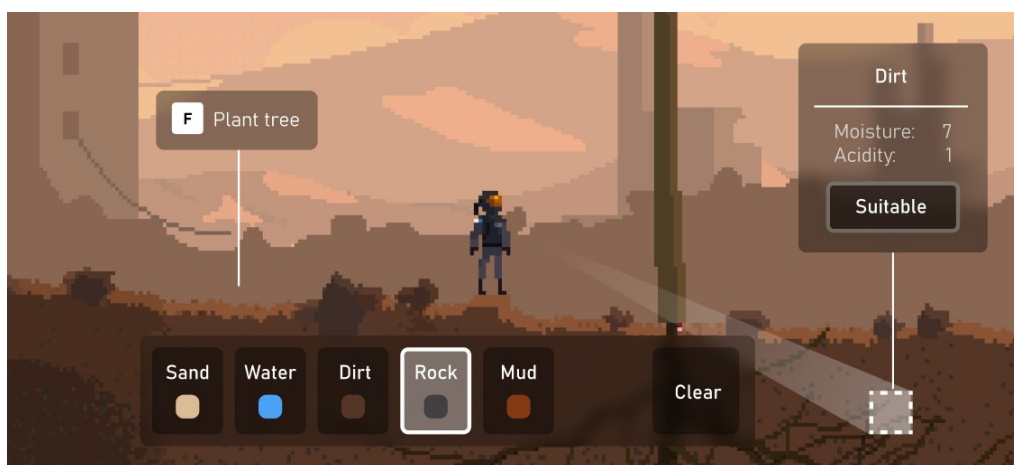
Obrázek 46: Uživatelské rozhraní hry a dialogu ve vývoji

Komunikace z herními postavami je prováděna skrz dialogové okno na spodu obrazovky, které postupně ukazuje textové zprávy od postav, a v případě oboustranného dialogu nabízí výběrník odpovědí, kterými hráč může reagovat na dotazy herních postav.

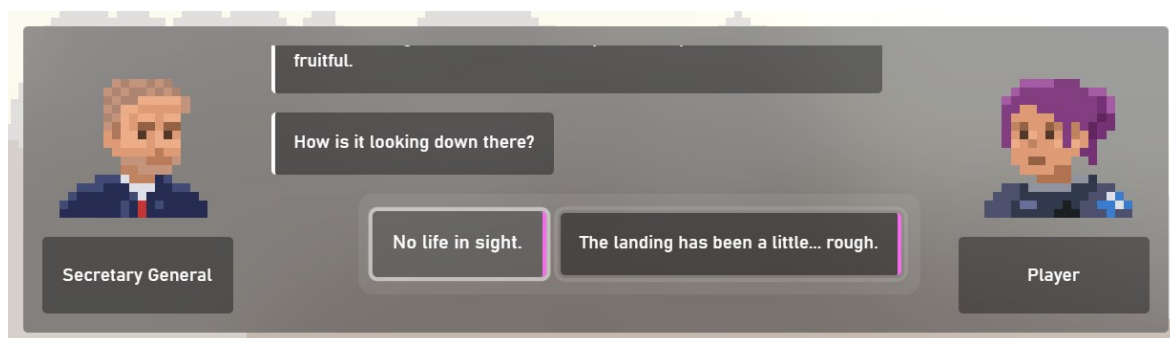
V případě, že některý element UI není zrovna používán, např. indikátor života postavy v situacích, kde nehrozí žádné nebezpečí, je obvykle schován mimo pohled a minimalizuje tak vizuální zátěž rozhraní i prostor, který by panely mohly ubírat pohledu do samotné hry.



Obrázek 47: Rozbalovací panely s informacemi o postavě a o stavu atmosféry



Obrázek 48: Rozhraní úpravy terénu



Obrázek 49: Oboustranný dialog a možnosti odpovědí

4 HRATELNÁ DEMOVERZE

Klíčovou součástí projektu Revenant Earth je i vývoj hratelného funkčního prototypu (dema), který ukazuje zásadní herní mechaniky a grafické techniky v interaktivním formátu. V této sekci popíšu postupný vývoj prototypu, rozdíly mezi konceptem a prototypem, a technická řešení některých aspektů hratelné verze hry.

4.1 Cíle a limitace demoverze

Demoverze slouží jako ukázka mechanik a grafických technik, které v textové či statické obrázkové podobě nelze plně prezentovat. Zároveň slouží jako robustní základ pro potenciální budoucí vývoj hry do plnohodnotného produktu, a jako takový je tvořen s rozšiřitelností a upravitelností jako důležitými principy.

Hratelný prototyp však neobsahuje zdaleka všechny zamýšlený obsah hry, nemá systém postupu příběhem, nemá mechaniku pro cíl ani konec, obsahuje jen omezený výběr lokací, objektů, nepřátel, rostlin, dialogů a dalšího herního obsahu. Většina klíčových technických funkcí však v prototypu existuje, jako například funkční simulace terénu a vody, dynamický růst rostlin, grafické techniky jako osvětlení a odlesky, pohyb herním světem, procedurální generace či cyklus dne a noci.

