

# **Design vesmírné těžařské lodi a jeho variace pomocí umělé inteligence**

BcA. Vojtěch Štajer

Diplomová práce

2023

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta multimediálních komunikací  
Game Design

Akademický rok: 2022/2023

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **BcA. Vojtěch Štajer**  
Osobní číslo: **K21451**  
Studijní program: **N0212A310007 Multimédia a design**  
Specializace: **Game Design**  
Forma studia: **Prezenční**  
Téma práce: **Concept Design: výzkum vizuálních stylů napříč žánry**

## Zásady pro vypracování

1. Rešerše k tématu
  2. Analýza pro zpracování tématu
  3. Variantní návrhy řešení
  4. Postup zpracování vybraných variant řešení
- a) teoretická část v rozsahu 30 -35 normostran textu  
b) prototyp nebo funkční model podle charakteru projektu a konzultace s vedoucím práce  
c) grafická prezentace v rozsahu minimálně 2m<sup>2</sup>

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

Seznam doporučené literatury:

MELISSINOS, Chris a Patrick O'ROURKE. The art of video games from Pac-Man to Mass Effect. 2012. ISBN 9781599621104.  
JIRKOVSKÝ, Jan a kolektiv. Game industry: vývoj počítačových her a kapitoly z herního průmyslu. 2011. ISBN 978-80-904387-1-2.

BENDO VÁ, Helena. Umění počítačových her. 2016. ISBN 9788073314217.

SCHREIER, Jason. Krev, pot a pixely. 2019. ISBN 978-807577824.

SHELL, Jesse. The Art of Game Design: The Book of Lenses. 2019. ISBN 978-1138632059.

Vedoucí diplomové práce: **MgA. Tomáš Grussmann**  
Game Design

Datum zadání diplomové práce: **1. prosince 2022**

Termín odevzdání diplomové práce: **19. května 2023**



---

**Mgr. Josef Kocourek, Ph.D.**  
děkan

---

**MgA. Pavel Novák**  
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: .....

Jméno a příjmení studenta: .....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Práce je zaměřená na designování těžařské vesmírné lodi, která je zasazena do resource management hry. Návrh vychází z existujících prototypů a práce má také za úkol přiblížit skutečný proces těžby asteroidů. Ve druhé části projektu vytvářím variace designu pomocí umělé inteligence.

Klíčová slova: concept design, asteroidy, umělá inteligence, generátory obrázků, vesmír, sci-fi

## **ABSTRACT**

The work is focused on the design of a mining spaceship that is set in a resource management game. The design is based on existing prototypes and the work also aims to approach the actual process of asteroid mining. In the second part of the project, I create variations of the design using artificial intelligence.

Key words: concept design, asteroids, artificial intelligence, image generators, space, sci-fi

Rád bych poděkoval MgA. Tomášovi Grussmannovi za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích. Také bych chtěl poděkovat mé milované přítelkyni Natálii Volfové za korekturu textu a neskonalou podporu, bez které bych tuto práci nemohl dokončit.

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

# OBSAH

## ÚVOD

### I TEORETICKÁ ČÁST

<b>1</b>	<b>CONCEPT DESIGN</b> .....	<b>11</b>
1.1	CONCEPT DESIGN VS CONCEPT ART .....	11
1.2	PODKATEGORIE CONCEPT DESIGNU.....	12
1.2.1	Character design.....	12
1.2.2	Environment design.....	12
1.2.3	Weapon design .....	13
1.2.4	Vehicle design.....	15
1.2.5	Prop design a asset design.....	16
1.2.6	Hard surface design a organic design.....	16
1.3	POSTUP DESIGNOVÁNÍ.....	18
1.3.1	Rešerše .....	18
1.3.2	Ideace .....	18
1.3.3	Modelování.....	21
1.3.4	Renderování .....	21
1.3.5	Overpainting.....	22
<b>2</b>	<b>TĚŽBA ASTEROIDŮ</b> .....	<b>23</b>
2.1	CO JSOU TO ASTEROIDY? .....	23
2.2	ZÁKLADNÍ KLASIFIKACE ASTEROIDŮ.....	23
2.2.1	Orbitální klasifikace .....	23
2.2.2	Spektrální klasifikace .....	26
2.3	JAK ASTEROIDY ZÍSKÁVAJÍ SVÁ JMÉNA .....	27
2.4	RUBBLE PILE .....	27
2.5	DART .....	27
2.6	PROČ TĚŽIT ASTEROIDY? .....	28
2.7	JAK TĚŽIT ASTEROIDY? .....	29
2.7.1	Optická těžba.....	29
2.7.2	Robotic Asteroid Prospector .....	30
2.7.3	TransAstra .....	32
<b>3</b>	<b>UMĚLÁ INTELIGENCE</b> .....	<b>36</b>
3.1	CO JE TO UMĚLÁ INTELIGENCE .....	36
3.2	STABLE DIFFUSION .....	39

3.2.1	Jak Stable Diffusion funguje? .....	40
3.2.2	Důležitá nastavení .....	42
3.2.3	Další funkce.....	43

## **II PRAKTICKÁ ČÁST**

<b>4</b>	<b>DESIGN VESMÍRNÉ TĚŽAŘSKÉ LODI A JEHO VARIACE POMOCÍ UMĚLÉ INTELIGENCE.....</b>	<b>45</b>
4.1	ZADANÍ PARAMETRŮ DESIGNU VESMÍRNÉ LODI.....	45
4.1.1	Popis hry z game design dokumentu.....	45
4.2	PRVOTNÍ SKICY A 3D MODEL Y .....	46
4.3	ALTERNATIVNÍ ŘEŠENÍ ZÁCHYTNÉHO PYTLE.....	47
4.4	RANDOM FLOW .....	50
4.5	ÚLOŽNÝ PROSTOR PRO MATERIÁL .....	52
4.6	TISKOVÉ VĚŽE.....	53
4.7	HLAVNÍ MOTORY.....	53
4.8	SOLÁRNÍ KONCENTRÁTOR .....	54
4.9	PRVOTNÍ NÁVRH LODI .....	55
4.10	ZÁCHYTNÝ PYTEL.....	57
4.11	ROBOTI A DALŠÍ NEVYUŽITÉ MODEL Y .....	57
4.12	MATERIÁLY.....	59
4.13	SOUBOR SKIC.....	60
4.14	FINÁLNÍ VERZE .....	61
<b>5</b>	<b>EXPERIMENT S STYLIZED NEURAL PAINTING .....</b>	<b>66</b>
<b>6</b>	<b>EXPERIMENTY S MIDJOURNEY.....</b>	<b>67</b>
<b>7</b>	<b>EXPERIMENTY S STABLE DIFFUSION.....</b>	<b>71</b>

## **ZÁVĚR**

## **SEZNAM ZDROJŮ**



## ÚVOD

Tato diplomová práce je zaměřena na vytvoření návrhu vesmírné těžařské lodi na zpracování asteroidů a jeho variací pomocí umělé inteligence. Cílem praktické části je vyzkoušet si zpracovat futuristický komplexní stroj, jehož technologie stojí na skutečných vědeckých prototypch. Návrhy budou modelovány a texturovány v programu Blender. Prostřednictvím rozhovorů, přednášek a článků od concept artistů budu zkoumat různé přístupy k vytváření rešerší, počátečních návrhů, samotnému modelování a způsobu prezentování konečného návrhu. Dále budu porovnávat, jak se liší práce concept artisty a concept designera, a čím se liší procesy a výstupy těchto profesí. Pomocníkem při tvoření mi bude umělá inteligence, která se stává nedílnou součástí současného umění a našich každodenních životů. Pokusím se vysvětlit, jak generátory z technického hlediska fungují, zejména tedy generátory obrázků jako je Stable Diffusion nebo Midjourney. Důležitým tématem v této práci bude využití umělé inteligence jako nástroje pro zefektivnění práce concept designera. Prostřednictvím tohoto výzkumu mám za cíl poskytnout odpovědi na otázky týkající se vývoje technologií a vlivu na práci concept artistů a concept designérů.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 CONCEPT DESIGN

## 1.1 CONCEPT DESIGN VS CONCEPT ART

Problematika definice těchto pojmů začíná hned v překladu – pro termíny concept art či concept design nenalezneme v češtině ekvivalenty. Na internetu lze narazit na pojmenování „konceptní umělec,“ ale to se v praxi vůbec nevyužívá. Překlady se většinou nevyužívají ani u pozic, kde překlad možný je, např. design postav – character design. Pokud lidé nejsou z oboru, příliš si toho pod těmito pojmy nepředstaví. Navíc samotné společnosti často názvy zaměňují, v horším případě pojmenují pozici jako „digital artist.“ Tato označení se v následující fázi pokusím vysvětlit.

Concept art se používá jako obecnější pojmenování, které zastřešuje více kategorií, například design postav, prostředí, zbraní atd. Concept art je vizuální interpretace nebo koncepce pro budoucí vizuální médium. Těmi mohou být zejména film, hra nebo kniha. Tyto umělecké výtvořky slouží jako vizuální inspirace a usměrňování pro tvůrce, kterými mohou být režiséři, producenti a designéři, při vývoji dalších prvků projektu. Concept art může zahrnovat kresby, malby, 3D modely a další vizuální formy, ale většina concept artistů preferuje 2D digitální kresbu. Concept artist je umělec, který vytvoří určitou atmosféru konkrétní scény či charakter postavy. Zatímco concept designer většinou pracuje ve 3D a soustředí se většinou na jednu určitou věc (zbraň, brnění, vozidlo), kterou do detailu rozpracuje. Je důležité si uvědomit, že concept art a concept design jsou dva různé aspekty vizuálního umění a designu, které se často používají v součinnosti (záleží na projektu a velikosti společnosti). V tomto případě můžeme říct, že concept art poskytuje vizuální inspiraci a kreativní směr pro další vývoj projektu, zatímco concept design se zaměřuje na detaily a funkčnost.

Obě povolání jsou využívána především na začátku vývoje (her, filmů atd.), kdy se snaží pomocí nově přicházejících digitálních nástrojů práci zefektivnit a zrychlit, což je důležitým aspektem těchto povolání. Obě pozice spolupracují s ostatními členy týmu, což má za následek vyšší kvalitu a efektivnější výsledek, ale klíčové je to zejména pro designery.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Concept Artists vs. Concept Designers. VISUAL ARTS PASSAGE [online]. ©2023 [cit. 1.5.2023]. Dostupné z: <https://visualartspassage.com/blog/concept-artists-vs-concept-designers/>

## 1.2 PODKATEGORIE CONCEPT DESIGNU

V profesionálním prostředí a velkých společnostech se často nevyskytují tzv. „generalists“ – tedy osoby, které zastávají více funkcí, což je důvodem pro existenci následujících kategorií.

### 1.2.1 Character design

Character design je proces vytváření vizuálního vzhledu fiktivní postavy, včetně vyobrazení její osobnosti a dalších charakteristik. Cílem character designu je vytvořit postavu, která bude atraktivní a zapamatovatelná pro publikum. Existují designeři, kteří vytváří pouze humanoidní postavy a designeři, kteří tvoří nehumanoidní stvoření, jimž se říká „creature designers.“

Design postavy musí vycházet z příběhu, do kterého je postava zasazena. Při designování postavy pro herní prostředí nebo film je tato skutečnost samozřejmostí, je však třeba brát v úvahu i při tvorbě samostatných uměleckých děl. Cíl a účel postavy ospravedlňuje a vysvětluje její existenci. Zaměřit bychom se zde měli na zodpovězení otázek ohledně jejího kulturního zázemí a předchozích životních událostí, které vysvětlují, jak se postava dostala právě tam, kde se právě nachází. Implementace těchto prvků napomáhá divákovi k pochopení příběhu.

Co se týče vizuálního vzhledu postavy, je třeba se zaměřit na jeho soulad s osobností. Například (stylizované) postavy, které jsou vytvořeny z oblých tvarů budou spíše působit poněkud roztomile, naivně a přátelsky, na rozdíl od postav, jejichž kompozice vychází z ostrých tvarů (čtverce, obdélníky, trojúhelníky) a jeví se spíše jako mazané, lstivé, často až hrozné. Co se týče anatomie postav, existuje mnoho různých směrů, kterými se můžeme vydat. Je možné vytvářet postavy zcela realistické nebo naopak čistě abstraktní, či zvolit něco mezi tím. V každém případě je však vhodné mít alespoň základní znalosti anatomie.<sup>2</sup>

### 1.2.2 Environment design

Environment design je proces tvorby a návrhu vizuálního prostředí. Tento proces zahrnuje vytváření fyzického prostředí, včetně krajiny, architektury a dalších prvků. Cílem environment designu je vytvořit realistické a přitažlivé prostředí, které podporuje příběh a zlepšuje tak

---

<sup>2</sup> Character design: How to design a character? ANATOMY FOR SCULPTORS [online]. ©2023 [cit. 1.5.2023]. Dostupné z: <https://anatomy4sculptors.com/article/character-design/>

prožitok ze hry. U velkých studií je běžné, že design samostatných budov navrhuje architekt. Pokud se bavíme o rozdílu mezi environment artistem a designerem, je rozdíl to nejvíce patrný právě u této podkategorie. Enviromentální artist většinou zpracovává pouze určitou emoci a má velmi volnou ruku, zejména proto, že nemusí dbát tolik o další vývoj. Někdy je tato profese označována termínem „world designer“.<sup>3</sup> Enviroment designer splývá s označením level designer, který vytváří funkční prostředí do hry.

### 1.2.3 Weapon design

Weapon design je proces tvorby a návrhu zbraní. Designer musí dbát na technické aspekty navrhování zbraní, jako jsou jejich mechanika a funkce. Stejně jako u ostatních kategorií je důležitá vizuální komunikace s hráči a u zbraní především také uvěřitelnost. Zbraně jsou velmi komplexními mechanismy, přičemž všechny viditelné části zbraně musejí dávat smysl, jelikož jsou tyto součásti čistě funkční, nikoliv stylistické. I v případech, kdy designer navrhuje atypickou sci-fi zbraň, nemohou se na zbraní vyskytovat nesmyslné součásti, jelikož by tím zbraň ztrácela na uvěřitelnosti. Dále je na designu zbraně také důležité, aby hráč ze zbraně vycítil impakt, a dostala se mu tedy při používání zbraně zpětná vazba. Vizuální stránka jde ruku v ruce s audiem.

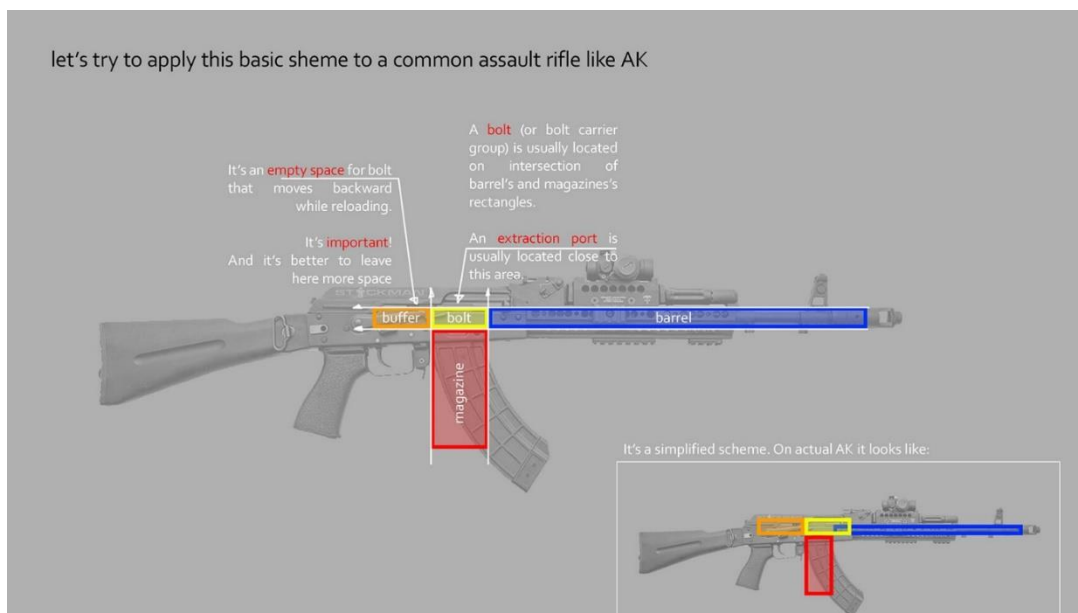
Následující snímky shrnují pravidla navrhování střelných zbraní od Daniel Soloveva, které tento autor sdílel na svém Artstation profilu. Tato pravidla se nazývají Four-box rule a 4+1 circles rule a vycházejí z myšlenky, že zbraně musí mít určitou míru konzistence ve svém designu, aby je hráči mohli okamžitě rozpoznat a pochopit, jak fungují.

Fourbox rule je znázorněním, jak na sebe musejí navazovat funkční části. Pro zjednodušení jsou ve schématech části zbraně seskupeny do čtyř částí. Bolt, resp. bolt carrier group (v překladu „skupina nosiče závorníku“) je umístěn v průsečíku hlavně a zásobníku. Za závorníkem se nachází část, která je autorem schématu pojmenována jako „buffer“, což je volné místo, které slouží pro posun závorníku při přebíjení. Autor také dodává, že poblíž závorníku se nachází

---

<sup>3</sup> What Is Game Environment Design and How to Get Started? DOMESTIKA [online]. ©2023 [cit. 1.5.2023]. Dostupné z: <https://www.domestika.org/en/blog/10804-what-is-game-environment-design-and-how-to-get-started>

výhozní okénko. Solveev ukazuje, že pravidlo funguje jak při designování brokovnic, tak i u pistolí, které se liší tím, že „buffer“ bývá mimo zbraň.