4.2 Zvolené technologie

4.2.1 Webový prohlížeč

Jako cílovou platformu pro vývoj prototypu (a v budoucnu případně i samotné hry) jsem zvolil webový prohlížeč, resp. Kombinaci technologií HTML, CSS a JavaScript (JS). Důvodem je velké množství vývojářských zkušeností, které s tímto prostředím již mám, a zároveň jeho přístupnost a univerzálnost. Demo je přístupné jako webová stránka na jakémkoli zařízení s dostatečně moderním prohlížečem, a pro hraní není nutné stahovat, instalovat ani dlouze načítat žádné soubory na disk. Jedinou limitací je hardwarový výkon počítače, což na slabších strojích může vést k pomalé či trhavé snímkové frekvenci.

4.2.2 TypeScript

TypeScript (TS) je nadstavba nad webový programovací jazyk JavaScript. Umožňuje přehledný, robustní vývoj webových aplikací, a běží na jakémkoli zařízení, které podporuje JavaScript, což je dnes prakticky každý prohlížeč. Téměř všechny herní kód je napsaný

v TypeScriptu, včetně chování postavy, generace terénu, interaktivity uživatelského rozhraní a dalších funkcí.

```
8 export class Entity {
9     static graphic: Container;
10    static toUpdate: Set<Entity> = new Set();
11    static tempToUpdate: Set<Entity> = new Set();
12    parent: Entity | undefined;
13    position: Vector;
14    angle: number;
15    graphics: Container;
16    tooltip: GuiTooltip;
17    hovered = false;
18    culling = false;
19    cullExtend = 100;
20    removed = false;
21    constructor(graphics: Container, position: Vector, parent?: Entity | Container,
22                this.graphics = graphics;
23                this.position = position;
24                this.angle = angle;
25                if (parent) {
26                    if (parent instanceof Entity) {
27                        this.parent = parent;
28                        this.parent.graphics.addChild(this.graphics);
29                    }
30                    else {
31                        parent.addChild(this.graphics);
32                    }
33                } else {
34                    Entity.graphic.addChild(this.graphics);
35                }
36                this.queueUpdate();
37            }
38
39    protected cullDisplay() {
40        if (this.position.x > Camera.position.x + Camera.width + this.cullExtend ||
41            else this.graphics.visible = true;
42    }
43
44    protected updatePosition() {
45        if (this.removed) return;
46        const pos = this.position.result().round();
47        if (this.parent)
48            this.graphics.position.set(pos.x, pos.y);
```

Obrázek 50: Náhled herního kódu v TypeScriptu (kód definující jeden ze základních objektů hry, tzv. Entitu)

4.2.3 Pixi.js

Pixi.js je programovací knihovna pro JS a TS, zjednodušující grafické vykreslování objektů na obrazovku. Díky použití knihovny není nutné ručně psát funkce, které by pixel po pixelu na obrazovku vykreslily každý obrázek hry, a je možné místo toho použít existující funkce,

kteřé se o nižší, více technické úkony postarají samy. Má struktury jako Graphics, pro vykreslování libovolných vektorových tvarů, Sprite, pro vykreslování pixelových obrázků, nebo Filter, pro aplikaci shaderových efektů. Každý snímek se celá obrazovka vyprázdní a pak postupně zaplní vykreslenými herními objekty a efekty, než se snímek zobrazí na obrazovce po dobu šedesátiny sekundy a hned se vykreslí další.

```
7   export class DebugDraw {
8       static graphics: Graphics;
9       static clear() {
10          this.graphics.clear();
11      }
12
13      static drawCircle(position: Vector, radius: number, color: ColorSource) {
14          this.graphics.lineStyle({ color: color, width: 2 });
15          this.graphics.drawCircle(...this.toLocal(position), radius);
16      }
17
18      static drawLine(from: Vector, to: Vector, color: ColorSource) {
19          this.graphics.lineStyle({ color: color, width: 2 });
20          this.graphics.moveTo(...this.toLocal(from));
21          this.graphics.lineTo(...this.toLocal(to));
22      }
23
24      static toLocal(position: Vector) {
25          return new Vector(position.x - Camera.position.x, (- position.y + Camer
26      }
27 }
```

Obrázek 51: Náhled části kódu, která interaguje s třídou Graphics knihovny PIXI.js

4.2.4 GLSL shadery

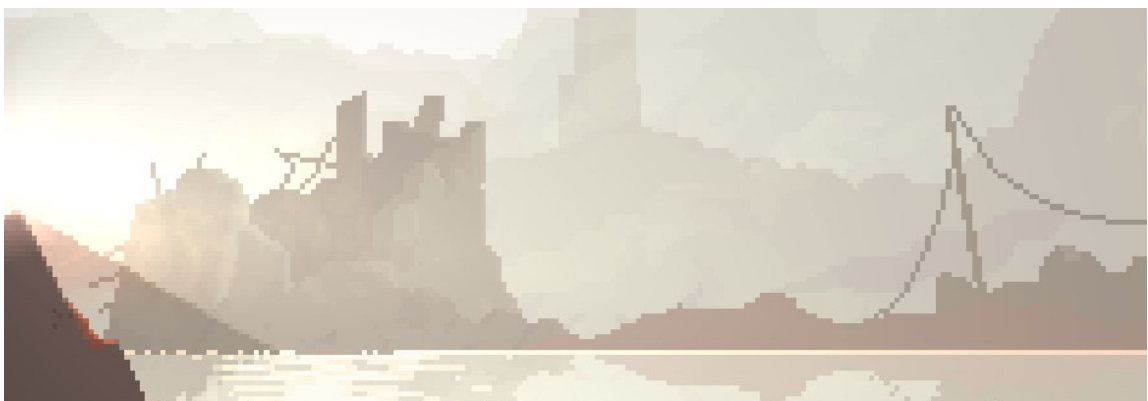
Pro náročnější grafické efekty využívá hra programů v jazyce GLSL, tedy shaderů. Výhoda těchto shaderů je, že se na rozdíl od normálního kódu spouští na grafické kartě počítače – což je mnohonásobně rychlejší a efektivnější pro náročné operace prováděné nespočetněkrát za sekundu pro tisíce až desetitisíce pixelů najednou. Díky tomu je možné vytvořit komplexní efekty pracující s texturami, okolními pixely, procedurálními vzory a jakýmkoli dalšími výpočty pro jednotlivé pixely.