Obr. 1 - zjednodušené schéma střelné zbraně<sup>4</sup>

Druhé pravidlo se nazývá „4+1 circles rule“ a týká se ergonomie držení zbraně. Kruhy ve schématu zde znázorňují prsty, a jejich smyslem je vyjádřit významnost dostatku prostoru u spouště, přičemž je lepší ponechat pro tento účel raději více místa, než riskovat nedostatek prostoru. Dodává tip na úhel rukojeti, na kterém je závislý pevný a pohodlný úchop zbraně.<sup>4</sup>



Obr. 2 - 4+1 circles' rule

<sup>4</sup> SOLOVEV, Daniel. ARTSTATION. [online]. ©2023 [cit. 1.5.2023]. Dostupné z: <https://www.artstation.com/artwork/2xRrVB>

Co na zbraních ve hrách obdivuji je nejen jejich vizuální vzhled, ale také technické řešení, které se skrývá za nimi. Fungování střel ve hrách je velmi složité, především u multiplayer her. Developeři často musí často řešit problémy, jako například odkud střela vychází, zda se jedná o instantní impakt za použití raycastingu, nebo zda se jedná o projektil, který fyzicky herní scénou prochází. Těmito problémy se většinou designer nemusí zabývat a jeho řešení by zároveň nemělo následný vývoj ztěžovat. Designer musí být obeznámen, z jakého uhle bude na zbraň nahlíženo. Zdá se mi ironické, že se ve hrách často setkáváme s mikrotransakcemi a loot boxy, které poskytují hráčům různé vzhledy téže zbraně, i přesto, že většinu herní doby zbraň například vidí pouze z omezeného úhlu, a část zbraně, kterou tedy vidí, je celkem malá. Většina her proto přidala do her možnost „inspect“- speciální animace, díky které si lze zbraň prohlédnout, aby investované peníze (ať už herní či reálné) dávaly hráčům smysl. Designování zbraní pro FPS (first person shooter) je dle mého názoru nejtěžší záležitostí, jelikož, jak již bylo zmíněno, hráči vidí zbraň pouze z určitého úhlu a také často mají preferované zorné pole, jehož zobrazení zkresluje zbraň. Impakt zároveň musí být dobře vycítitelný, vizuální odezva by měla by dostatečná, ale zároveň nerušivá a velikost zásobníku musí dávat smysl. Za nejlepší zobrazení realistických zbraní považuji série her Call of Duty, za stylizované zbraně velmi oceňuji sérii her Doom nebo battle royale hru Apex Legends, na které je dobře vidět, jak složité je balancování vizuálních efektů, tak stylizování skinů zbraní (některé skiny zbraní totiž hráčům dávaly velkou výhodu ve výhledu, což bylo kritizováno jako tzv. „pay to win“, a studio poté muselo skiny opravovat).<sup>5</sup>

#### 1.2.4 Vehicle design

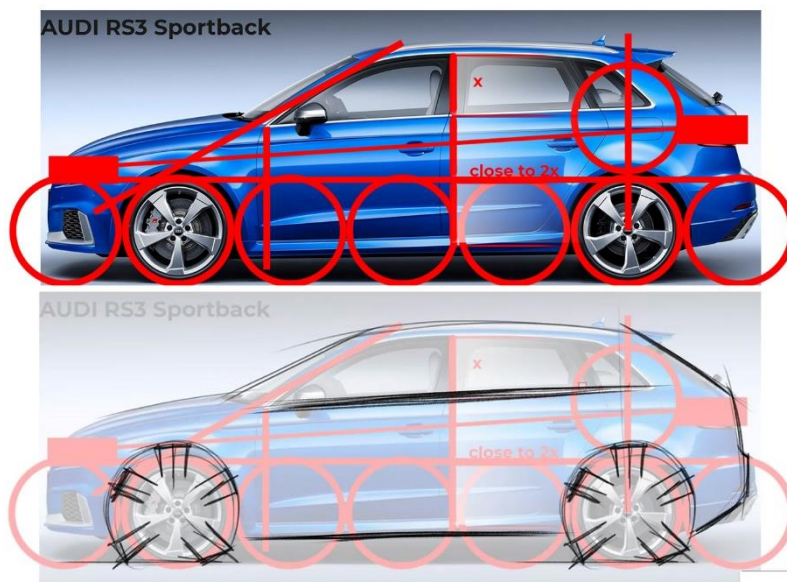
Vehicle design je velmi podobný weapon designu z hlediska potřebných technických znalostí. Zahrnuje všechny možné prostředky dopravy od tradičních vozidel po meziplanetární dopravu. Na základě zkušeností nabytých ze studia produktového designu mohu říci, že u vozidel je snazší vytvořit tvary, které by v reálné produkci nedávaly smysl, aniž bychom tímto narušili uvěřitelnost. Stručněji řečeno je stylistika vozidel mnohem jednodušší záležitostí, než je tomu u zbraní, což je dáno především měřítkem objektu.

U vývoje je zajímavé se zaměřit na ovládání vozidel, které se od zbraní významně odlišuje. Pro manipulaci se zbraní (např. střelba, míření či přebíjení) se používají v zásadě jedno či dvě

---

<sup>5</sup> The Secrets of Weapon Design for Games. ROOM 8 STUDIO [online]. ©2023 [cit. 3.5.2023]. Dostupné z: <https://room8studio.com/news/the-secrets-of-weapon-design-for-video-games/>

tlačítka, zatímco manipulace s vozidly vyžaduje komplexnější sadu tlačítek, která zároveň musí být pro hráče komfortně rozložena. Je důležité, aby developeri na rozložení tlačítek dostatečně dbali. Létající vozidla navíc vyžadují pohyb ve třech osách (pitch, yaw, roll aj.).<sup>6</sup>



Obr. 3 - pomocné schéma pro skicování hatchbacku

### 1.2.5 Prop design a asset design

Prop design či asset design jsou obecná označení pro proces tvorby a návrhů předmětů (někdy mohou zahrnovat i zbraně). Označení Prop design se používá ve filmovém průmyslu (prop = rekvizita). Označení asset design je využíván v herním průmyslu, assetem je myšlen jakýkoliv objekt ve hře (mimo postavy).

### 1.2.6 Hard surface design a organic design

Hard surface design a organic design jsou obecná označení, používaná především pro práci 3D modeláře, ale můžeme se setkat i s designéry, kteří se specializují pouze na jednu z těchto kategorií.

Hard surface design je zaměřen na vizuální podobu předmětu, který má jasně definované plochy. Tito designéři často modelují v CAD programech. CAD (computer-aided design) je širším označením, v kontextu 3D modelování se používá pro označení programů, které pracují na základě NURBS. NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines) jsou matematické

<sup>6</sup> Car Design 101. BEHANCE [online]. ©2023 [cit. 11.5.2023]. Dostupné z: <https://www.behance.net/gallery/90573941/Car-Design-101-Proportions>



reprezentace 3D geometrie, které dokáží přesně popsat jakýkoli tvar od jednoduché 2D čáry, kružnice, oblouku nebo křivky až po nejsložitější 3D organický povrch nebo těleso. Díky své flexibilitě a přesnosti lze modely NURBS použít v jakémkoli procesu, od ilustrací a animací až po výrobu.<sup>7</sup> Software CAD je často používán různými typy inženýrů a konstruktérů.

Také můžeme narazit na definice, které říkají, že při hardsurface modelování se hlavně využívá Booleanovských operací. Booleanovské operace fungují na principu dvou či více objektů, ze kterých se potom na základě konkrétní operace odvodí určitý průnik, rozdíl či součet.<sup>8</sup> Tyto operace jsou jednodušší právě v CAD programech, jelikož v NURBS modelování na rozdíl od polygonálního modelování nevznikají kolem nově vytvořených ploch artefakty (chyby, důlky či hrboly). Samozřejmě artefakty na plochách nejsou neřešitelné, problémem však je, že i začišťování ploch je časově náročné, a proto mnoho concept designerů upřednostňuje CAD programy. Ty jsou však většinou velmi drahé – základní cena trvalé licence nové verze Rhinoceros 3D stojí 21 480 Kč, pokud byste chtěli i další doplňky pro renderování a knihovny materiálů a modelů, může se cena vyšplhat až na 56 650 Kč. Oproti tomu Blender, nejznámější program pro polygonální modelování, je dostupný zcela zdarma. Často je sice namítáno, že Blender stále není produkčním standardem, ale již mnoho menších studií Blender využívá jako hlavní software, jak pro modelování a svícení, tak i animaci, a díky jeho open source licenci, která umožňuje rychlý vývoj, bude jeho využití nadále růst.

Zatímco organic design je vizuální podoba předmětu, který má složitější povrch a se často deformuje/animuje. Tato kategorie často také zahrnuje faunu a floru. Do organického modelování bych osobně zařadil fotogrammetrii, což je způsob vytváření modelů pomocí fotografických snímků.<sup>9</sup> Díky polygonálnímu workflow je příhodné plochy těchto objektů zjednodušit a využít v herním nebo filmovém projektu.<sup>10</sup>

---

<sup>7</sup> What are NURBS? RHINOCEROS [online]. ©2023 [cit. 3.5.2023]. Dostupné z: <https://www.rhino3d.com/features/nurbs/>

<sup>8</sup> Booleanovské operace v Blenderu. GRAFIKA [online]. ©2023 [cit. 3.5.2023]. Dostupné z: <https://www.grafika.cz/rubriky/3d-grafika/booleanovske-operace-v-blenderu-134494cz>

<sup>9</sup> Photogrammetry. SCIENCE DIRECT [online]. ©2023 [cit. 3.5.2023]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/photogrammetry>

<sup>10</sup> 3D Modeling Artifacts – Flow Check Reflection Map – Zebra Stripe Diagnostic. EBAL STUDIOS [online]. ©2023 [cit. 3.5.2023]. Dostupné z: <https://www.ebalstudios.com/blog/3d-modeling-artifacts-flow-check-reflection-map>

## 1.3 POSTUP DESIGNOVÁNÍ

Co se týká concept designu, je třeba nejdříve zmínit základní proces, kterým každý design prochází. Tento proces lze shrnout do několika základních fází.

### 1.3.1 Rešerše

Je samozřejmě potřeba začít u zadání, zde je za potřebí si ujasnit parametry navrhovaného produktu, cílovou skupinu uživatelů atd. Následuje rešerše daného tématu a tvorba vizuální knihovny. Osobně preferuji se v první fázi ponořit do teorie, zapátrat po internetu po odborných článcích a videích. Designer se od umělce liší tím, že se zajímá o to, kdo, co a jak před ním zadaný problém řešil a s jakým řešením přišel. Design není o zkoumání nové technologie, ale o snaze věci inovovat a vytvořit funkční věc s estetickou hodnotou. Je také důležité si do vizuální knihovny přidávat nejen již existující návrhy, ale také související věci, které člověka inspirují. Mohou to být například materiály, barvy či schémata. Designéři si často vytvářejí takzvané moodboardy, které pomáhají následnému brainstormingu.

### 1.3.2 Ideace

Druhou fází je ideace, neboli nápadová fáze, ve které se designéři zaměřují na generování a vyvíjení kreativních nápadů. Někdy se můžete setkat s dvěma oddělenými fázemi, kterými jsou ideace a skicování. Faktem je, že tyto fáze jsou totožné. Kreslení podněcuje divergentní myšlení, tedy myšlenkový proces, který vede ke vzniku většího množství originálních řešení problému.<sup>11</sup> Skicování a vymýšlení probíhá současně. Lze využít klasicky tužku a papír, ale existuje i možnost skicování ve 3D, třeba pomocí jednoduché plochy, na kterou je přidán modifikátor Subdivision Surface, který rozděluje plochy do více menších ploch, což dává povrchu hladší vzhled. Díky tomu je možné vytvořit složitě vypadající model za minimum práce a zároveň je již vidět proporce z více stran. Po vygenerování různých řešení si designer vybere jedno z řešení, které již do detailu rozpracuje.<sup>12</sup>

#### Pravidla pro vytváření tvarů

Jelikož bylo zmíněno několik pravidel designování produktů, je na místě se nyní zaměřit na některá ze základních pravidel pro vytváření samotného tvaru.

Prvním z pravidel je „big-medium-small“, které je založeno na konceptu primárních, sekundárních a terciárních tvarů. Toto pravidlo pojednává o tom, že je důležité, aby navržený

---

<sup>11</sup> Divergent Thinking. SCIENCE DIRECT [online]. ©2023 [cit. 3.5.2023]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/topics/psychology/divergent-thinking>

<sup>12</sup> Subdivision Surface Modifier. BLENDER 3.5 MANUAL [online]. ©2023 [cit. 3.5.2023]. Dostupné z: [https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/modifiers/generate/subdivision\\_surface.html](https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/modifiers/generate/subdivision_surface.html)

design měl, pokud možno, nějaký řád v rozložení/distribuci tvarů. Pravidlo „big-medium-small“ vychází ze zlatého řezu. Tedy že v designu daného produktu by měl být dominantní tvar, který je velikostí cca 1,618x větší, než tvar střední, který má být zase cca 1,618x větší, než tvar malý. Na ilustrovaném obrázku můžeme vidět, jak designer ukazuje jednoduché zobrazení robota, který je na prvním navržený z podobně velkých částí, a na druhém obrázku je do podobného rozložení zapojeno pravidlo „big-medium-small“, a design je tak esteticky působivější.<sup>13</sup>



Obrázek 4 – demonstrace „big-medium-small“ pravidla

Dalším podobným pravidlem je rozložení těchto tvarů na základě distribuce detailu. Je důležité, aby byl objekt složen z jednodušších ploch, na kterých si může oko diváka „odpočinout“ (tzv. „areas of rest“) a zároveň z komplexních „roztříštěných“ ploch, které dodávají designu spád a divákovy oko vedou z jednoho bodu na druhý (tzv. areas of detail). Lze zde využít podobný poměr jako při zlatém řezu, např. 70:30 či 80:20. Nezáleží však na přesné hodnotě, nýbrž na vyhýbání se rovnoměrným rozložením.

Co se týče dalších aspektů rozložení, je vhodné zmínit také „clumping“, neboli sdružování. V případě, že je návrh složen ze spousty malých tvarů, než aby byly rovnoměrně roztříštěny po ploše, je lepší, aby byly sdružovány k sobě a divákovy oko tím bylo vedeno po obraze.

Další pravidlo se týká shape appeal a flow. Jedná se o velice abstraktní pravidlo, které vysvětluje, proč některé tvary vypadají lépe, než jiné. Pojmem „flow“ je označován jednotný směr tvaru. Směr je většinou vytvářen zužováním ostrých úhlů, ty si často spojujeme s něčím agresivním, zlým či nebezpečným. Pokud bychom měli více jednotlivých ostrých úhlů s rozdílnými směry, objekt by ztrácel právě tuto jednotou flow. S pravým úhlem je často


<sup>13</sup> Sinix Design, 2017, Design Theory: Big Medium Small, YouTube video. [cit. 29.4.2023]. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=ZluGXgpdJ4&list=PLf1fIDShjUKF\\_7w4YTmpjGO27iuyHDpDu&index=2](https://www.youtube.com/watch?v=ZluGXgpdJ4&list=PLf1fIDShjUKF_7w4YTmpjGO27iuyHDpDu&index=2)

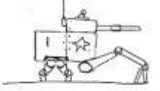
spojována nějaká zastrašující pevnost. Naopak tupé úhly jsou pro lidské oko nejpříjemnější, působí mile a přívětivě.<sup>14</sup>


**DESIGN PRINCIPLES**  
 HELP, WHY IS THIS IMAGE SO COOL AND SEXY?  
 IS SOMETHING WRONG WITH ME?  
 by Lisa Holgado


Don't panic... what you're feeling right now is totally normal... Embrace this feeling and do read on...  
 This image is just packed with interesting design principles such as: Hierarchy, Scale proportion, Emphasis, Repetition, Balance, Contrast, Variety, Unity...



**CONTRAST AND VARIETY**  
 Contrast and variety are key, it will take your work to the next level, 100% guaranteed!  
 Ignoring the following Design principles will result in dull looking works. As you can see, these principles can be applied on about everything we know:



**Figures**  


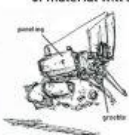
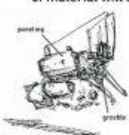
**Manmade**  


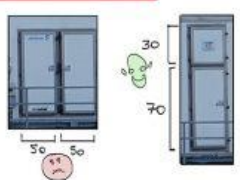
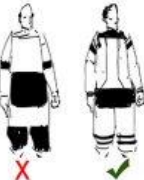
**Nature**  



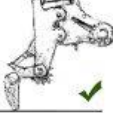
**RHYTHM / REPETITION**  
 Using an odd number gives variety, therefore it's a good habit to repeat elements at least three times.  
  
 In order to have a focus point, you'll have to put variation in the repetition.



**SILHOUETTE**  
 Does it have interesting ins and outs?  
 Flatness and boring, there is nothing in the silhouettes to break the straight lines.  Full of life and interesting, variety and contrast 







**SYMMETRY AND ASYMMETRY**  
 

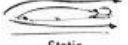

**OVERLAP AND MULTI-LAYERING**  
 Objects and vehicles are made of multiple layers. An object made of one single layer of material will seem dull. Showing more of the interior through seams, openings and holes will add to the story and add interest. Focus on showing these 'multiple layers' whenever you can.  
 

**PROPORTION / 70-30**  
  


**READABILITY AND FUNCTIONALITY**  
 Add existing elements to your design to make the concept understandable and believable enough for the viewer:  
   
 Form follows function! I.e. a fast vehicle will be more designed because it has to be aerodynamic. The focus will be on the design. Whereas a heavy construction-vehicle will be less designed but will have his focus on functionality.

**COUNTERBALANCE**  
 Watch out making one side too heavy because of excessive use of details, values, textures, ....  
 

**DESIGN LINE AND STANCE**  
 Shapes give different feelings to a concept:  
 Dangerous Aggressive Agile    
 Sturdy Strong    
 Gentle Soft  

Even changing the angle can give a different feeling to your concept:  
   
 Static Agile or Aggressive

Bringing everything together will result in **UNITY** in your work,  
 In other words:  
**'YOU'VE JUST CREATED A COOL LOOKING, SEXY BADASS PIECE!'**

foodrighlo.blogspot.com

Obrázek 5 - principy tvorby tvarů

<sup>14</sup> Blender, 2017, The Secret of Making High-Quality Art (in Blender and Everywhere), YouTube video. [cit. 29.4.2023]. Dostupné z:

[https://www.youtube.com/watch?v=qMH\\_J\\_vcoqE&list=PLqsn3JEo5bN4eLrZq0uuFNa0K9X38CbqQ&index=9](https://www.youtube.com/watch?v=qMH_J_vcoqE&list=PLqsn3JEo5bN4eLrZq0uuFNa0K9X38CbqQ&index=9)

### 1.3.3 Modelování

Následující fází v kontextu concept designu je modelování. Jak bylo již zmíněno, na základě preference má designer možnost zvolit využití programu NURBS nebo polygonálního modelovacího programu. Úroveň detailu samozřejmě záleží také na zadání – zda klient potřebuje vyloženě použitelný 3D model, nebo zda potřebuje pouze z několika stran vyrenderovaný návrh.