Kód v jazyce GLSL je techničtější a méně abstraktní než v jazyce TypeScript, a programy vyžadují přísnější kontrolu kvality a efektivity, protože každá chyba nebo zdržení v programu se ve finále provede více než milionkrát každou sekundu.

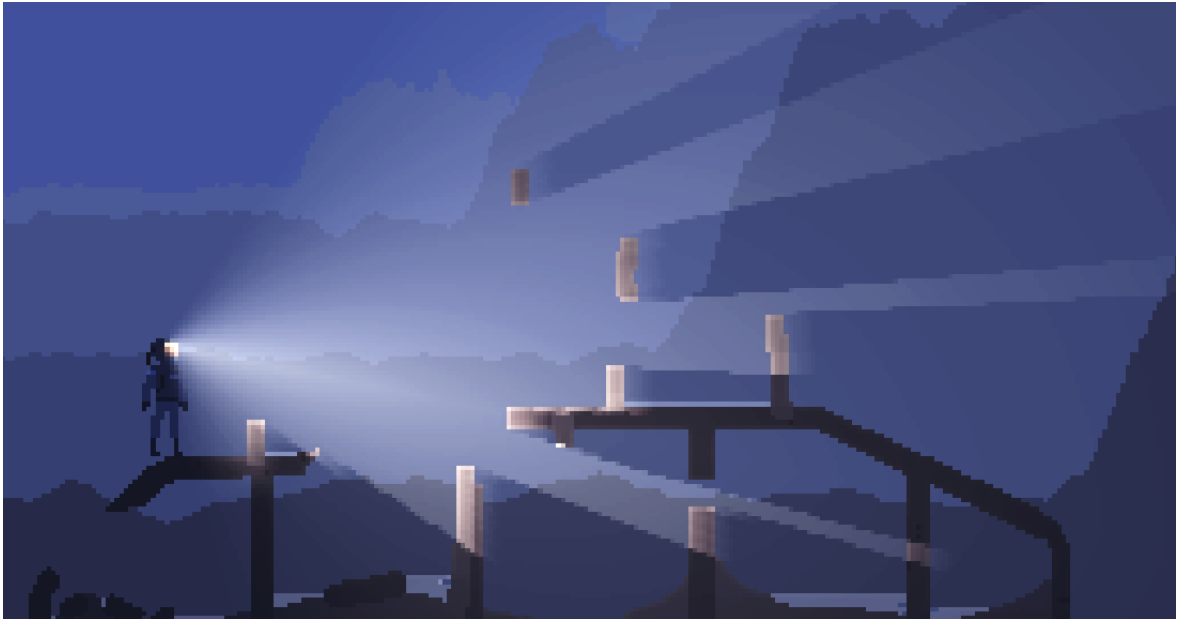
```
62 void main(void) {
63     vec3 lightMap = vec3(.0);
64     for(int i = 0; i < lightAmount; i++) {
65         Light l = ulights[i];
66
67         vec2 off = (l.position - vTextureCoord) / uPixelSize / l.range;
68         float angle = map(atan(off.y, off.x), -PI, PI, 0., 1.);
69         float shadowDist = texelFetch(shadowMap, ivec2(int(angle * float(angleRes)),
70 //float shadowDist = texture(shadowMap, vec2((angle), (i))).g;
71
72         float dis = length(off);
73         float disLinear = nClamp(1. - dis);
74         float distanceFalloff = disLinear * disLinear;
75
76         vec2 targetDir = vec2(cos(l.angle), sin(l.angle));
77         float angleOffset = (acos(clamp(dot(normalize(off), (targetDir)), -1., 1.)));
78         float angularFalloff = nClamp(smoothstep(l.width, -l.width, angleOffset));
79
80         vec3 addition = distanceFalloff * angularFalloff * l.color * 6.;
81         addition *= 1. - nClamp((dis - shadowDist) * .1 * l.range) * shadowStrength;
82
83         lightMap += addition;
84     }
85
86     color = vec4(lightMap, 1.);
87
88 }
89
```

Obrázek 52: Kód shaderu, zodpovědného za osvětlení

Shadery jsou v Revenant Earth využity převážně na speciální efekty, ale i další vykreslovací operace: Dynamická světla, stíny, odlesky a refrakce ve vodě, výpočet normal map, i vykreslování oblohy a atmosférických efektů v pozadí. Dokonce i vykreslování celého terénu v popředí hry je kompletně řízeno shaderem.