Designéři si často zrychlují práci tím, že 3D model vytvoří jednodušší a detaily doplní později ve Photoshopu – detaily „vyphotobashují“ nebo dokreslí. Photobashing je technika, při níž umělci spojují a prolínají fotografie a zároveň je malují a skládají do jednoho hotového díla, od fotomanipulace liší tím, že při úpravě fotografií je konečným cílem vylepšit fotografii (při photobashingu je cílem vylepšit naše umělecké dílo rozbitím textur a digitálních prostředků). Dalším důvodem pro využití photobashingu je zdlouhavá tvorba materiálů – pro vytvoření dobře vypadajících materiálů je zapotřebí mít správné rozložení textur na modelu a správně vytvořené UV mapy, což na složitých modelech může zabrat opravdu hodně času. UV mapování je proces ve 3D modelování, při kterém se 2D obraz promítá na povrch 3D modelu a vytváří se tak mapování textur. Povrch 3D objektu je „rozbalen“ a je na něj aplikována 2D textura.

### 1.3.4 Renderování

Následující částí je renderování, a především vytvoření hlavního prezentačního snímku. Renderování je zjednodušeně proces převádění třídimenzionálního modelu do dvojdimenzionálního obrázku. Během procesu dochází k propočítávání dopadu a odrazu světla na určité plochy s určitými vlastnostmi materiálů. Co se týče finální prezentace, kromě vyrenderování jednotlivých pohledů designované věci si concept designéři vyberou preferovaný úhel designovaného objektu a ten převedou na hlavní prezentační snímek – zejména věc zasadí do adekvátního prostředí, aby zobrazili kontext a měřítko.<sup>15</sup>

U trendů na Artstation si můžeme všimnout, že ne vše potřebuje další kontext či dodělávání velké ilustrace pro dostatečně líbivé a esteticky příjemné zobrazení. Například u weapon designu designéři zřídka tvoří speciální ilustrace, jelikož zbraně mají jasně dané proporce

---

<sup>15</sup> What is 3D Rendering? REALSPACE [online]. ©2023 [cit. 11.5.2023]. Dostupné z: <https://www.realspace3d.com/resources/what-is-3d-rendering/>

vycházející z ergonomie. Naopak u enviromental a vehicle designu je trendem zasadit do finálního renderu postavu, která právě funguje na principu referenčního měřítká.

### **1.3.5 Overpainting**

Overpainting se týká dotváření finálního snímku, přičemž umělci rendery často přemalovávají a důvodem je nejen fakt, že je pro ně tento postup rychlejší, než dodělat drobné detaily ve 3D, ale také riziko podobné jevu „uncanny valley“ (česky tísnivé údolí), který souvisí s postavami, ale lze aplikovat na všechno. Zjednodušeně řečeno, pokud se snažíme dosáhnout o 100% fotorealismus málokdy se nám to podaří, jelikož lidské oko je trénované na to, aby poznalo, že něco není v pořádku, a že se jedná o počítačovou grafiku. V momentě, kdy obraz přemalujeme/stylizujeme, tento problém se vytrácí a lidský mozek různé nesrovnalosti přijme lépe.

## 2 TĚŽBA ASTEROIDŮ

Tuto část teoretické práce věnuji tématu těžby asteroidů, jelikož v praktické části navrhuji vesmírné plavidlo určené právě na těžbu a zpracování asteroidu.

### 2.1 CO JSOU TO ASTEROIDY?

Asteroidy (neboli planetky) jsou malá pevná tělesa bez atmosféry. Tato tělesa obíhají po samostatných drahách kolem Slunce a jejich velikost je tak malá (maximálně stovky km), že je nelze označit za planety, zároveň však tak velká, že nelze hovořit o meteorech či kosmickém prachu. Asteroidy jsou zbytky materiálu, ze kterého se formovala Sluneční soustava (zhruba před 4,5 miliardami lety). Tento materiál se nemohl zkondenzovat do většího kosmického tělesa především kvůli silné gravitační přitažlivosti Jupiteru.

Největším asteroidem je trpasličí planeta Ceres s průměrem 940 km. Nejmenší asteroid dle definice je o průměru 1 m, menší tělesa se označují jako meteoroidy. Ze zhruba milionu známých asteroidů se jich nejvíce nachází mezi drahami Marsu a Jupiteru, přibližně 2 až 4 AU (1 astronomická jednotka = 149 597 870 700 m) od Slunce, v hlavním pásu asteroidů.<sup>16</sup>

### 2.2 ZÁKLADNÍ KLASIFIKACE ASTEROIDŮ

Asteroidy jsou zařazovány do skupin na základě charakteristik jejich oběžných drah a detailů viditelného světla, které se odráží od jejich povrchu.

#### 2.2.1 Orbitální klasifikace

##### Hlavní pás

Vlivem filmů a ilustrací je mylnou představou, že pás asteroidů je místo plné létajících kamenů. Ve skutečnosti je to velmi pusté místo s objekty velmi daleko od sebe (průměrně ve vzdálenosti

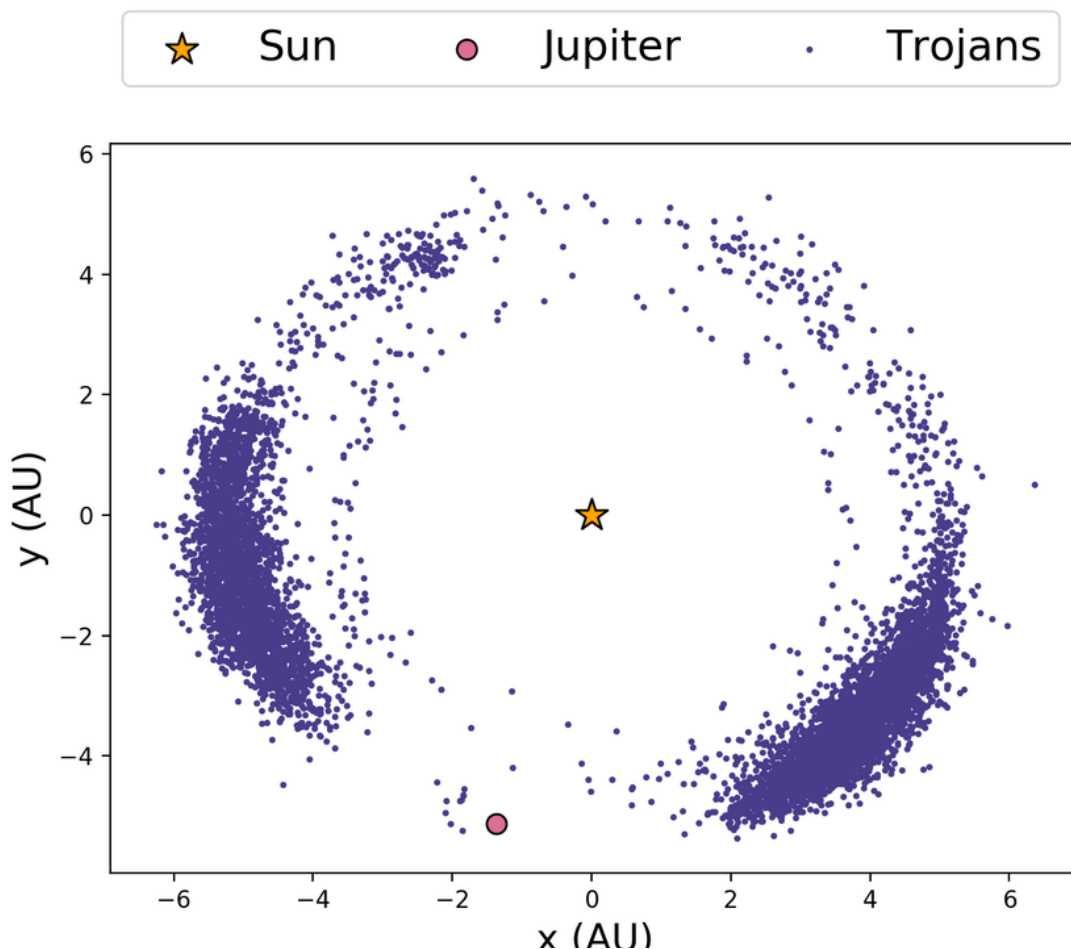
---

<sup>16</sup> Stručně o asteroidech. DATABÁZE KOSMICKÝCH SOND PRO PRŮZKUM TĚLES SLUNEČNÍ SOUSTAVY [online]. ©2006 [cit. 1.5.2023]. Dostupné z: <https://spaceprobes.kosmo.cz/index.php?cid=85>

965,600 km). Pás se nachází ve vzdálenosti 2,2 až 3,2 AU od našeho Slunce. Celková hmotnost pásu asteroidů se odhaduje na  $2,39 \times 10^{21}$  kg, což jsou pouhá 3 % hmotnosti Měsíce, z čehož přibližně 60 % hmoty hlavního pásu je obsaženo ve čtyřech největších planetkách: Ceres, Vesta, Pallas a Hygiea. Odhaduje se, že pás obsahuje 1,1 až 1,9 milionu asteroidů o průměru větším než 1 kilometr, a miliony menších. Při vzniku sluneční soustavy gravitace nově vzniklého Jupiteru ukončila formování planetárních těles v této oblasti a způsobila, že se malá tělesa vzájemně srazila a roztříštila na planetky, které pozorujeme dnes.

### Trojané

Dalšími planetkami jsou Trojané. Tvoří je stejný materiál, jako asteroidy v hlavním pásu. Tyto asteroidy sdílí oběžnou dráhu s větší planetou, ale nikdy se nesrazí, jelikož se shromažďují kolem dvou zvláštních míst v oběžné dráze. Jde o místa zvaná Lagrangeovy body L4 a L5, kde se gravitační přitažlivost Slunce a planety vyrovnává s tendencí Trojanů jinak vylétnout z dráhy. Trojané Jupiteru tvoří nejvýznamnější populaci trojských planetek.



Obr. 6 - rozmístění Trojanů

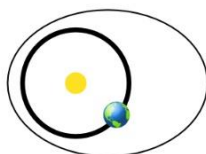


## Blízkozemní planetky

Blízkozemní planetky, neboli NEA (z anglického Near-Earth Asteroids), jsou planetky, jejichž dráhy se vyskytují v blízkosti dráhy Země. K dubnu 2022 bylo známo celkem 28 772 blízkozemních planetek; 878 z nich má v průměru 1 km či víc. NEA jsou rozděleny do několika skupin (Atira, Aten, Apollo a Amor) podle svých orbitálních parametrů (vzdálenost perihelia ( $q$ ), vzdálenost afélie ( $Q$ ) a jejich poloosy ( $a$ ). Apohely nebo také Atirova skupina jsou blízkozemní planetky, jejichž celá oběžná dráha leží uvnitř dráhy Země. Následuje Atenova skupina (též zkráceně ateni) - jejich dráhy protínají oběžnou dráhu Země, a jejich oběžná doba je kratší než jeden rok. Další je Apollonova skupina (zkráceně také Apolla). Dráhy těchto blízkozemních planetek protínají oběžnou dráhu Země, jejich oběžná doba je delší než jeden rok. Amorova skupina (zkráceně také amoři) jsou blízkozemní planetky, přibližující se k Zemi s oběžnými drahami vnějšími k zemské, ale vnitřními k oběžné dráze Marsu.

### Amors

Earth-approaching NEAs with orbits exterior to Earth's but interior to Mars' (named after asteroid (1221) Amor)



$$a > 1.0 \text{ AU} \\ 1.017 \text{ AU} < q < 1.3 \text{ AU}$$

### Apollos

**Earth-crossing** NEAs with semi-major axes larger than Earth's (named after asteroid (1862) Apollo)



$$a > 1.0 \text{ AU} \\ q < 1.017 \text{ AU}$$

### Atens

**Earth-crossing** NEAs with semi-major axes smaller than Earth's (named after asteroid (2062) Aten)



$$a < 1.0 \text{ AU} \\ Q > 0.983 \text{ AU}$$

### Atiras

NEAs whose orbits are contained entirely within the orbit of the Earth (named after asteroid (163693) Atira)



$$a < 1.0 \text{ AU} \\ Q < 0.983 \text{ AU}$$

( $q$  = perihelion distance,  $Q$  = aphelion distance,  $a$  = semi-major axis)

Obr. 7 - blízkozemní planetky

## Transneptunické asteroidy

Kromě hlavního pásu asteroidů existují ještě pásy asteroidů, které se nacházejí na okraji naší sluneční soustavy. Tato skupina bývá označována jako Transneptunické asteroidy, jelikož se rozprostírají za oběžnou dráhou Neptunu a jsou vzdálené zhruba 30-55 AU od Slunce. Jedná se například o Kuiperův pás, což je shluk těles podobný hlavnímu pásu planetek, ale je mnohem větší. Hlavní pás je tvořen převážně kamennými a kovovými tělesy, objekty vyskytující se v Kuiperově pásu (anglicky Kuiper Belt Objects) jsou tvořeny převážně zmrzlými těkavými látkami, jako jsou například metan, čpavek a voda. Můžeme se setkat s tím, že Kuiperův pás bývá zaměňován s Ortovým mračenem. Jedná se o hypotetický kulovitý oblak komet na okraji naší sluneční soustavy.

### 2.2.2 Spektrální klasifikace

Roku 1975 Clark R. Chapman, David Morrison a Ben Zellner vyvinuli taxonomický systém, založený na barvě, schopnosti odrážet záření a tvarech spektra. Tyto vlastnosti pravděpodobně odpovídají složení materiálu na povrchu asteroidu. Původně klasifikovali jen tři typy asteroidů podle charakteristických emisních spekter, přičemž většina z nich se dělila do tří hlavních skupin: typ C, M a S. Asteroidy typu C („carbonaceous“) jsou uhlíkaté, jedná se asi o 75% známých asteroidů. Asteroidy typu S („siliceous“) jsou asteroidy křemičité, jejich zastoupení je asi 17%. Asteroidy typu M („metallic“) jsou kovové. Jedná se o většinu ostatních asteroidů. Od vzniku tohoto systému došlo k mnoha jeho rozšířením, bylo přidáno mnoho nových typů. Fyzikální složení asteroidů je však velmi rozmanité a ve většině případů málo známé, zejména proto, že vesmírné sondy navštívily pouze 17 menších planet (asteroidy, trpasličí planety a objekty Kuiperova pásu).<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> Asteroids. NASA [online]. ©2023 [cit. 11.5.2023]. Dostupné z: <https://solarsystem.nasa.gov/asteroids-comets-and-meteors/asteroids/in-depth/>

## 2.3 JAK ASTEROIDY ZÍSKÁVAJÍ SVÁ JMÉNA

Komise pro pojmenovávání malých vesmírných těles (The International Astronomical Union's Committee on Small Body Nomenclature) není při pojmenovávání planetek příliš přísná. Některými vtipnými pojmenováváním jsou například James Bond (9007), Tom Hanks (12818), Monty Python (13681) nebo Potato(88705).

Skupiny a rodiny asteroidů je zvykem pojmenovat podle jejich nejvýznamnějších představitelů, podle prvního/největšího objeveného člena této skupiny.<sup>18</sup>

## 2.4 RUBBLE PILE

Rubble pile (neboli hromada sutin) je astronomický objekt, který není monolitem, ale skládá se z mnoha kusů hornin. Původně se nejspíše jednalo o monolit, ale srážkami se roztříštil a poté opět spojil vlivem gravitace. Rubble piles mají nízkou hustotu, jelikož mezi jednotlivými kusy, které je tvoří, jsou velké dutiny. Asteroidy s hromadami suti jsou mnohem častější, než se dříve předpokládalo, zejména v rozmezí velikostí 200 m až 10 km. S výjimkou "velké čtyřky" (Ceres, Pallas, Vesta a Hygiea) jsou si planetky vzhledově velmi podobné, i když mají nepravidelný tvar.

## 2.5 DART

V roce 2021 NASA zahájila misi DART (Double Asteroid Redirection Test), jejímž cílem je otestovat technologie pro obranu Země před potenciálně nebezpečnými objekty. DART v září 2022 záměrně narazil do měsíce Dimorphos, menší planetky dvojitého asteroidu Didymos, aby posoudil potenciál nárazu kosmické lodi k vychýlení asteroidu z kolizního kurzu se Zemí. V říjnu NASA prohlásila DART za úspěšný a potvrdila, že zkrátil oběžnou dobu Dimorphosu kolem Didymosu o přibližně 32 minut. Před setkáním definovala NASA minimální úspěšnou změnu oběžné periody Dimorphosu jako změnu o 73 sekund nebo více. Tato první data ukazují, že DART překonal tuto minimální hranici více než 25krát.<sup>19</sup>

---

<sup>18</sup> Top 9 Weird Asteroid Names (and 1 Awesome Asteroid Moon Name). UNIVERSE TODAY [online]. ©2020 [cit. 1.5.2023]. Dostupné z: <https://www.universetoday.com/100449/top-9-weird-asteroid-names-and-1-awesome-asteroid-moon-name/>

<sup>19</sup> NASA Confirms DART Mission Impact Changed Asteroid's Motion in Space. NASA [online]. ©2022 [cit. 2.5.2023]. Dostupné z: <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-confirms-dart-mission-impact-changed-asteroid-s-motion-in-space>

## 2.6 PROČ TĚŽIT ASTEROIDY?

Kovy vzácných zemin a slitiny, které je obsahují, se používají v mnoha zařízeních, která lidé používají každý den, jedná se například o disky DVD, dobíjecí baterie, mobilní telefony, katalyzátory, magnety, zářivky a mnoho dalších produktů. I kdybychom získali pouze 0,01 % hmotnosti asteroidu v drahých kovech, stále je to několikanásobně více, než bychom získali ze stejného množství rudy na Zemi. V takových zdrojích lze získat až 187 částic na milion drahých kovů, mezi něž patří zlato, kovy platinové skupiny (Pt, Ru, Rh, Pd, Os a It), rhenium a germanium z asteroidů. Z nejkvalitnějších zlatých dolů na Zemi lze získat jen 1 gram na tunu neboli 1 ppm.<sup>20</sup>

Další výhodou těžby asteroidů je, že těžba na Zemi negativně ovlivňuje životní prostředí tím, že způsobuje ztrátu biologické rozmanitosti, erozi půdy a kontaminaci povrchových a podzemních vod a půdy.<sup>21</sup>

K těžbě surovin se používají nebezpečné chemické látky, jako je kyanid, kyselina sírová nebo chlor, které poškozují biologickou rozmanitost, pracovníky i místní obyvatele. Například loužení na haldách a trhací práce vedou ke zvýšenému obsahu kyanidu a sloučenin dusíku (amoniaku, dusičnanů, dusitanů) ve vodních zdrojích. Špatná kvalita vody ovlivněná těžbou je nejen nevhodná pro lidskou spotřebu, ale má také ničivé účinky na vodní útvary (řeky, jezera) a vodní organismy. Kvalita povrchových vod má negativní vliv i na suchozemské volně žijící živočichy.<sup>22</sup>

Bohužel ceny vzácných kovů nejsou ještě natolik vysoké, aby se výdaje na překonání tak velké vzdálenosti vyplatily. Také je třeba brát v potaz, že pokud by z asteroidu bylo dopraveno větší množství drahých kovů, ceny na trhu by spadly a investice by se takto investorům nevyplatila. V blízké době se těžba soustředí na dvě věci, a to je voda a helium (resp. izotop Helium-3), přičemž vodu je velice drahé do vesmíru dopravit. SpaceX si účtuje 2500 dolarů za každou libru (0,45 kg) nákladu. Hlavní využití vody je jako raketové palivo, také se voda samozřejmě

---

<sup>20</sup> REE – Rare Earth Elements and their Uses. GEOLOGY [online]. ©2023 [cit. 2.5.2023]. Dostupné z: <https://geology.com/articles/rare-earth-elements/>

<sup>21</sup> How can metal mining impact the environment? AGI [online]. ©2023 [cit. 2.5.2023]. Dostupné z: <https://www.americangeosciences.org/critical-issues/faq/how-can-metal-mining-impact-environment>

<sup>22</sup> What Is The Environmental Impact Of The Mining Industry? WORLD ATLAS [online]. ©2023 [cit. 2.5.2023]. Dostupné z: <https://www.worldatlas.com/articles/what-is-the-environmental-impact-of-the-mining-industry.html>

využívá pro udržení životních funkcí atd. Izotop Helium-3, někdy nazývané také tralfium, je lehčí a mnohem méně běžný izotop helia, tvořící asi 0,000137 % tohoto prvku v přírodě. Využívá se jako palivo k nukleární fúzi, kryogenice a u lékařských zobrazovacích metod.

## 2.7 JAK TĚŽIT ASTEROIDY?

Těžba ve vesmíru probíhá rozdílněji, než zde na Zemi. Existuje mnoho vědeckých návrhů, v této části se budu zabývat dvěma prototypy. Těmi jsou RAP (Robotic Asteroid Prospector) a Worker bees společnosti TransAstra. Oba tyto prototypy fungují na principu optické těžby („optical mining“).

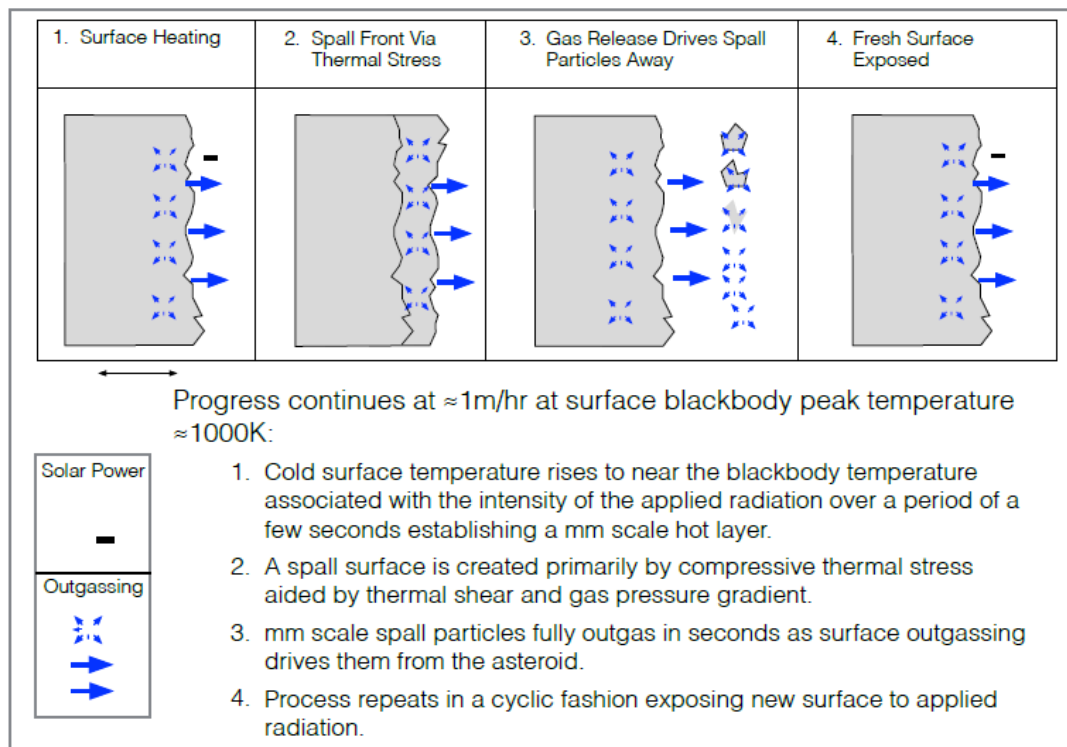
### 2.7.1 Optická těžba

Optická těžba je oproti klasickým technikám těžení (kterými jsou například vrtání, řezání a drcení) výhodná v tom, že nezáleží, jaký materiál budeme těžit – nezáleží totiž na tvrdosti a hustotě materiálu. Tento přístup byl představen v kompletním návrhu těžební lodi Robotic Asteroid Prospector (RAP) v roce 2013.

Základní princip spočívá v soustředění slunečních paprsků do jednoho bodu, jež začne doslova materiál z asteroidu vypařovat – přesněji pod povrchem se zahřejí částice natolik, že se snaží uniknout, čímž odštěpují a odkrývají další vrstvy materiálu.<sup>23</sup>

---

<sup>23</sup> CNBN, 2022. What Happened To Space Mining? YouTube video. [cit. 30.4.2023]. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=HZPy8hH86LY&list=PLqsn3JEo5bN77rVXUi5P6tf9hGujzr20r&ab\\_channel=CNBC](https://www.youtube.com/watch?v=HZPy8hH86LY&list=PLqsn3JEo5bN77rVXUi5P6tf9hGujzr20r&ab_channel=CNBC)



Obr. 8 – schéma získávání plynů

### 2.7.2 Robotic Asteroid Prospector

Zařízení se skládá z několika základních částí. Těmi jsou parabolické solární koncentrátoři (parabolická zrcadla), záchytné pytle, pohon, AR sondy, robotičtí pavouci a úložné prostory pro plyny (cold traps).

#### Přeměna solární energie

Solar Thermal Propulsion (STP) je systém je založený na maximálním zpracování tepla získaného ze solárního koncentrátoři (rozkládací parabolické zrcadlo). Tento princip vychází z trojí schopnosti, kterou může STP poskytnout: tepelnou energii pro rychlou expanzi pohonné hmoty a generování tahu, procesní teplo pro těžební a zpracovatelské operace a elektrickou energii pro podporu funkcí kosmické lodi. Elektrická energie by se vyráběla pomocí Stirlingova motoru. Jedná se o tepelný motor, který pracuje na základě cyklické komprese a expanze vzduchu nebo jiného plynu (pracovní kapaliny) mezi různými teplotami, což vede k čisté přeměně tepelné energie na mechanickou práci.

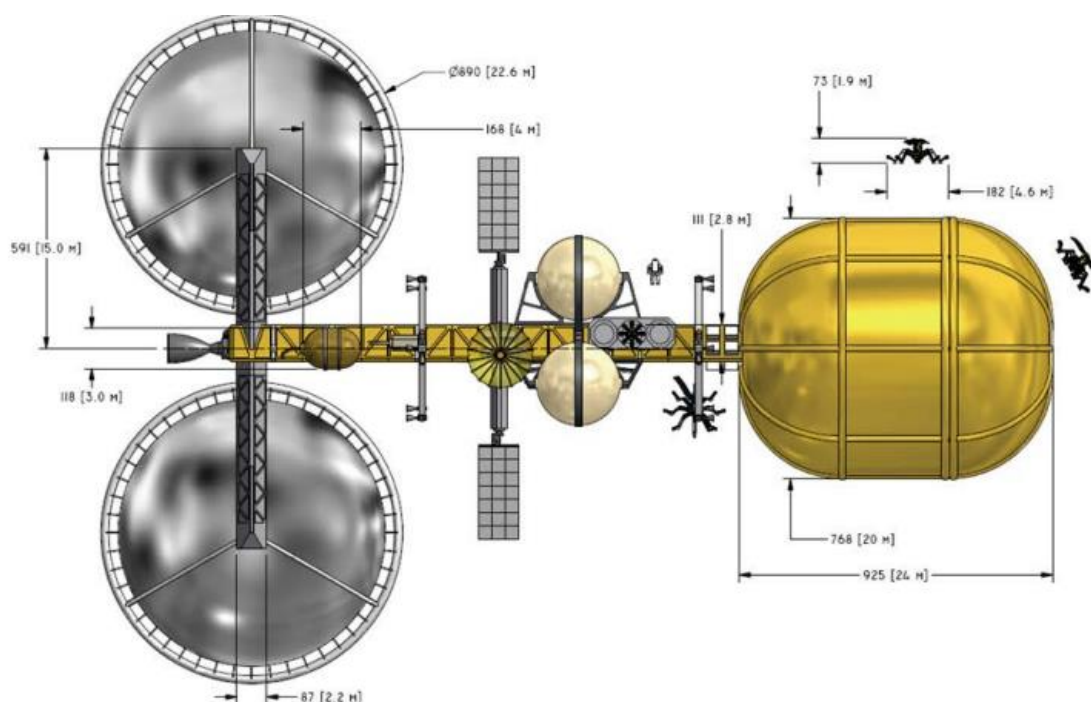


FIGURE 5.3. RAP Spacecraft Reference Configuration with Dimensions

Obr. 8 - schéma prototypu RAP

### Uložení materiálu

Návrh počítá pouze se zpracováním těkavých látek, nikoliv látek pevných v podobě strusky. Těkavé látky jsou uloženy v takzvaných „cold traps“ – vymrazovacích kapsách, které kondenzují všechny páry kromě stálých plynů na kapalinu nebo pevnou látku. Toto zabrání látkám v kontaminaci a možné ztrátě.

### AR Probe

Asteroid Reconnaissance Probe neboli ARProbe je sonda, která slouží k získávání malých vzorků pro analýzu a určení minerální třídy regolitu z hlediska přítomnosti vody, ať už se jedná o volnou nebo vázanou vodu. Sondy ARP jsou plně robotické systémy. Jsou malé a levné, a proto jich kosmická sonda RAP může nést desítky nebo i stovky.

### Pavouci

Pavouky jsou myšleni několikanohý roboti určení získávat volný regolit a zpracovávat ho buď in situ (přímo na místě) nebo ho dopravit ke zpracování na sondu RAP (ex situ).

### **Záchytný pytel**

Záchytný pytel je látkový nebo membránový kryt, který by asteroid zcela uzavřel. Navrhovaným materiálem je pohliníkový nebo pozlacený kapton laminovaný ripstop tkaninou. Kapton je polyamidová fólie používaná v ohebných tištěných obvodech (flexibilní elektronika) a v tzv. „space blanket“ neboli česky izotermické fólii.<sup>24</sup>

### **Zpracování materiálu**

Těkavé látky by byly hnány pomocí čerpadel do ionizační komory, kde by byl bombardován elektrony nebo jinými energetickými částicemi, což by způsobilo ionizaci molekul plynu. Tento proces by vytvořil směs kladně a záporně nabitých iontů.

Potom by ionizovaný plyn putoval do zařízení zvaného hmotností spektrometr, kde by byly hnány ionty přes elektromagnetické pole, což by způsobilo oddělení iontů na základě jejich poměru hmotnosti a náboje. Jedná se o třídění iontů, při kterém se oddělí různé prvky a sloučeniny ve směsi plynů. Jakmile jsou ionty odděleny, jsou podle svých chemických vlastností nasměrovány do různých sběrných komor nebo studených pastí.<sup>25</sup>

### **2.7.3 TransAstra**

Transastra vyvíjí technologie založené na již zmíněném RAP. Liší se pouze v tom, že systém je kompaktnější a nezahrnuje sondy či dodatečné roboty, naopak počítá například se zpracováním strusky. RAP byl určený pro těžbu asteroidů, které by měli maximální průměr kolem 20 metrů. TransAstra navrhuje i stroje schopné pojmout až čtyřicetimetrové asteroidy. TransAstra vyvíjí souběžně více systémů, které přímo i nepřímo souvisí s těžbou asteroidů. Jak již jsem zmínil budoucnost průmyslové těžby asteroidů je daleko a nejdříve je potřeba získat pozornost a důvěru investorů.

---

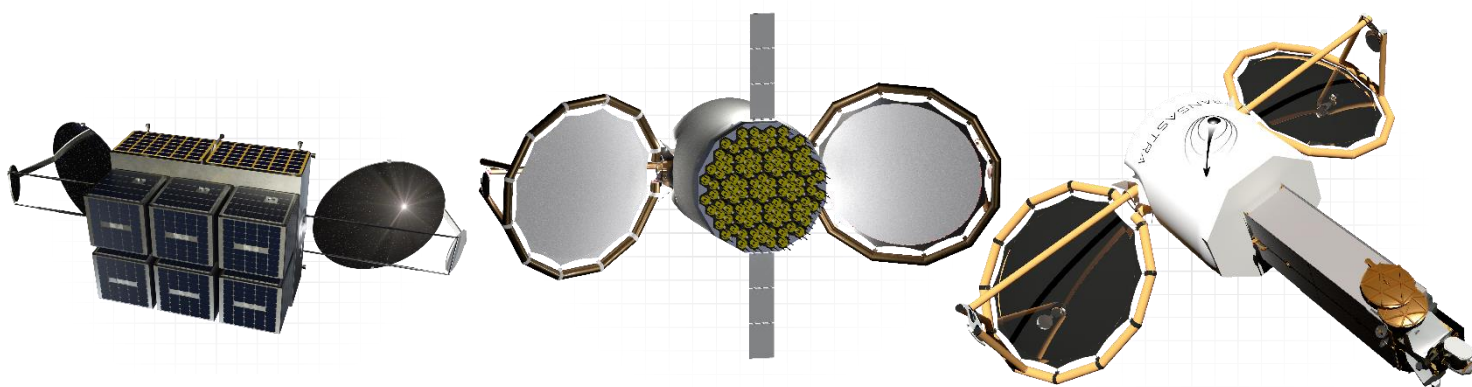
<sup>24</sup> WILCOX, Brian. SAN MARTIN, Miguel. GIERSCHE, Louis. Testbed for Studying the Capture of a Small, Free Flying Asteroid in Space. California: California Institute of Technology, 2015.

<sup>25</sup> COHEN, Marc M. Robotic Asteroid Prospector (RAP). Astrostructure. NASA, 2013



### Worker Bee

Worker Bee 1, 2 a 3 jsou zařízení určená na doručování nákladu. Od nejmenší Worker Bee 1 určené pro nízkou oběžnou dráhu Země a zátěž 200 kg, až po největší Worker Bee 3 s nosností až 30 000 kg určené do „tzv. deep space“. Termínem „deep space“ je označován otevřený kosmický prostor vzdálený od kosmických těles.



Obr. 9 - jednotlivé verze Worker Bee

### Systémy teleskopů Sutter

Systém nám umožňuje najít, sledovat a charakterizovat kosmické lodě a orbitální odpad o velikosti pouhých 5 cm v celém cislunárním prostoru a asteroidy o průměru několika metrů až do vzdálenosti 20krát větší, než je vzdálenost k Měsíci. Letové mise Sutter nám umožní objevit stokrát více asteroidů, než bylo dosud v historii lidstva identifikováno.

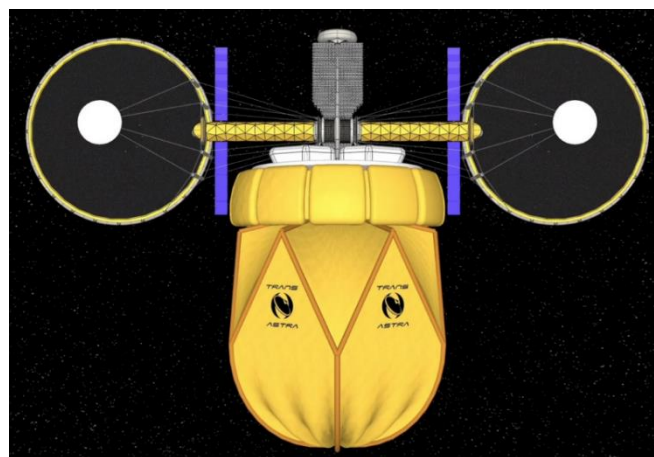
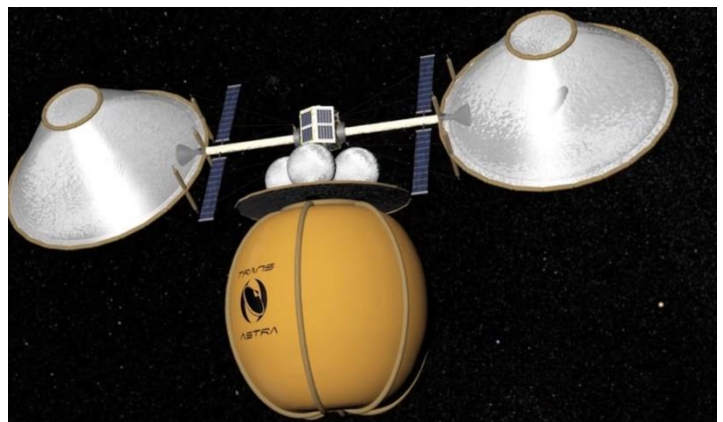
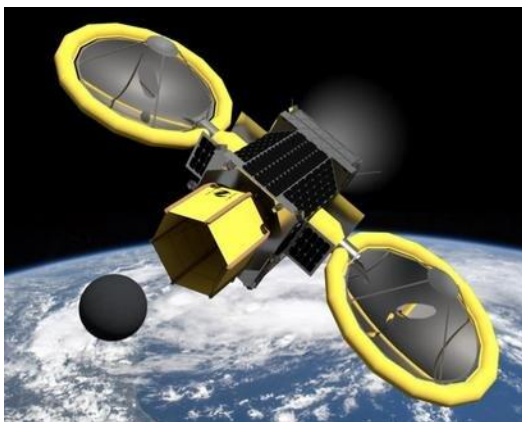
### Omnivore

Omnivore je již zmíněný pohonný systém využívající jako motor termální energii a vodu. Přesné informace k systému nejsou známy, jelikož se jedná o patentované obchodní tajemství. TransAstra je toho názoru, že jako pohonnou látku je možno využít prakticky jakoukoliv tekutinu. Bez drahých a těžkých solárních panelů potřebných pro elektrický pohon a s možností používat jako pohonnou látku téměř jakoukoli těkavou kapalinu poskytuje Omnivore 10× vyšší poměr tahu k hmotnosti než elektrický pohon. Bez nebezpečí a rizika chemických raketových

systemů nebo nákladů a nízkého tahu elektrických systémů poskytuje Omnivore nejlepší možnou kombinaci rychlého a cenově dostupného cestování vesmírem.