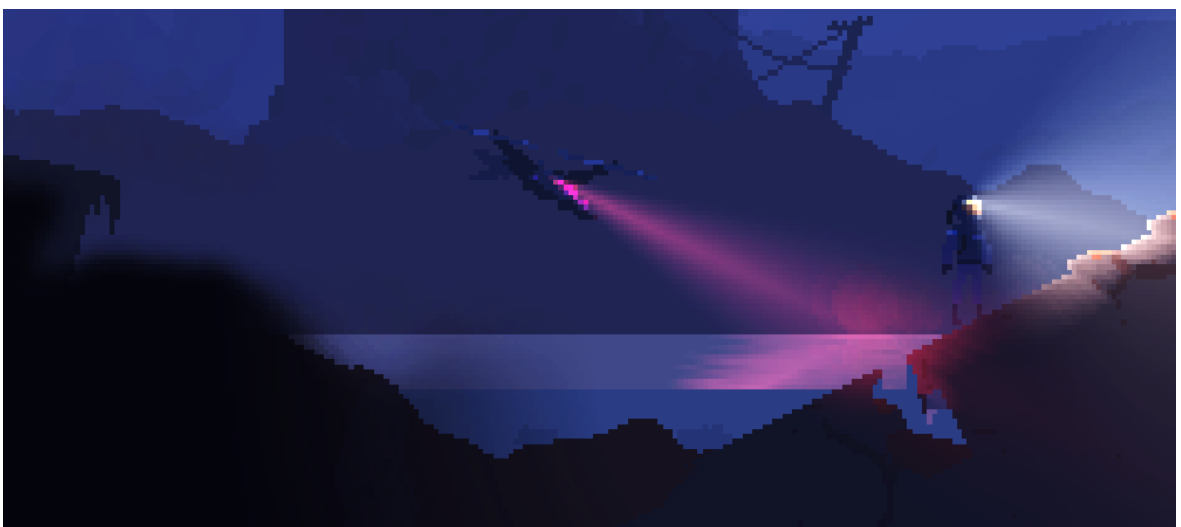
Obrázek 53: Dynamické odlesky na hladině vody



Obrázek 54: Shader pro vykreslování stínů a světel



Obrázek 55: Shader podvodní refrakce a světelných paprsků



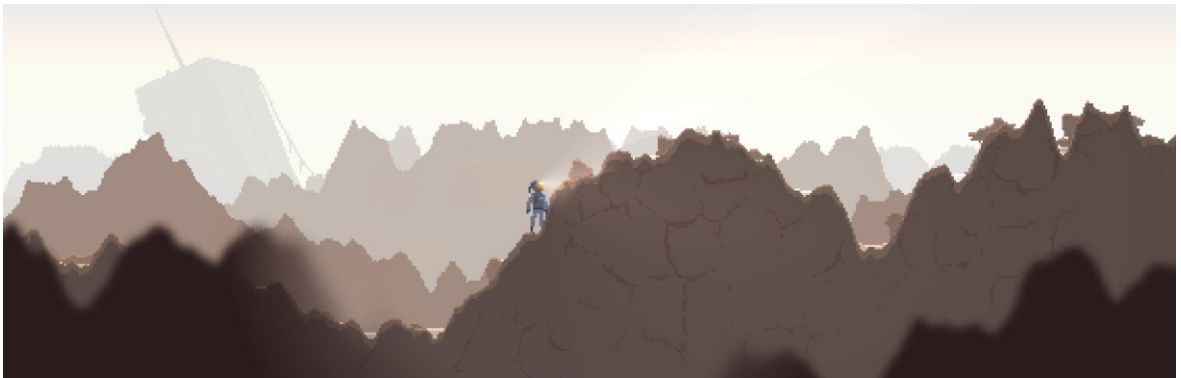
Obrázek 56: Světlo robotického nepřítele při pronásledování hráče

4.3 Herní svět a objekty

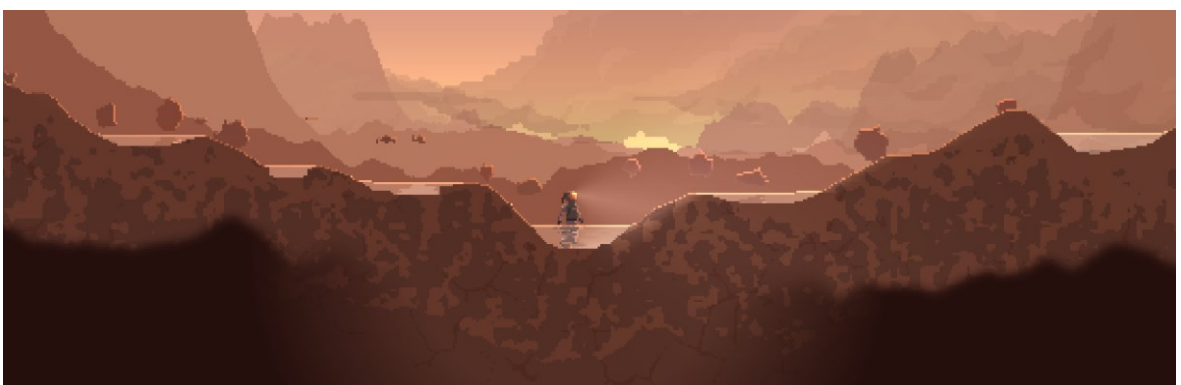
4.3.1 Prostředí

Terén hry se skládá z obrovské mřížky simulovaných pixelů, z níž je vždy vidět jen malý úsek – ale všechny pixely, i mimo obrazovku, jsou vždy simulované. To vytváří velké požadavky na efektivitu algoritmu, který musí zpracovávat jen to nejmenší nutné množství dat a operací pro každý pixel. Zejména pro technickou optimalizaci této části a efektivnější strukturu projektu jsem využil asistence externího programátora.