### Honey Bee

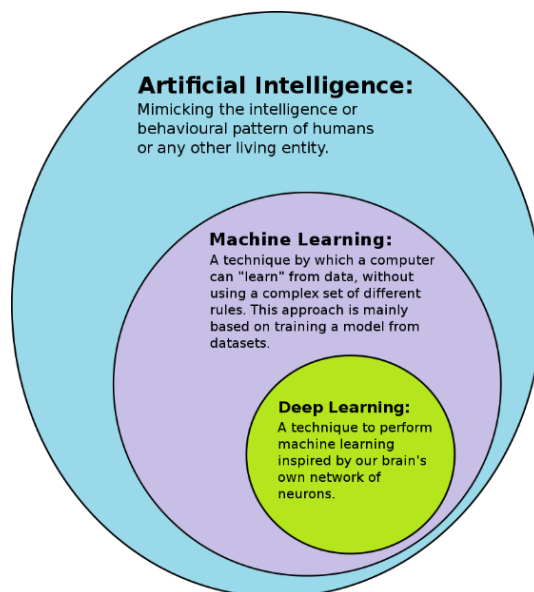
Hlavní stroje k těžbě se nazývají Mini Bee, Honey Bee a Queen Bee. Nejmenší je logicky z pojmenování Mini Bee, bude vážit kolem 250 kg a hlavním cílem bude otestování těžební technologie. Největší Queen Bee by měla zvládnout pojmout až čtyřicetimetrové asteroidy.<sup>26</sup>



Obr. 10 - jednotlivé verze těžebních strojů

<sup>26</sup> SERCEL, Joel C. APISTM (Asteroid Provided In-situ Supplies): NIAC Phase I Final Report. Lake View Terrace: ICS Associates Inc.2016





Obr. 13 - schéma kategorizace umělé inteligence

### 3 UMĚLÁ INTELIGENCE

Tuto část diplomové práce věnuji tématu umělé inteligence a jejímu využití pro generování obrázků.<sup>28</sup>

#### 3.1 CO JE TO UMĚLÁ INTELIGENCE

Umělá inteligence je počítačový systém, který vykazuje chování, jež je běžně považováno za chování vyžadující inteligenci, jako je například vnímání, syntéza a odvozování informací. Systém umělé inteligence kombinuje a využívá především strojové učení a další typy metod analýzy dat k dosažení schopností umělé inteligence.<sup>29</sup>

**Machine learning** neboli Strojové učení je studium počítačových algoritmů, které se automaticky zdokonalují na základě zkušeností. Algoritmy strojového učení vytvářejí model na

<sup>28</sup> Deep learning. WIKIPEDIA [online]. ©2023 [cit. 6.5.2023]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Deep\\_learning](https://en.wikipedia.org/wiki/Deep_learning)

<sup>29</sup> Artificial intelligence (AI). ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA [online]. ©2023 [cit. 6.5.2023]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence>

základě vzorových dat, tzv. trénovacích dat, aby mohly provádět předpovědi nebo rozhodnutí, aniž by k tomu byly výslovně naprogramovány.<sup>30</sup>

**Deep learning** neboli hluboké učení je součástí širší rodiny metod strojového učení zabývající se vývojem a využíváním algoritmů pro učení umělých neuronových sítí s hierarchickou reprezentací rysů. Architektury hlubokého učení, byly použity v oblastech, jako je například počítačové vidění, rozpoznávání řeči, zpracování přirozeného jazyka, strojový překlad, bioinformatika, navrhování léčiv, klimatologie a kontrola materiálů, kde dosáhly výsledků srovnatelných a v některých případech překonávajících výkon lidských expertů.<sup>31</sup>

**Umělé neuronové sítě (ANN)** jsou výpočetní systémy inspirované biologickými neuronovými sítěmi, které tvoří mozky zvířat.

Neuronová síť je založená na souboru propojených jednotek nebo uzlů zvaných umělé neurony, jejichž fungování připomíná fungování neuronů v biologickém mozku. Neurony mají více vstupních hodnot, ale jen jednu výstupní hodnotu. Vstupní hodnotou může být číslo nebo vektor.

Neurony jsou uspořádány do vrstev („layers“). Základní rozdělení vrstev je vstupní, skrytá a výstupní. Mezi nimi se nachází jedna nebo více skrytých vrstev ve kterých probíhá většina výpočtů. Vrstvy lze chápat jako multidimenzionální prostory, kde neurony definují jednotlivé osy prostoru.

Neurony z jedné vrstvy interagují s neurony v další vrstvě pomocí kanálů, které mají přiřazenou určitou numerickou hodnotu, tedy váhu. Vstupní hodnoty z neuronů jsou násobeny s váhou, a sečteny s dalšími korespondujícími neurony a jejich vahami, které putují do neuronu v další vrstvě. Hodnota, kterou neuron získá, se nazývá „Bias“ (neboli práh), a ta se přičte k hodnotě stávající. Aby neuron přenesl hodnotu do další vrstvy, musí se aktivovat – tzn. musí projít skrz aktivační (přenosovou) funkci.

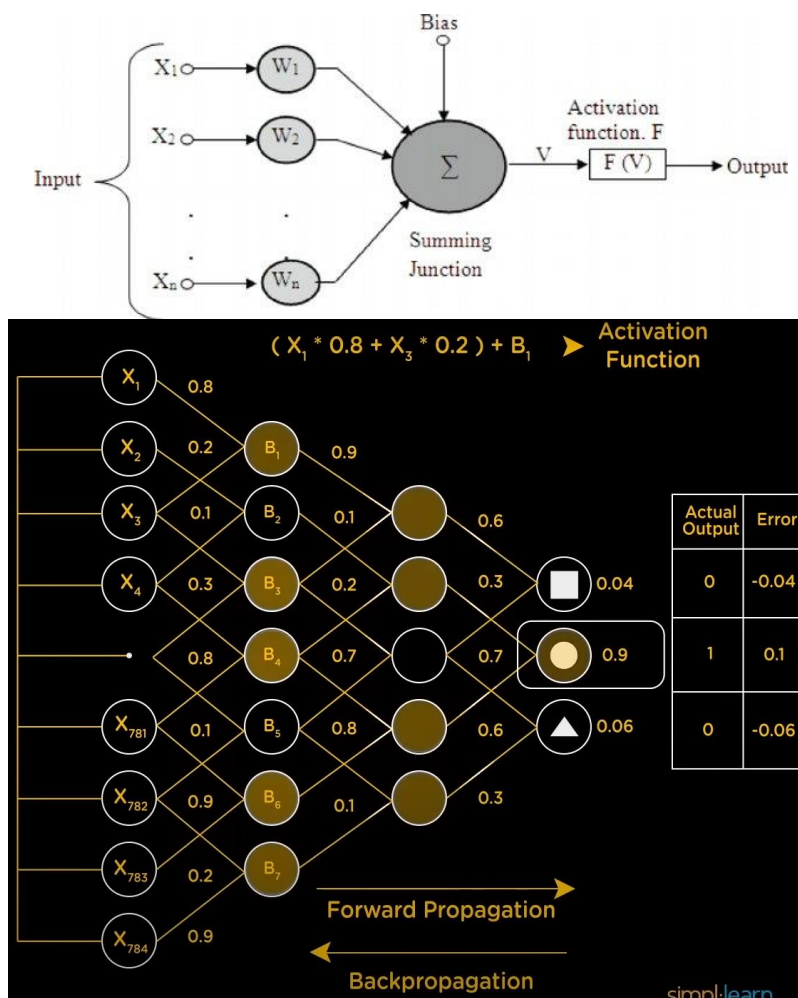
Ve výstupní vrstvě neuron s nejvyšším číslem představuje výstup – jedná se v podstatě o pravděpodobnost. Samozřejmě na první pokus nebude nejspíše výstup korektní, proto je jsou výstupy porovnány s požadovanými daty výstupu, a to je posláno zpět do neuronové sítě.

---

<sup>30</sup> Machine learning, explained. MIT SLOAN SCHOOL OF MANAGEMENT [online]. ©2023 [cit. 6.5.2023]. Dostupné z: <https://mitsloan.mit.edu/ideas-made-to-matter/machine-learning-explained>

<sup>31</sup> What Is Deep Learning? MATHWORKS GROUP [online]. ©2023 [cit. 2.5.2023]. Dostupné z: <https://www.mathworks.com/discovery/deep-learning.html>

Vysílání dat ze vstupu do výstupu se nazývá forward propagation a zpětně backpropagation. Proces probíhá tam a zpět, dokud nejsou váhy a prahy přiřazeny tak, aby výstupní hodnoty byly správné. Tomuto procesu se říká trénování. Trénování může zabrat hodiny, dny, nebo i měsíce. Také se může stát, že se síť přetrénuje – to znamená, že se síť přizpůsobila trendům v souboru dat, které jsou jedinečné pro trénovací soubor, a ne pro soubor dat jako celek. Jednoduše řečeno si síť zapamatuje trénovací příklady a při vložení dalších dat vykazuje velkou míru chybnosti. Dalšími problémy jsou například nedostatek trénovacích dat, špatná volba hyperparametrů (např. počet skrytých vrstev, počet neuronů v každé vrstvě atd.) a problémy s gradientem (vektor používaný k určení směru úpravy vah).



Obr. 14 - schéma neuronu a neuronové sítě

K trénování se využívají tři základní typy strojového učení. Těmi jsou supervised learning, unsupervised learning a reinforcement learning.

**Supervised learning** neboli učení s učitelem, spočívá v trénování pomocí dat, kde jsou vstupní hodnoty a odpovídající výstupy předem označené. Síť se snaží naučit se správně přiřadit vstupní hodnoty k odpovídajícím výstupním hodnotám. Příkladem může být klasifikace obrázků, kde je každý obrázek předem označen jako kočka nebo pes a neuronová síť se snaží naučit se rozpoznávat, který obrázek patří k jaké třídě.

**Unsupervised learning** neboli učení bez učitele, spočívá v trénování na neoznačených datech. Síť se snaží najít struktury nebo vzorce v datech bez explicitních výstupních hodnot. Tento typ učení je často používán k shlukování dat, vyhledávání neznámých podobností a rozdílů v datech.

**Reinforcement learning** neboli zpětnovazební učení spočívá v tom, že síť dostává zpětnou vazbu z prostředí. Zpětnou vazbou je hodnota, kterou můžeme analogicky chápat jako odměnu, kterou se snaží síť maximalizovat. Síť se učí prostřednictvím tzv. trial-and-error, tj. opakovaného testování různých akcí a zjišťování, jaké odměny s nimi souvisejí.

## 3.2 STABLE DIFFUSION

Stable Diffusion je latentní difuzní model, druh hluboké generativní neuronové sítě. Používá se především ke generování obrázků pouze pomocí zadání textového popisu (text prompt), lze jej však použít i pro další úlohy jako je inpainting, outpainting a image-to-image. Model byl vyvinut ve spolupráci společností Stability AI, CompVis LMU a Runway. Byl vydán v srpnu 2022 a na rozdíl od ostatních obrázkových generátorů, jako je například Dall-E nebo Midjourney, má uživatel nad generováním mnohem větší kontrolu. Program je OpenSource a může být spuštěn i lokálně na uživatelské počítači. Ostatní generátory jsou totiž dostupné pouze přes webové servery a jejich zdrojové kódy a váhy nebyly zveřejněny.

### 3.2.1 Jak Stable Diffusion funguje?

Latentní prostor v tomto kontextu znamená zredukovaný/zkompresovaný dimenzionální prostor. Díky latentnímu prostoru pracují modely rychleji s menším množstvím dat.

Difusní model znamená že neuronová síť je vycvičena k odstranění šumu ze snímků (na kterých je aplikovaný Gaussův šum) tím, že se učí obrátit proces difúze.<sup>32</sup>

Skládá se 2 základních části, jimiž jsou Text encoder a Image generator, dohromady je složený ze tří neuronových sítí.<sup>33</sup>

#### Textový encoder

Jako textový encoder je použit model ClipText (pro druhou verzi Stable diffusion vylepšená větší verze OpenClip). Text je v této části převeden na takzvané „token embeddings“, což jsou vektory, které reprezentují slova, přesněji části slov.

ClipText byl vytrénován pomocí Supervised learning na souboru dat s 5 miliard obrázků a jejich popisky („tags“). Obrázky byly získány z internetu spolu s jejich ALT tagy, což jsou součásti zdrojového kódu stránky, tedy popisy obrázků, které se zobrazují v případě, že nedojde k načtení obrázků.

#### Image generator

Image generator se skládá z částí Image generation creator, což je zjednodušený termín pro část komponent, které zpracovávají obraz do datových informací, a Image decoder (komponenta, která vykreslí finální skutečný obraz).

#### Image generation center

Image generation center se skládá z komponent UNet, což jsou konvoluční neuronové sítě, a Scheduler, plánovacího algoritmu. Pracuje zcela v latentním prostoru a informace jsou zde postupně krok za krokem přetvořeny na obraz (ne však v obraz v pravém smyslu, jelikož v této fázi jej ještě nemůžeme shlédnout vzhledem k tomu, že není ve vizuální podobě). Jako vstup

---

<sup>32</sup> How does Stable Diffusion work? STABLE DIFFUSION ART [online]. ©2023 [cit. 2.5.2023]. Dostupné z: <https://stable-diffusion-art.com/how-stable-diffusion-work/>

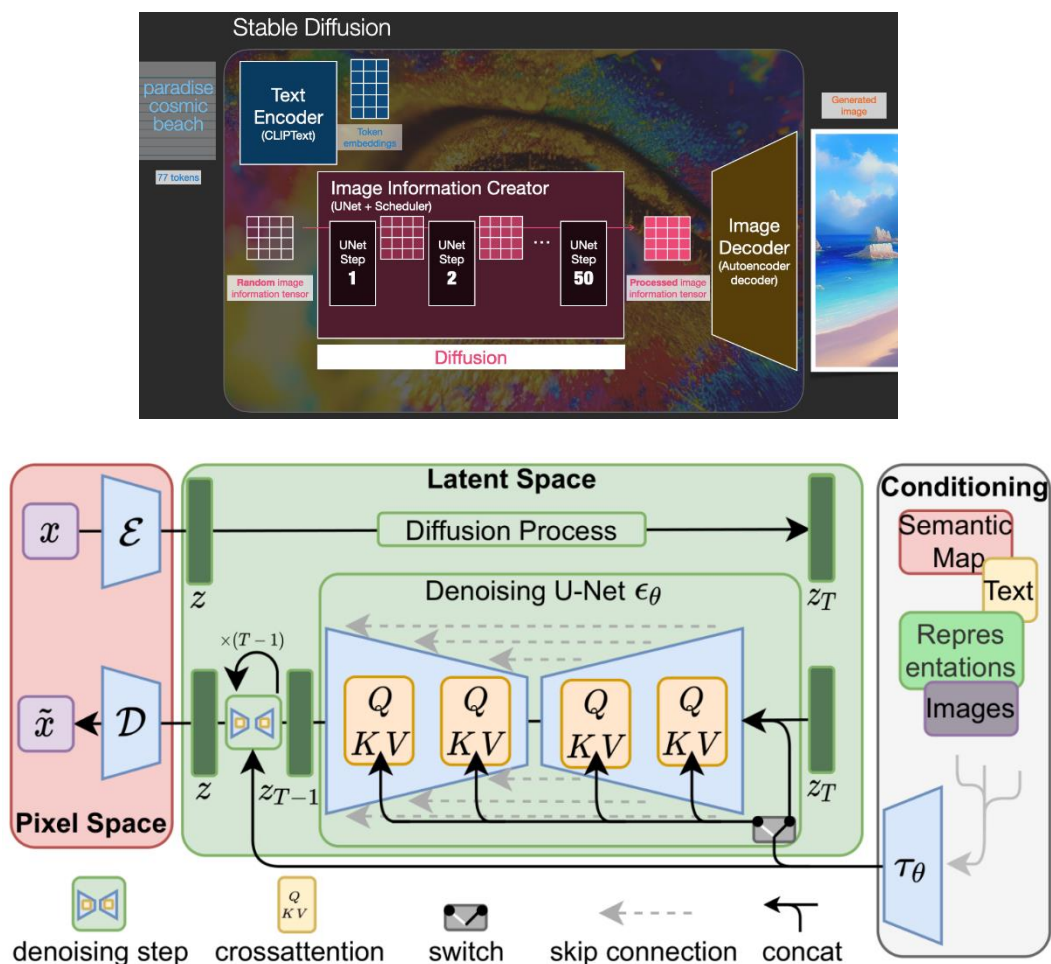
<sup>33</sup> Stable Diffusion Version 2. GITHUB [online]. ©2023 [cit. 2.5.2023]. Dostupné z: <https://github.com/Stability-AI/stablediffusion>



do komponenty přichází multidimenzionální pole (angl. „array“, zvaný též jako tenzor – strukturovaná tabulka čísel).

UNet je trénován vkládáním obrázků s určitou úrovní šumu. Postupně je několikrát za sebou přidáván další šum (difúze), až zůstane jen šum samotný. Pak se proces obrátí a síť se pokusí ze šumu zrekonstruovat stejný obraz zpět („zpětná difúze“).