Terén hra pokládá procedurálně, a každý průběh hry je tak unikátní. Pravidla pro terén jsou definována v „biomech“, zónách s různými vlastnostmi, povrchy, vzhledem, ovzduším i s vlastní sadou ruin v pozadí.



Obrázek 57: Biom s hornatým povrchem



Obrázek 58: Biom bažinatého údolí

4.3.2 Rostliny

Velmi důležitým elementem hry jsou stromy a další rostliny, které hráč postupně sází po světě a čistí tak půdu i vzduch. Již od zmíněné první verze generátoru, který vedl k tvorbě

této hry, byly stromy procedurálně generované na základě sady pravidel pro každý druh stromu. Generátor stromů v prototypu Revenant Earth dále staví na tomto principu. Růst každé rostliny je vždy unikátní a je ovlivněn nejen druhem semínka, ale i podmínkami v půdě, ovzduším a dalšími faktory, které rozhodují, jak silný a vysoký strom nakonec bude. Zároveň jsou simulována všechna stadia růstu, takže již od zasazení strom opravdu vypadá jako mladá rostlina a ne jen jako zmenšená verze dospělého stromu.



Obrázek 59: Různá stadia růstu jednoho typu stromu

V průběhu vývoje demoverze prošly stromy mnoha různými variantami a jsou stále ve vývoji – jedná se o velice komplexní i výpočetně náročnou simulaci. Je možné, že v blízké vývojové verzi živého dema se vzhled stromů ještě výrazně změní.



Obrázek 60: Různé předchozí pokusy o generátor stromů

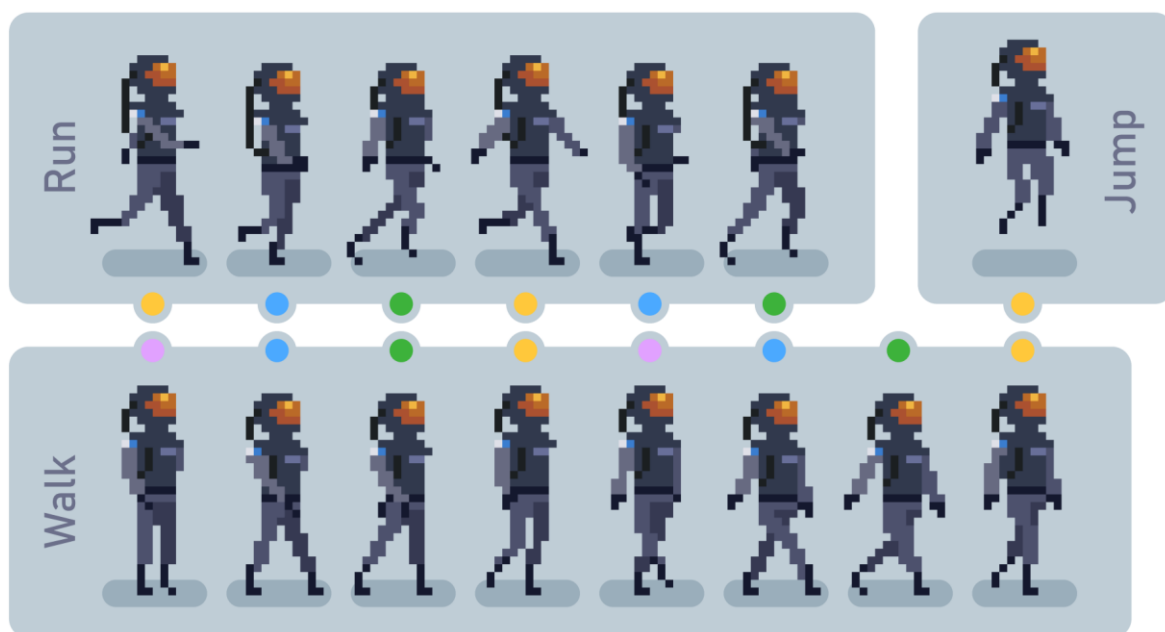


Obrázek 61: Jehličnatý typ stromu

4.3.3 Hráč a nepřátelé

V prototypu hry se vyskytují jen dva druhy aktivních entit: hráčova postava a agresivní droni, kteří patrolují předem daná místa na mapě a po spatření hráče jej do určité vzdálenosti pronásledují.

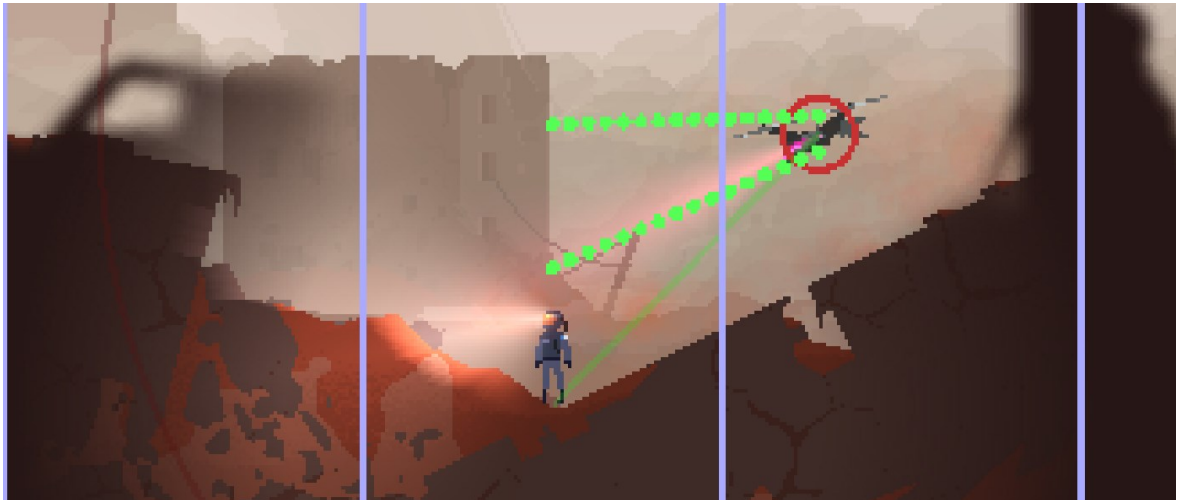
Hráč je ve hře vždy jen jeden (jedná se tedy o *single player* hru) a jeho postava je ovládána klávesnicí (pohyb pomocí WASD, sprint pomocí Shift). Při pohybu má postava ručně kreslenou animaci chůze, běhu, skoku a dalších akcí. Hráč může ve své blízkosti manipulovat terén pomocí tlačítek myši, a to jak přidáváním, tak odebráním pixelů.



Obrázek 62: Jednotlivé snímky animace hráčovy postavy

Nepřátelé v prototypu mají podobu létajících dronů, plně kontrolovaných rozhodovacím algoritmem. Kromě funkce pronásledování hráče mají droni také systém vyhýbání kolizím, režim nečinnosti, kdy patrolují dané body, a vše vykreslují do vývojářského nástroje, který ukazuje užitečná data o jejich rozhodování.

V demu zatím není implementovaný žádný systém poškození nebo útoků, takže dron ve vývojové verzi jen pronásleduje hráče a neútočí. V pozdější verzi budou útoky přidány.



Obrázek 63: Vývojové rozhraní ukazující dráhu drona a kontrolní body pro vyhýbání kolizím

5 BUDOUCNOST PROJEKTU A MARKETING

Hru plánuji v budoucnu dále vyvíjet a z dema udělat plnohodnotný produkt, který naplno využije potenciál tématu a přidá další obsah. Propagovat hru by se dalo několika způsoby:

- Dlouhodobá publikace vývojářského blogu (*devlog*, *dev diary*), který by veřejně dokumentoval proces tvorby hry v průběhu samotného vývoje
- Publikace úseků ze hry na sociálních sítích, např. v komunitě Reddit
- Umístění hry na itch.io, online obchod pro nezávislé vývojáře
- Umístění hry na Steam, mainstreamový online obchod pro všechny typy her – dostat hru na Steam ale není tak jednoduché, jako jinde, a samo o sobě málo pomáhá propagaci



Obrázek 64: Koncept příspěvku na sociálních médiích pro propagaci hry

Další vývoj hry by probíhal ve směru rozšiřování obsahu, zejména přidání více lokací, úkolů, dialogů, postav, a reálného cílového úkolu a koncové scény ve hře.

ZÁVĚR

Práce na konceptu a prototypu videohry Revenant Earth pro mě byla extrémně přínosnou zkušeností. Získal jsem mnoho nových teoretických i praktických znalostí nejen o hrách a game designu, ale i o vizuálním designu obecně a v neposlední řadě i o životním prostředí v reálném světě. Vývoj hry je časově velice náročný úkon, a již jen vývoj herního dema ve mně upevnil silný respekt ke všem, zejména však samostatným, vývojářům videoher, kteří své dílo dovedli do zdárného konce.

Práci na praktické části jsem získal zcela nové zkušenosti jako práce se shadery, ruční animace pixel artu a design komplexního herního rozhraní. Tyto zkušenosti v budoucnu plánuji dále rozšiřovat a dále stavět na výsledcích tohoto projektu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

PÖRTNER, Hans-Otto, et al., 2022. Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. IPCC Sixth Assessment Report, 37-118.

OUARIACHI, Tania, et al., 2019. A framework for climate change engagement through video games. *Environmental Education Research*, 25.5: 701-716.

ABRAHAM, Benjamin J.; JAYEMANNE, Darshana, 2017. Where are all the climate change games? Locating digital games' response to climate change. *Transformations*.

DAVIS, Michael A., 2022. An overview of environmental themes in the video game industry. *The Geographical Bulletin*, 63(2), 97-108.

COOK, Dave, 2014. Rain World: a ray of indie sunshine in a murky January – interview. VG247. 2014-01-22 [online, cit. 2023-04-08] Dostupné z: <https://www.vg247.com/rain-world-a-ray-of-indie-sunshine-in-a-murky-january-interview>

WU, Jason S.; LEE, Joey J., 2015. Climate change games as tools for education and engagement. *Nature Climate Change*, 5.5: 413-418.

ROBINSON, Jennifer; AUSUBEL, Jesse H., 1983. A Game Framework for Scenario Generation for the CO2 Issue. *Simulation & Games*, 14.3: 317-344.

WHYTE, ANNE VT., 1985. SCOPE 27-Climate Impact Assessment. SCOPE 27 Climate Impact Assessment-Studies of the Interaction of Climate and Society.