Stejný proces probíhá během samotného generování obrázků. Komponent začíná s náhodným šumem (náhodným tenzorem) do kterého jsou díky „text embeddings“ postupně přidávány další a další data, z nich vznikne strukturovaný tenzor, který decoder převede na reálný obraz.



Obr. 15 - schéma fungování Stable Diffusion

### 3.2.2 Důležitá nastavení

#### Steps

Steps jsou jednotlivé kroky, které přeměňují šum na požadovaný obrázek, přičemž platí, že čím více kroků je provedeno, tím přesnější jsou hrany a celkový výsledek.

#### Samplers – vzorkovače

Samplers neboli vzorkovače, jsou algoritmy, které při každém kroku porovnávají obrázek a prompt. Liší se v rychlosti. Nejpoužívanějšími vzorkovači jsou Euler A, DDIM a DPM ++. Není žádné pravidlo, které by určovalo, jaké vzorkovač používat, přesto jejich volba silně ovlivňuje výsledný vzhled. Záleží na používaném modelu a osobní preferenci.<sup>34</sup>

#### CFG Scale

CFG („classifier-free guidance scale“) je škála, která ovlivňuje, nakolik se obrázek blíží textovému promptu a nakolik k náhodnosti. Můžeme nastavit číslo od 1 do 30. Nižší čísla dávají umělé inteligenci větší volnost v kreativité, zatímco vyšší čísla ji nutí více se držet zadání. V případě Img2Img CFG škála rozhoduje nakolik se obrázek blíží vstupnímu obrázku a nakolik promptu.<sup>35</sup>

#### Seed

Seed je číslo, které určuje, jak vypadá počáteční náhodný šum. Pokud využijeme konkrétní seed budou se nám generovat podobné varianty, pokud náhodný, budou výsledné varianty mnohem více rozdílné.

---

<sup>34</sup> What is Sampling? STABLE DIFFUSION ART [online]. ©2023 [cit. 2.5.2023]. Dostupné z: [https://stable-diffusion-art.com/samplers/#What\\_is\\_Sampling](https://stable-diffusion-art.com/samplers/#What_is_Sampling)

<sup>35</sup> What is CFG Scale in Stable Diffusion and How to Use It. DECENTRALIZED CREATOR [online]. ©2023 [cit. 2.5.2023]. Dostupné z: <https://decentralizedcreator.com/cfg-scale-in-stable-diffusion-and-how-to-use-it/>

### 3.2.3 Další funkce

Kromě klasického Text2img mají generátory více funkcí. Je zde obrácený proces Img2text, který naopak obrázek popíše a jako výstup dostaneme prompt. Dále je zde například „inpainting“ a „outpainting“. Inpainting může část obrázku umazat a podle promptu nám generátor dokreslí požadovanou věc, outpainting dokresluje obrázek mimo jeho původní okraje. Generátory také zvládnou obrázkům zvyšovat rozlišení, což je označováno jako „upscaling“. Ve Stable Diffusion je možnost také předtrénované modely slučovat, a trénovat vlastní.

Toto jsou pouze základní možnosti, ve skutečnosti je jich mnohem více a díky tomu, že Stable diffusion je opensource, jeho komunita roste a vytváří vlastní modely, doplňky a rozšíření.

## II PRAKTICKÁ ČÁST

## 4 DESIGN VESMÍRNÉ TĚŽAŘSKÉ LODI A JEHO VARIACE POMOCÍ UMĚLÉ INTELIGENCE

### 4.1 ZADANÍ PARAMETRŮ DESIGNU VESMÍRNÉ LODI

Parametry vychází z předešlého výzkumu prototypů těžebních zařízení a zasazení do prostředí resource – management hry.

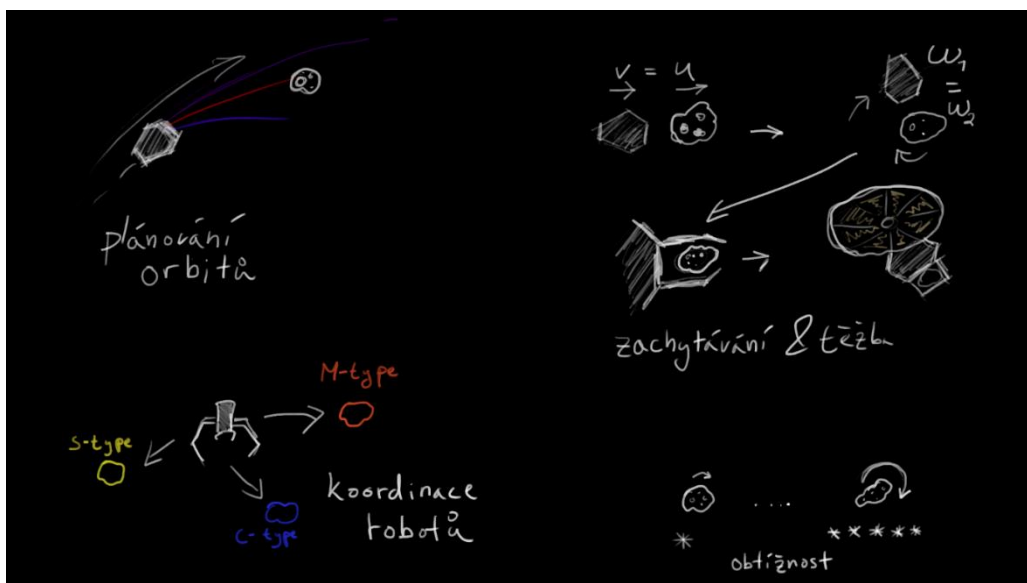
#### 4.1.1 Popis hry z Game Design dokumentu:

##### YEAR 2222: ASTEROID MINING

*Space resource management strategy based on experimental scientific technology*

Popis:

Úkolem hráče je během jednoho orbitálního letu vytěžit předem určené množství materiálu. Mnohoroční mise probíhá ve zrychleném tempu. Hráč ovládá svoji těžařskou loď a přidružené těžařské roboty. Loď může zpracovávat zároveň jeden velký asteroid a roboti donášejí malé úlomky asteroidů. Hráč z asteroidů kromě vzácných materiálů získává také palivo, které slouží k pohonu lodi a robotů. Na začátku kola si hráč naplánuje svůj orbitální let a vidí přibližné složení asteroidů, které při svém letu může zachytit. Vyslání robotů vyžaduje preciznější plánování, jelikož roboti mají omezené palivové nádrže – čím dále se od hlavní trasy loď odkloní, tím více plývají palivem a časem. Hra je tedy jakousi hospodářskou strategií, ve které jsou hlavními zdroji materiály ke splnění mise, palivo a čas. Hra končí přiletem do startovní pozice tzn. orbit Země/Marsu a vyhodnocení úspěšnosti mise. Skica způsobu zachycení asteroidu:

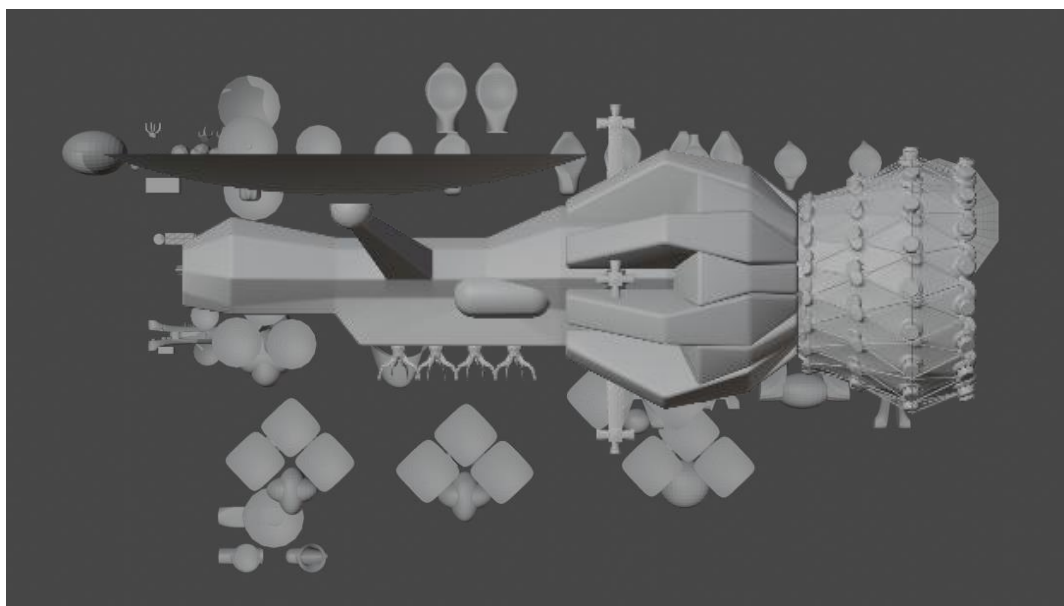


Z těchto informací nám vychází toto:

Lod' bude využívat principu Optical Mining, to znamená že zdrojem energie bude dominantním prvkem solární koncentrátor. Záchytný pytel by měl být v ideálním případě v jedné ose s motory (záchytný pytel vpředu a motory nasměrované na druhou stranu), jelikož se budeme s lodí pohybovat po oběžných drahách kolem Slunce. Ze zadání hry vychází, že by lod' měla mít velké úložné prostory, aby pojmula materiál z více asteroidů. Velikost lodě by měla být určena pro asteroidy, které jsou o průměru 100 metrů a více. Jelikož se nenacházíme příliš daleko v budoucnosti, mým cílem bylo se inspirovat především skutečnými stroji, základní kostra by tedy měla být tvořena příhradovou konstrukcí, vytvořenou z kovových trubek.

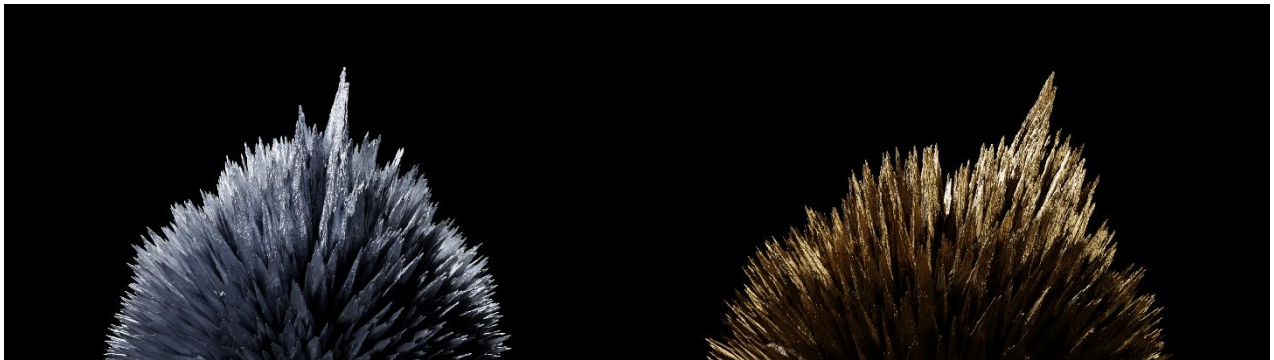
## 4.2 PRVOTNÍ SKICY A 3D MODELY

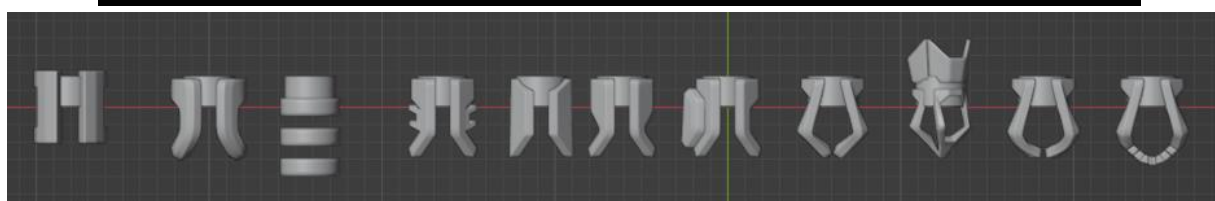
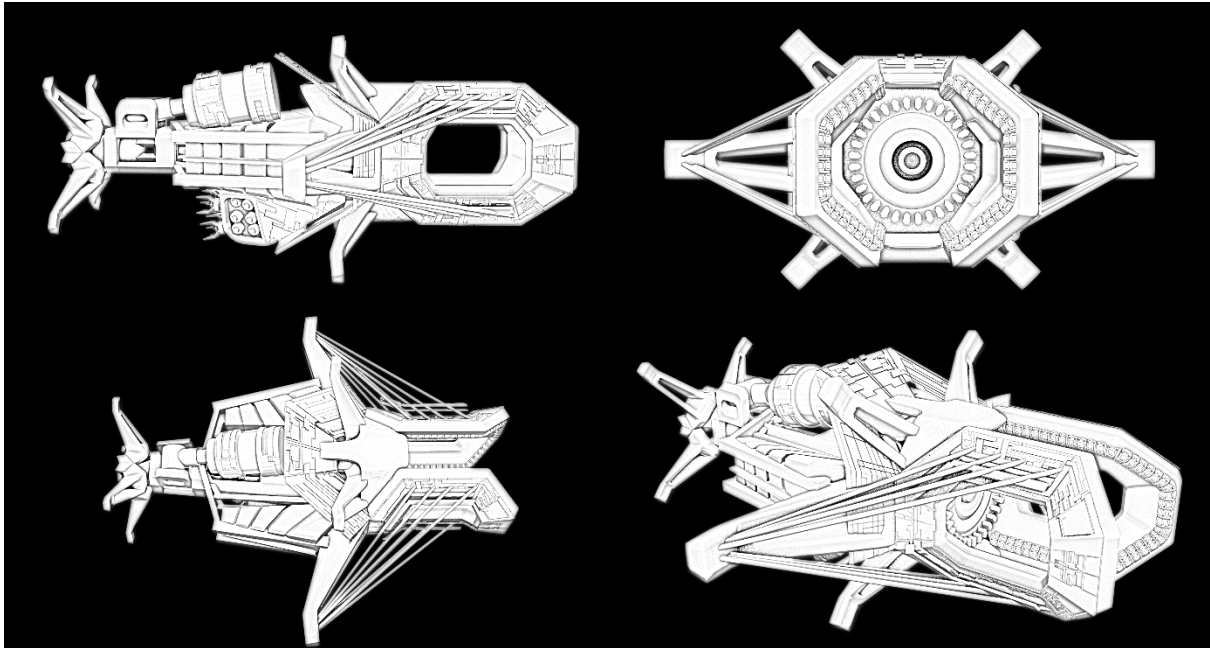
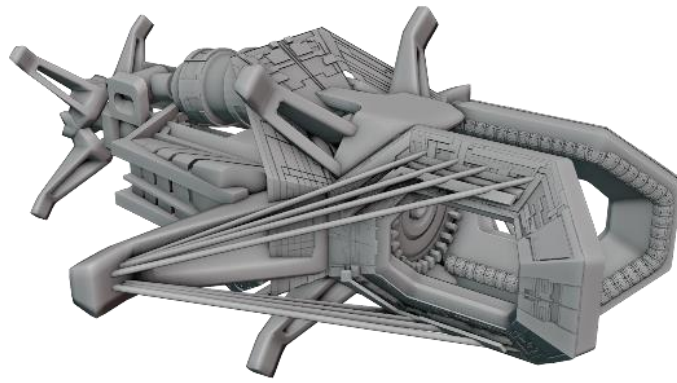
Základní chybou bylo, že jako první jsem se snažil vyřešit siluetu, nikoliv abych řešil základní mechanické komponenty. Na skicích a 3D modelech jsem se snažil vyřešit to, že na prototypy počítají se dvěma solárními koncentrátory, což vytváří „nešťastnou“ falickou siluetu. Z výzkumu jsem zjistil, že dva jsou proto, že solární koncentrátory obstarávají jak těžbu, tak generování energie a pohon, a v případě poškození jednoho by lod' mohla dokončit misi s pomocí druhého. V této fázi mě napadlo jednoduché řešení, a to že lod' by mohla mít jeden velký koncentrátor, který by měl být skládací, aby při zachytávání a v kritických situacích mohl být složen a nedošlo k jeho poškození.