EISENACK, Klaus, 2013. A Climate Change Board Game for Interdisciplinary Communication and Education. *Simulation & Gaming*, 44(2-3), 328-348.

FINANCES ONLINE, 2023. Number of Gamers Worldwide 2022/2023: Demographics, Statistics, and Predictions. [online, cit. 2023-04-08] Dostupné z: <https://financesonline.com/number-of-gamers-worldwide/>

GRAHN, E., 2013. A study in GUI aesthetics for modern pixel art games. (Dissertation).

MONTFORT, Nick; BOGOST, Ian, 2009. Random and raster: display technologies and the development of videogames. *IEEE Annals of the History of Computing*, 31.3: 34-43.

LEE, Cindy; DILLON, Roberto (ed.), 2020. Best Practices for Pixel Art. *The digital gaming handbook*, 275-285 CRC Press.

MOHER, Aidan, 2022. The Pixel Art Revolution Will Be Televised. Wired. 2022-01-04 [online, cit. 2023-04-08] Dostupné z: <https://www.wired.com/story/modern-pixel-art-games/>

STOREY, Andy, 2020. Why Are So Many NFTs Pixelated? Poster Grind. 2020-03-04 [online, cit. 2023-04-08] Dostupné z: <https://postergrind.com/why-are-so-many-nfts-pixelated/>

SILBER, Daniel, 2015. Pixel art for game developers. CRC Press.

ALACHUA COUNTY LIBRARY DISTRICT, 2020. Intro to Cross-Stitch. [online, cit. 2023-04-08] Dostupné z: <https://www.aclib.us/blog/intro-cross-stitch>

RujiK, 2020. *Generating Monsters : BEAST SOCKET Devlog 01*. [YouTube] 2020-06-27 [online, cit. 2023-04-08] Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=z_fmMD-Gazw

RujiK, 2018. *Here is a QUICK explanation for my procedural animations that several people asked for. Hope it helps! #gamemaker #procgen*. [Twitter] 2018-03-02 [online, cit. 2023-04-08] Dostupné z: <https://twitter.com/TheRujik/status/969581641680195585>

COX, Matt, 2019. From falling sand to Falling Everything: the simulation games that inspired Noita. Rock Paper Shotgun. 2019-10-10 [online, cit. 2023-04-08] Dostupné z: <https://www.rockpapershotgun.com/from-falling-sand-to-falling-everything-the-simulation-games-that-inspired-noita>

TyrandNomad, 2020. *Honestly wish something like this half-pixel-inclusive style got popular among traditional pixel artists (as well as a similar counterpart for voxel art too)...* [Twitter] 2018-07-02 [online, cit. 2023-04-08] Dostupné z: <https://twitter.com/TyrandNomad/status/1278805659195256833>

SEZNAM ODKAZOVANÝCH VIDEOHER

- Clim 'way*. 2008. Adobe Flash [videohra]. Cap Sciences
- Cities: Skylines*. 2015. Windows [videohra]. Paradox Interactive
- Factorio*. 2020. Windows [videohra]. Wube Software
- Terra Nil*. 2023. Windows [videohra]. Devolver Digital
- The Planet Crafter*. 2022 [předběžné vydání]. Windows [videohra]. Miju Games
- Rain World*. 2017. Windows [videohra]. Adult Swim Games
- Space Invaders*. 1978. Arkáda [videohra]. Taito
- Pac-Man*. 1980. Arkáda [videohra]. Namco
- The Legend of Zelda*. 1986. NES [videohra]. Nintendo
- Terraria*. 2011. Windows [videohra]. Re-Logic
- Doom*. 1993. MS-DOS [videohra]. id Software
- Octopath Traveler*. 2018. Nintendo Switch [videohra]. Square Enix
- Minecraft*. 2011. Windows [videohra]. Mojang Studios
- Teardown*. 2022. Windows [videohra]. Tuxedo Labs
- Noita*. 2020. Windows [videohra]. Nolla Games
- Kingdom*. 2015. Windows [videohra]. Raw Fury
- Superbrothers: Sword & Sworcery EP*. 2011. iPad [videohra]. Capybara Games
- Falling Sand Game*. 2005. Java [videohra]. DOFI-BLOG
- Powder Game*. 2007. HTML / prohlížeč [videohra]. DAN-BALL
- The Powder Toy*. 2010. Windows [videohra]. Stanislaw K. Skowronek
- Celeste*. 2018. Windows [videohra]. Matt Makes Games

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

NES Nintendo Entertainment System

UI (*User Interface*) Uživatelské rozhraní

GUI (*Graphical User Interface*) Grafické uživatelské rozhraní

OSN Organizace spojených národů

UNERA (*United Nations Earth Restoration Agency*) Fiktivní dceřiná instituce OSN v příběhu hry Revenant Earth, s cílem obnovy životního prostředí Země

HTML Hypertext Markup Language – jazyk pro kódování obsahu webové stránky

CSS Cascading Style Sheets – jazyk pro kódování vzhledu webové stránky

JS JavaScript – jazyk pro kódování chování webové stránky

TS TypeScript – jazyk pro kódování chování webové stránky

GLSL OpenGL Shading Language – jazyk pro programování shaderů

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: <i>Keep Cool</i> (2004)	12
Obrázek 2: <i>Clim 'way</i> (2015).....	13
Obrázek 3: Znečištění řeky v <i>Cities: Skylines</i> (2015).....	15
Obrázek 4: Systém znečištění ve <i>Factorio</i> (2020).....	16
Obrázek 5: <i>Terra Nil</i> (2023)	17
Obrázek 6: Postup teraformace v <i>The Planet Crafter</i> (2022 – předběžné vydání).....	18
Obrázek 7: Interakce s predátory v prostředí hry <i>Rain World</i> (2017)	19
Obrázek 8: Křížkové vyšívání (Alachua County Library District, 2020).....	20
Obrázek 9: Hra <i>The Legend of Zelda</i> (1986) na systému NES.....	21
Obrázek 10: <i>Terraria</i> (2011), hra s klasickým pohledem ze strany	22
Obrázek 11: 2.5D pixel art ve hře <i>Octopath Traveler</i> (2018)	23
Obrázek 12: Fyzikální voxely ve hře <i>Teardown</i> (2022)	23
Obrázek 13: Stejná scéna vyobrazená ve vektorové grafice a v pixel artu.....	24
Obrázek 14: Porovnání: realistické stínování, cel shading, pixel art.....	25
Obrázek 15: Porovnání: dva různé zmenšovací algoritmy a ruční pixel art.....	26
Obrázek 16: Displacement map, voxely, dlaždice, pixely.....	27
Obrázek 17: Porovnání: neomezená paleta, color banding, dithering	28
Obrázek 18: Porovnání: zamýšlená linie, aliasing, anti-aliasing	29
Obrázek 19: Porovnání: pixel-perfect, non-pixel-perfect	29
Obrázek 20: Základní obrázek, normal mapa, dva směry osvětlení.....	30
Obrázek 21: Zrcadlení na vodě ve hře <i>Kingdom</i> (2015).....	30
Obrázek 22: Postup procedurální animace pixel artu v experimentální hře (RujiK, 2018).31	
Obrázek 23: <i>Powder Game</i> (2007)	32
Obrázek 24: Plně simulovaný svět hry <i>Noita</i> (2020).....	32
Obrázek 25: Postava ze hry <i>Celeste</i> (2018) v originálním pixel artu a v diagonální mřížce vytvořené fanouškem hry (TyrantNomad, 2020)	33
Obrázek 26: Příklad sestavených efektů kouzla ve hře <i>Noita</i> (2020).....	34
Obrázek 27: Interakce plynu, ohně a ledu ve hře <i>Noita</i> (2020).....	34
Obrázek 28: Atmosférické prostředí hry <i>Kingdom</i> (2015)	35
Obrázek 29: Minimalistické UI hry <i>Sword & Sworcery</i> (2011).....	36
Obrázek 30: Koncept scény z úvodní části hry při dopadu na povrch Země	40
Obrázek 31: Pohřbená časová kapsle.....	40
Obrázek 32: Počáteční koncept scény opuštěných ropných vrtů.....	41
Obrázek 33: Logo fiktivní organizace UNERA, která hráčovi dává hlavní úkoly.....	42

Obrázek 34: Jednoduchý generátor stromů z roku 2022	43
Obrázek 35: Jeden z prvních obrázkových konceptů samotné hry	43
Obrázek 36: Brzká varianta dema, stále bez hráče	44
Obrázek 37: Vizuální koncept z pokročilejší fáze vývoje hry	44
Obrázek 38: Koncept hráčových budov, přistávací modul a filtrační zařízení.....	45
Obrázek 39: Postupné odlehčování skafandru hráče	45
Obrázek 40: Koncept autonomních robotických nepřátel, vlevo pozemní, vpravo vzdušný dron	46
Obrázek 41: Hráč pokládající zdroj tekoucí vody do herního světa.....	47
Obrázek 42: Zobrazovací režim kvality půdy.....	47
Obrázek 43: Koncept různých atmosférických podmínek ve hře.....	48
Obrázek 44: Budovy, které se můžou objevit v pozadí opuštěného města.....	48
Obrázek 45: Hlavní menu hry.....	49
Obrázek 46: Uživatelské rozhraní hry a dialogu ve vývoji	49
Obrázek 47: Rozbalovací panely s informacemi o postavě a o stavu atmosféry.....	50
Obrázek 48: Rozhraní úpravy terénu	50
Obrázek 49: Oboustranný dialog a možnosti odpovědí.....	50
Obrázek 50: Náhled herního kódu v TypeScriptu (kód definující jeden ze základních objektů hry, tzv. Entitu)	52
Obrázek 51: Náhled části kódu, která interaguje s třídou Graphics knihovny Pixi.js	53
Obrázek 52: Kód shaderu, zodpovědného za osvětlení	54
Obrázek 53: Dynamické odlesky na hladině vody	54
Obrázek 54: Shader pro vykreslování stínů a světel.....	55
Obrázek 55: Shader podvodní refrakce a světelných paprsků	55
Obrázek 56: Světlo robotického nepřítele při pronásledování hráče	55
Obrázek 57: Biom s hornatým povrchem	56
Obrázek 58: Biom bažinatého údolí	56
Obrázek 59: Různá stadia růstu jednoho typu stromu	57
Obrázek 60: Různé předchozí pokusy o generátor stromů	57
Obrázek 61: Jehličnatý typ stromu	58
Obrázek 62: Jednotlivé snímky animace hráčovy postavy.....	58
Obrázek 63: Vývojové rozhraní ukazující dráhu drona a kontrolní body pro vyhýbání kolizím	59
Obrázek 64: Příklad příspěvku na sociálních médiích pro propagaci hry	60