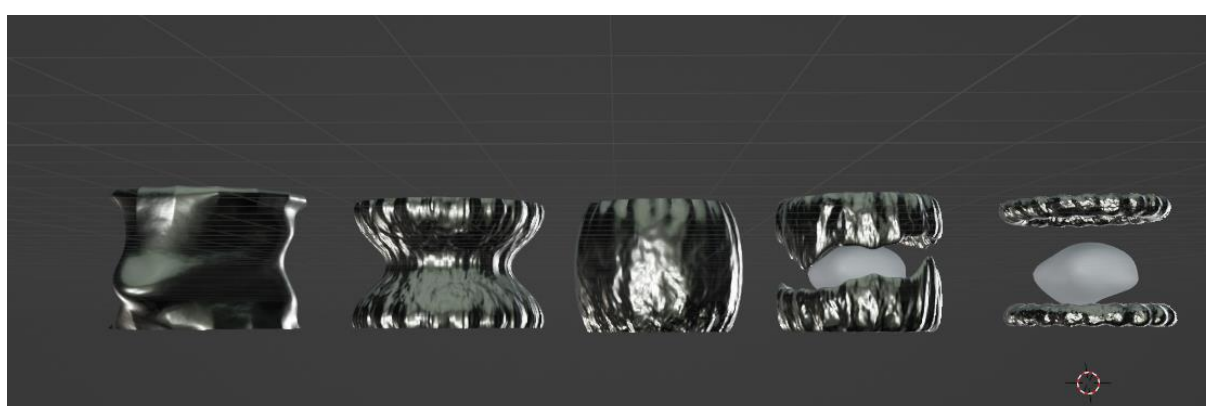
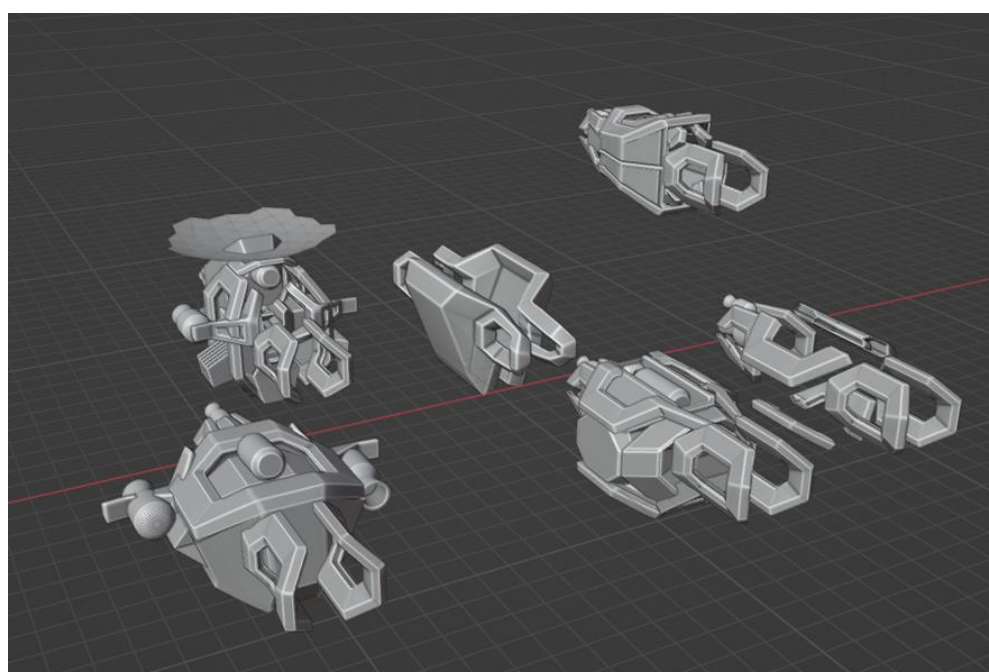
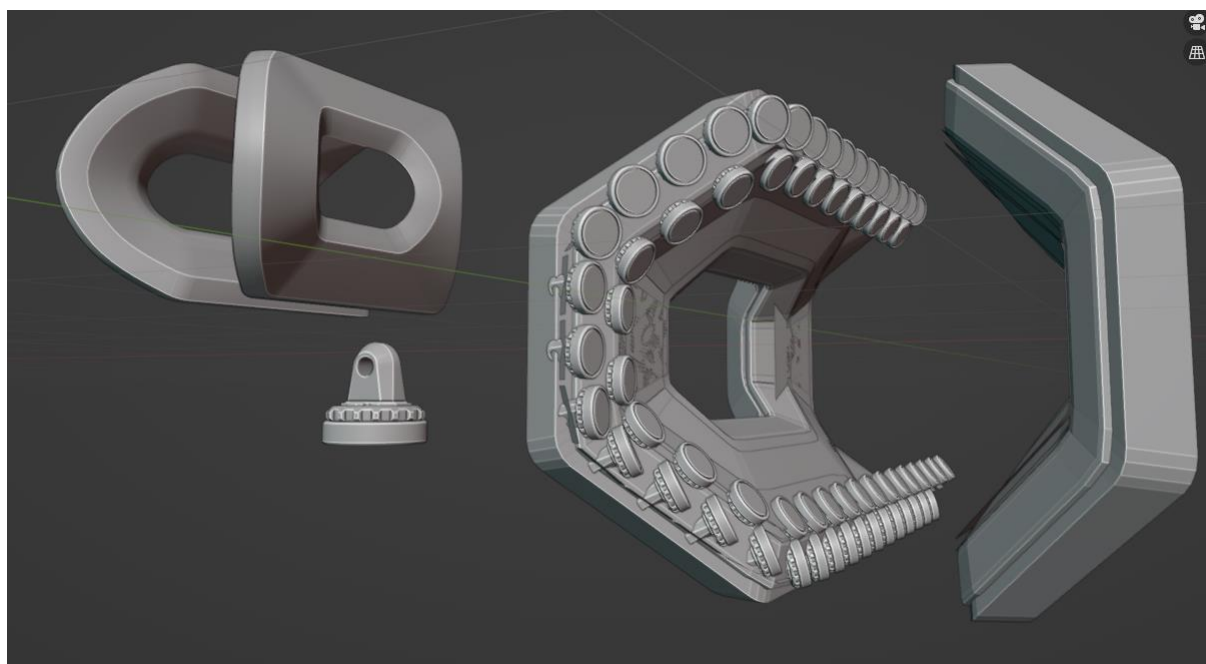
### 4.3 ALTERNATIVNÍ ŘEŠENÍ ZÁCHYTNÉHO PYTLE

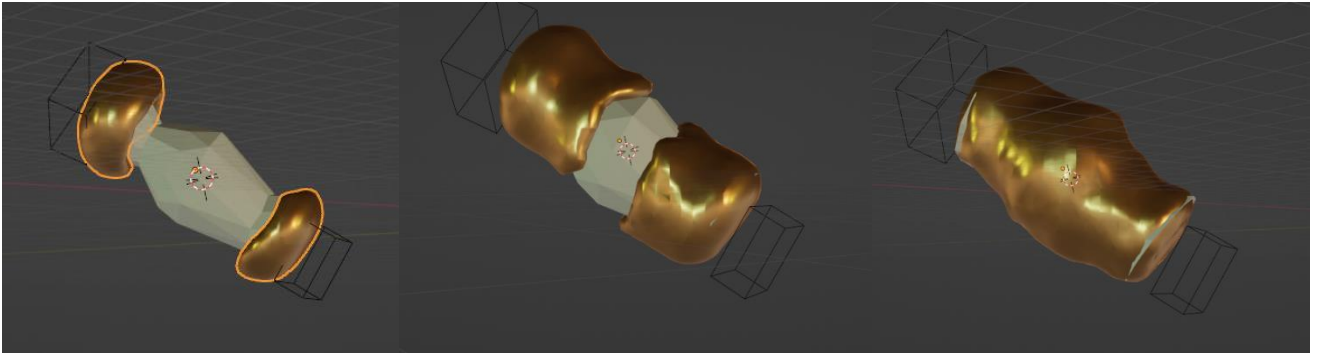
To, co mi také zprvu nesedělo do tvarového řešení, byl zachytávací pytel. Při hledání možných materiálových řešení jsem narazil na takzvané chytré tekutiny (smart fluids) - tedy tekutiny, které mění fyzikální vlastnosti působením elektrického nebo magnetického pole. Nápadem bylo, že tekutina by se v tekutém stavu obalila pomocí obřích elektromagnetů kolem asteroidu a následně by se změnila na pevnou/gumovou strukturu, která by bezpečně držela asteroid na místě. Toto řešení mi přišlo velice vizuálně lákavé, proto jsem vytvořil mnoho návrhů (skicy, 3D modely, simulace). Hlavním problémem ale je, že tekutiny je kvůli hustotě příliš drahé transportovat do vesmíru, zároveň by se v tekutém stavu mohla kapalina kontaminovat. Jednoduše řečeno, nakonec jsem tento nápad opustil a to z toho důvodu, že zbylý design jsem založil na reálných konstrukčních principech a toto bylo příliš „ulítlé“ řešení.





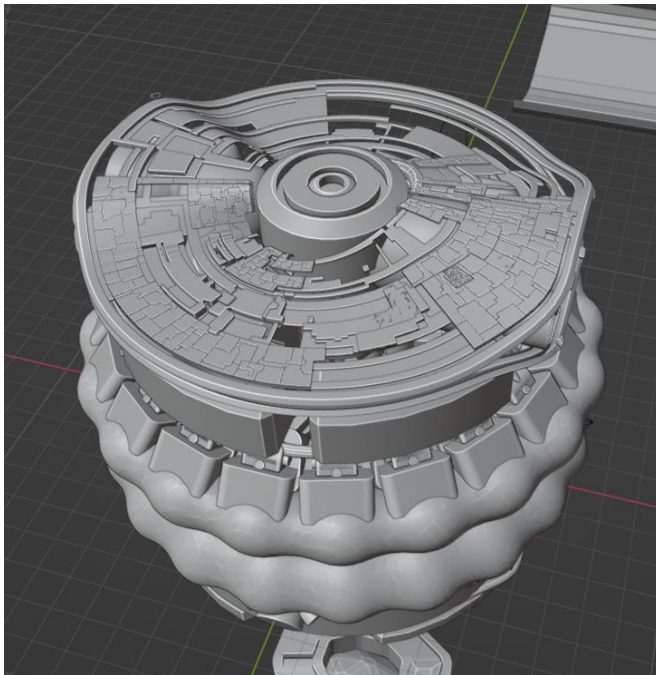


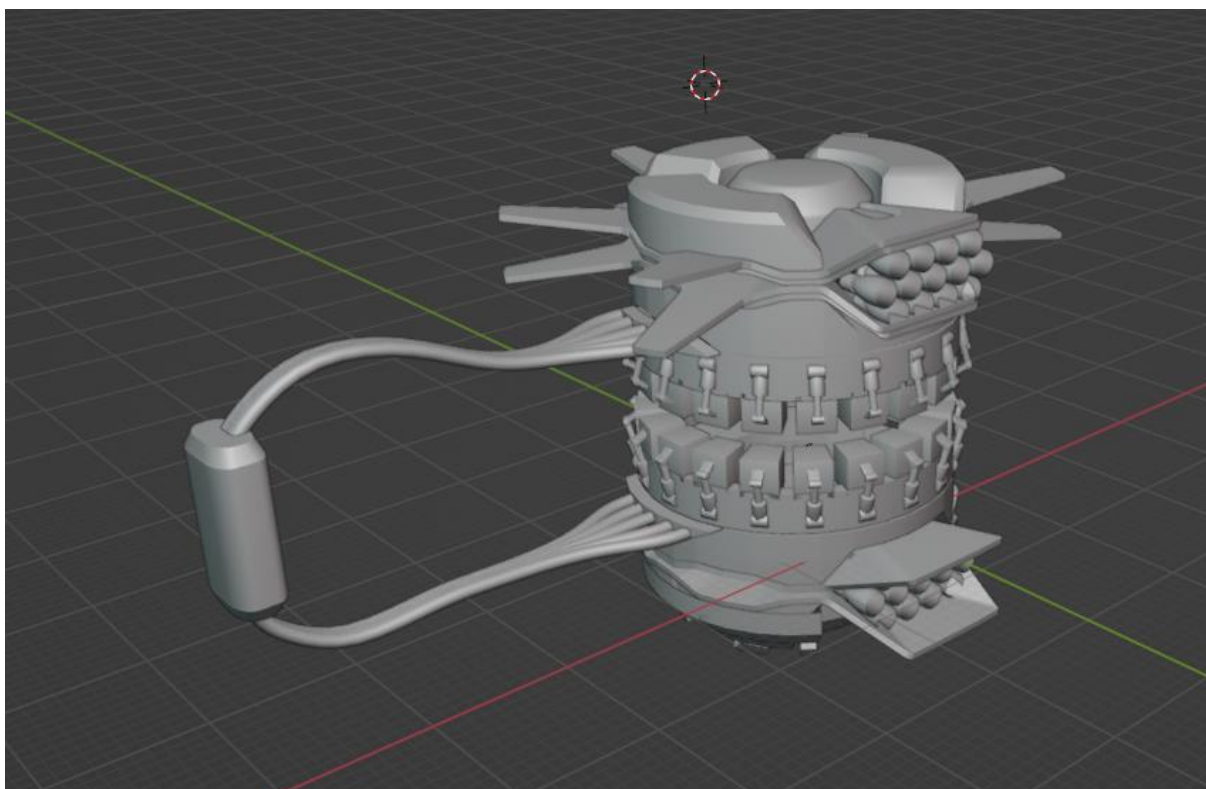
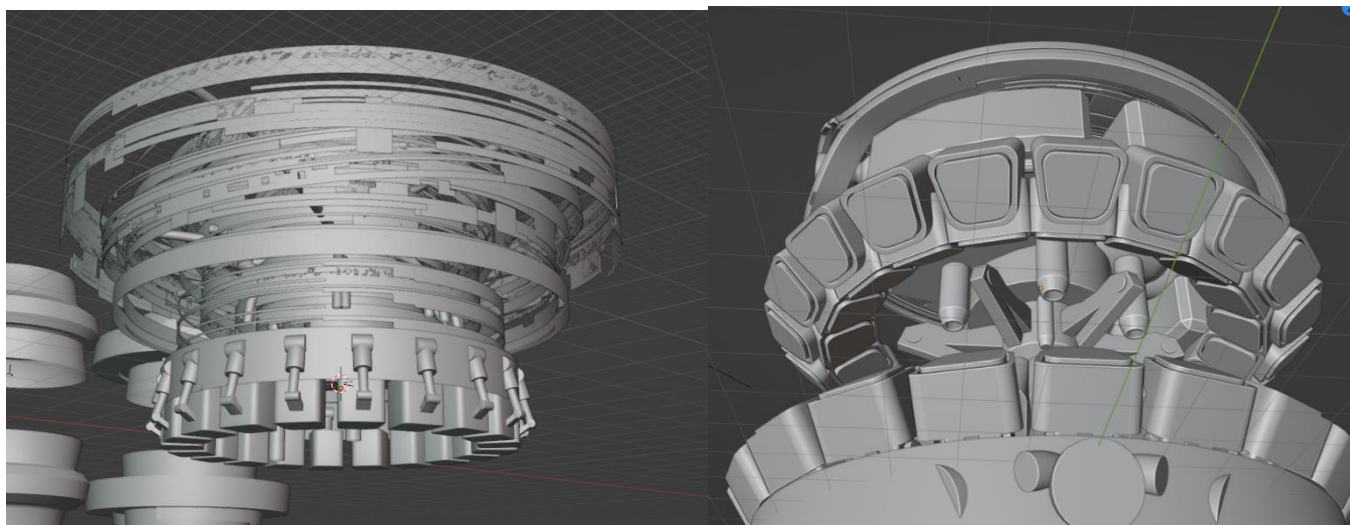




## 4.4 RANDOM FLOW

Při tvorbě jsem se naučil s add-onem do Blenderu, kterým byl Random Flow. Random Flow je placený multifunkční add-on, jehož hlavním použitím je na čtyřhranných plochách vytvářet různá vytažení, rozdělení a náhodnou distribuci objektů (jako jsou např. trubky a kabely).

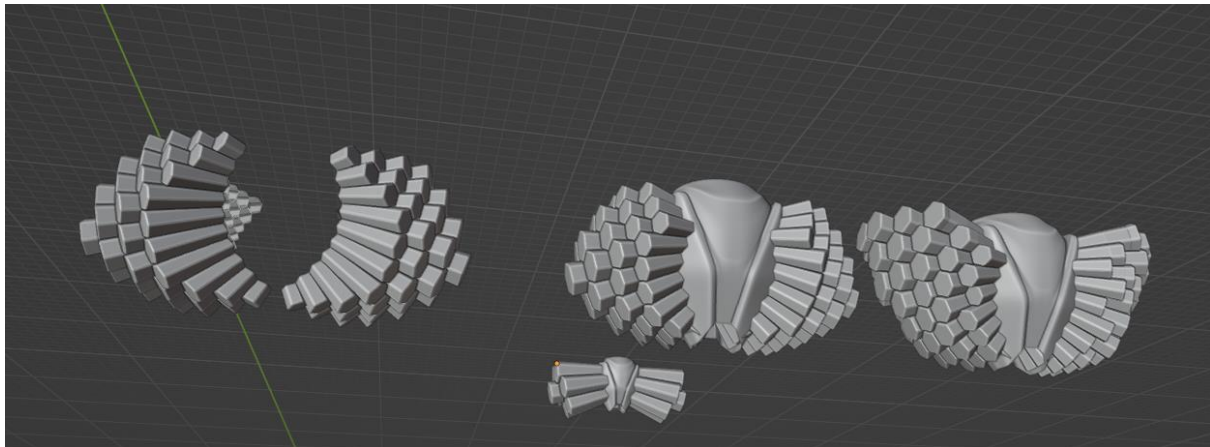




## 4.5 ÚLOŽNÝ PROSTOR PRO MATERIÁL

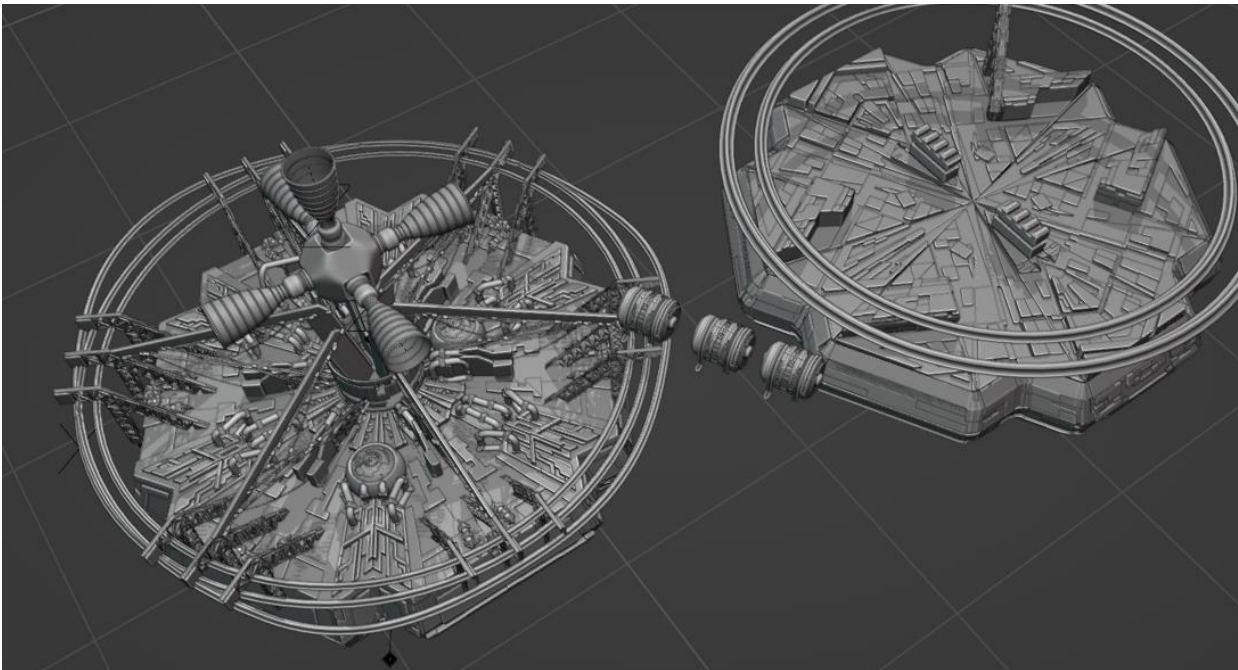
V další fázi návrhu jsem řešil, kam by se ukládal materiál z asteroidů. Napadlo mě, že by bylo příhodné, aby se úložné prostory graduálně zvětšovaly. Z těžení asteroidů by měl hráč vizuální odezvu, také by se hráči plynule ztěžovalo ovládání lodě a musel by se více snažit, gameplay by tak nebyl monotónně stejný. Přemýšlel jsem, jak by se toto dalo implementovat do mých přechozích návrhů. Možností byla nějaký vnitřní rostoucí struktura, ale to by nebylo příliš vizuálně zajímavé. Tudíž jsem se dostal k návrhu, kde zásobníky rostou 3D tiskem směrem mimo vesmírnou loď. Zvolil jsem tvar komolého šestihenného jehlanu, inspirovaný včelí pláství. Tento tvar je ideální, protože je velice pevný a úsporný – pravidelná šestiúhelníková mřížka neboli voština má nejmenší celkový obvod ze všech rozdělení roviny na oblasti o stejné ploše.

Aby loď byla vyvážená, umístil jsem úložné prostory na strany a nahoře nechal místo pro solární koncentrátor. Na dolní straně se nachází sekundární vstup do záchytného pytle pro malé úlomky z asteroidů donesené roboty.



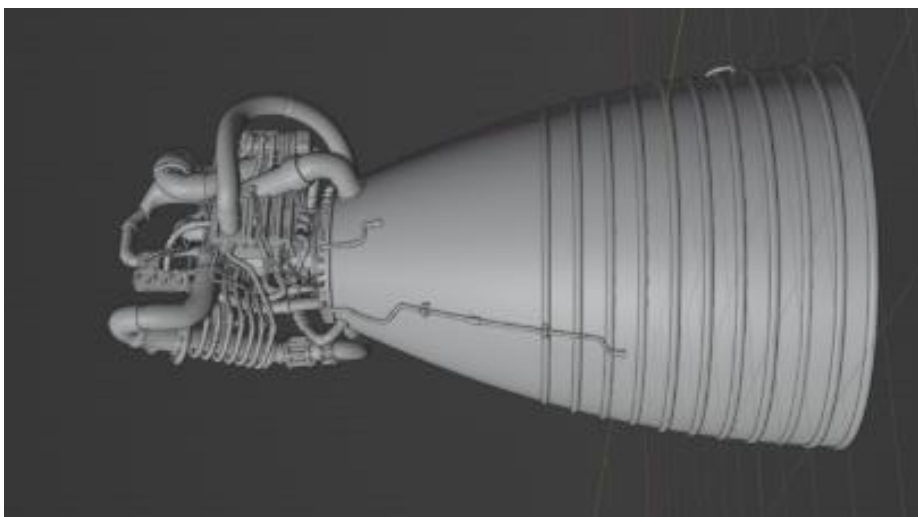
## 4.6 TISKOVÉ VĚŽE

Vytvářel jsem více různých variant tiskové věže, z většiny se spíše jednalo o zkoušky Random flow. Věž má 2 hlavní tiskové oblasti – horní tiskne pilíře, na kterých je níže ukotvena a druhá tiskne pod sebou samotné úložné prostory. Každá věž má také trysky, které slouží k otáčecím manévřům.



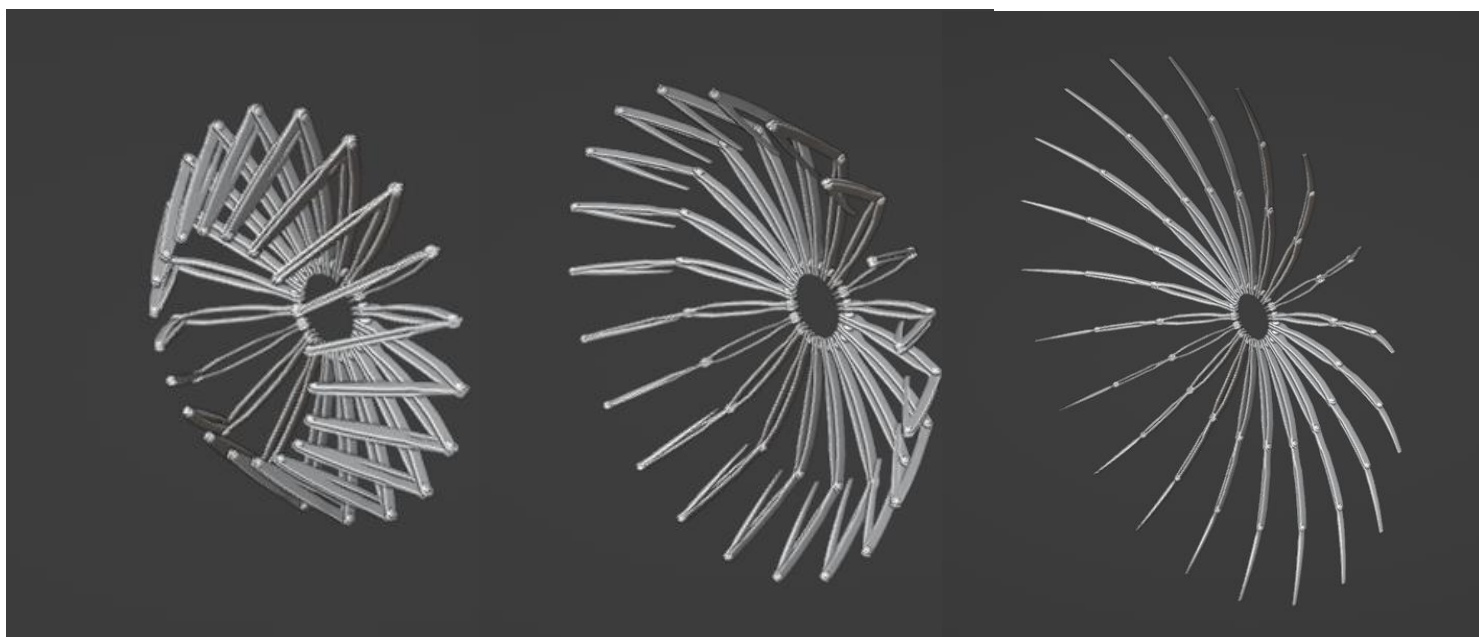
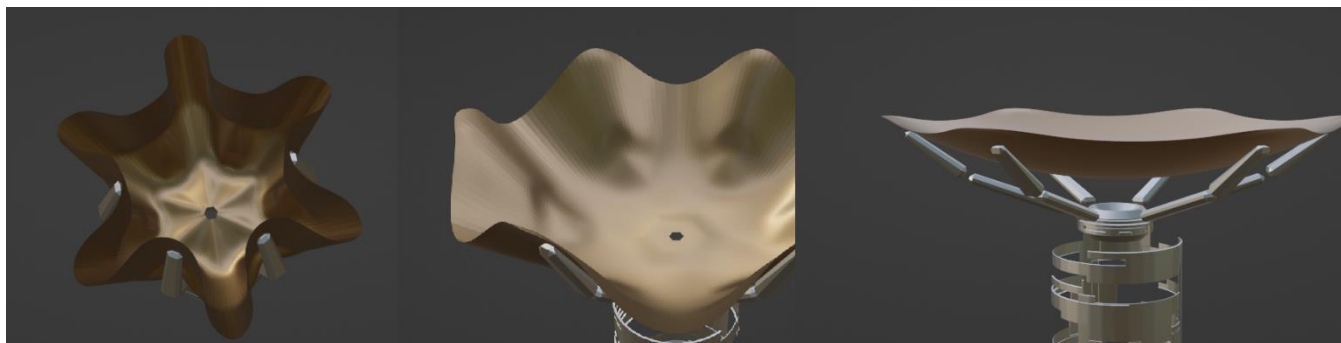
## 4.7 HLAVNÍ MOTORY

Hlavní motory jsou inspirované motorem Vulcain od Safran Aircraft Engines a Raptor od SpaceX. Tvar trysky odpovídá tryskám určených do vakua.

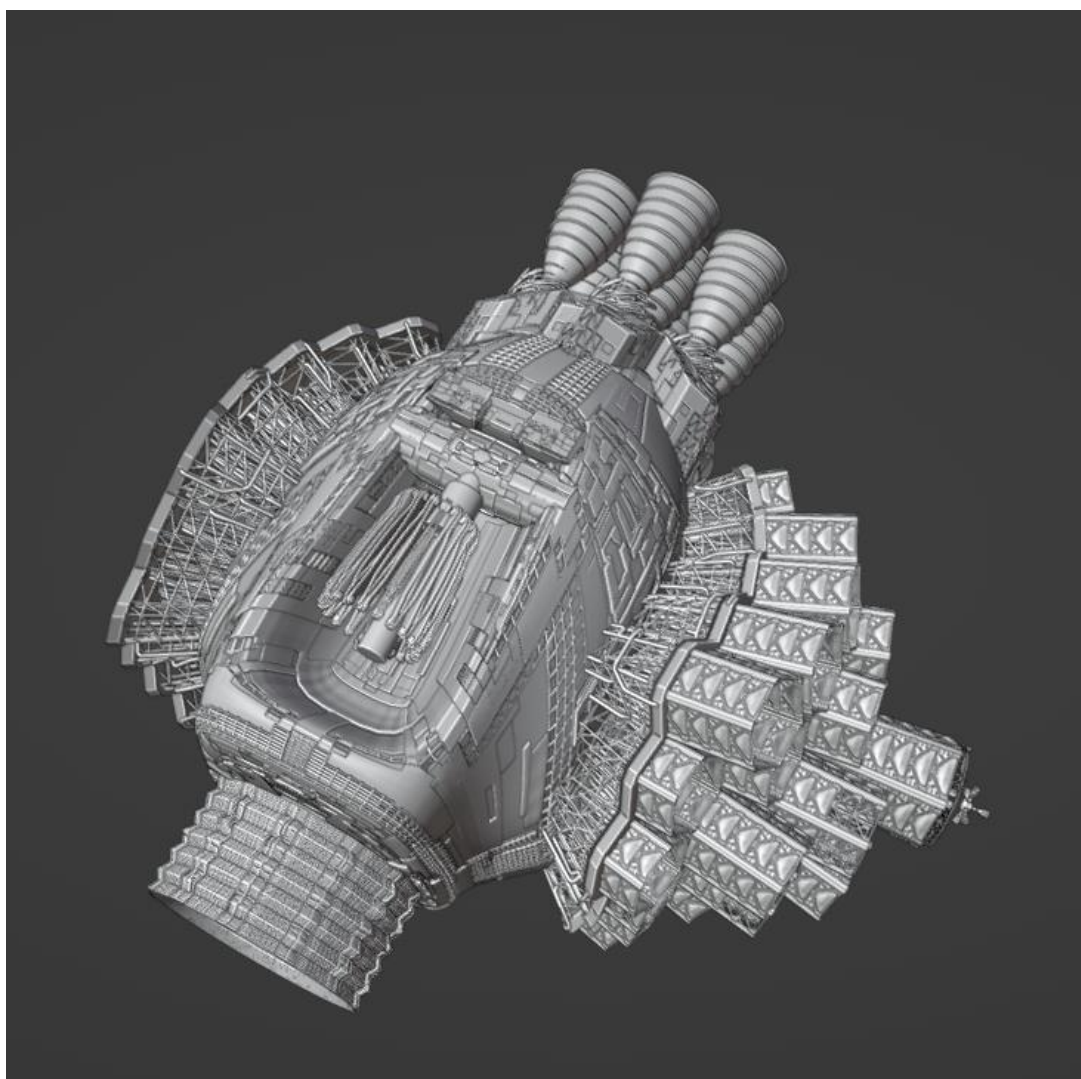


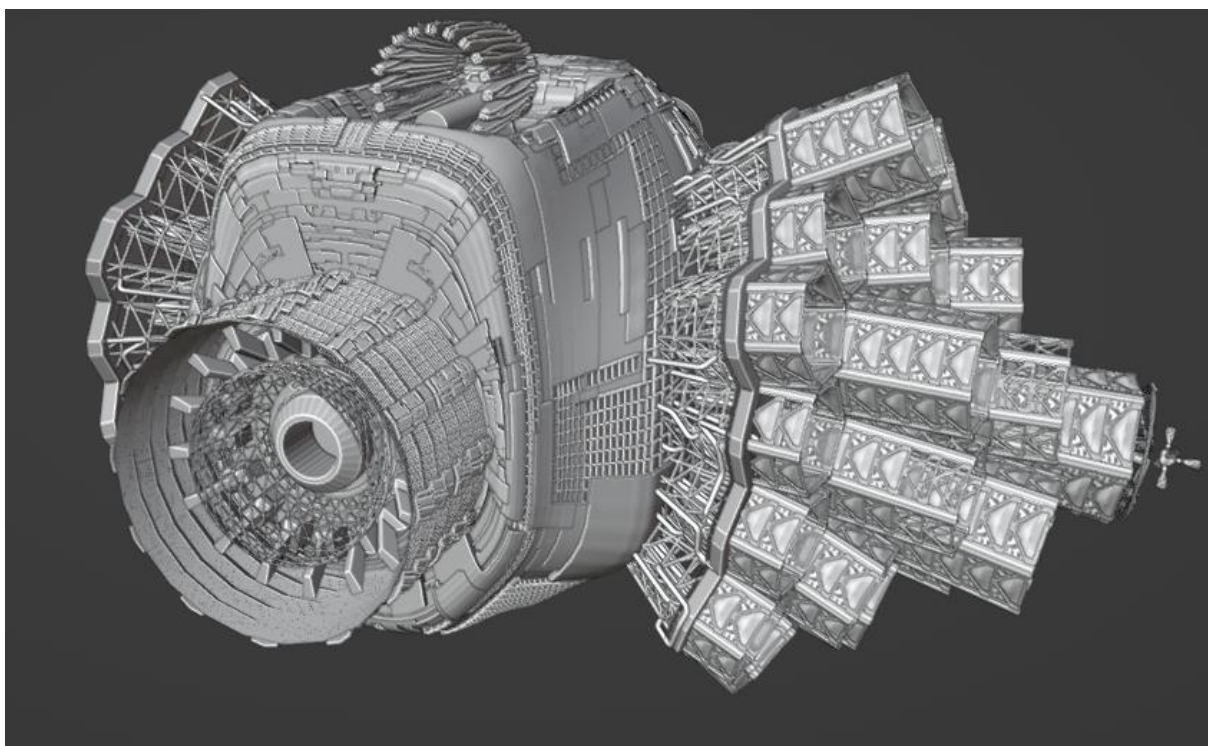
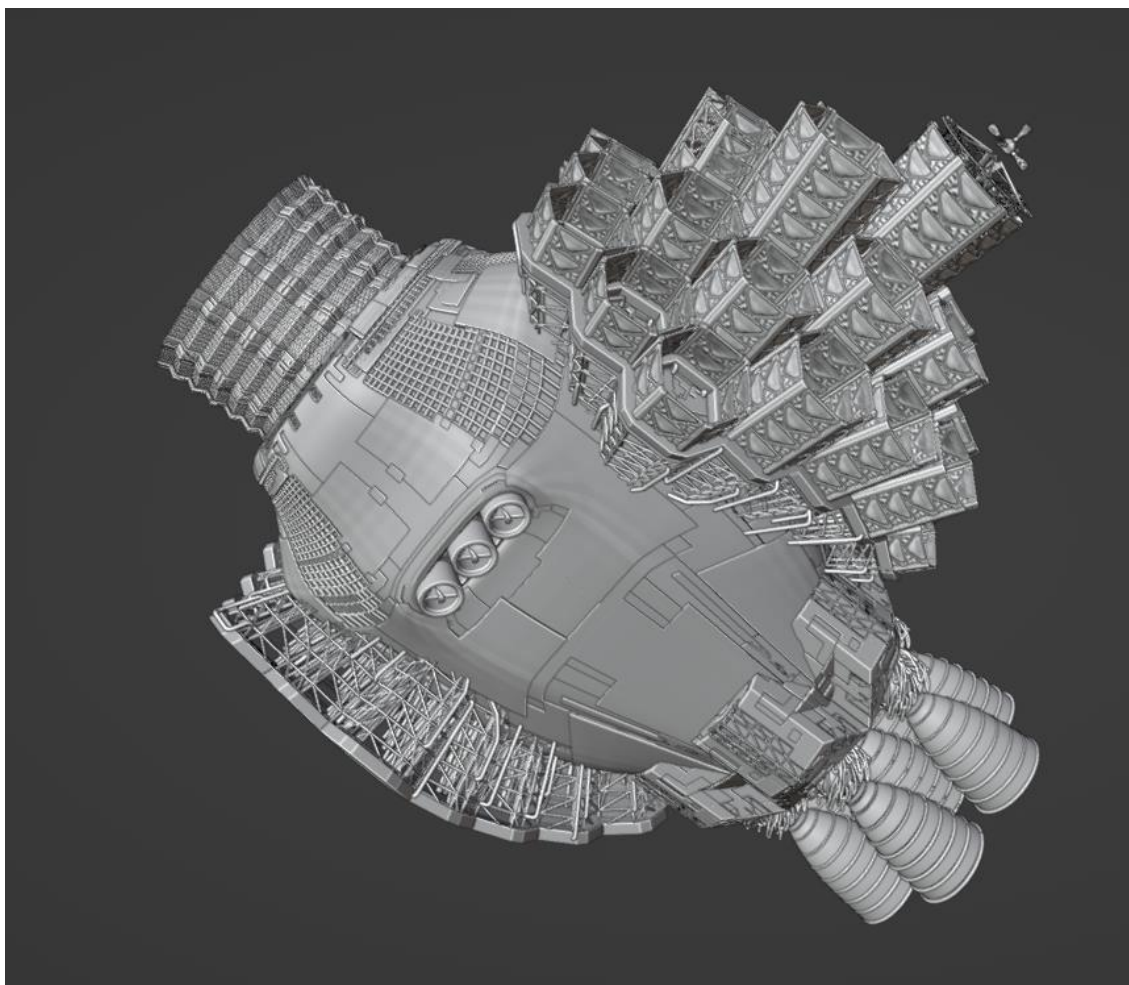
## 4.8 SOLÁRNÍ KONCENTRÁTOR

Testovací animace a kostra solárního koncentrátoru:



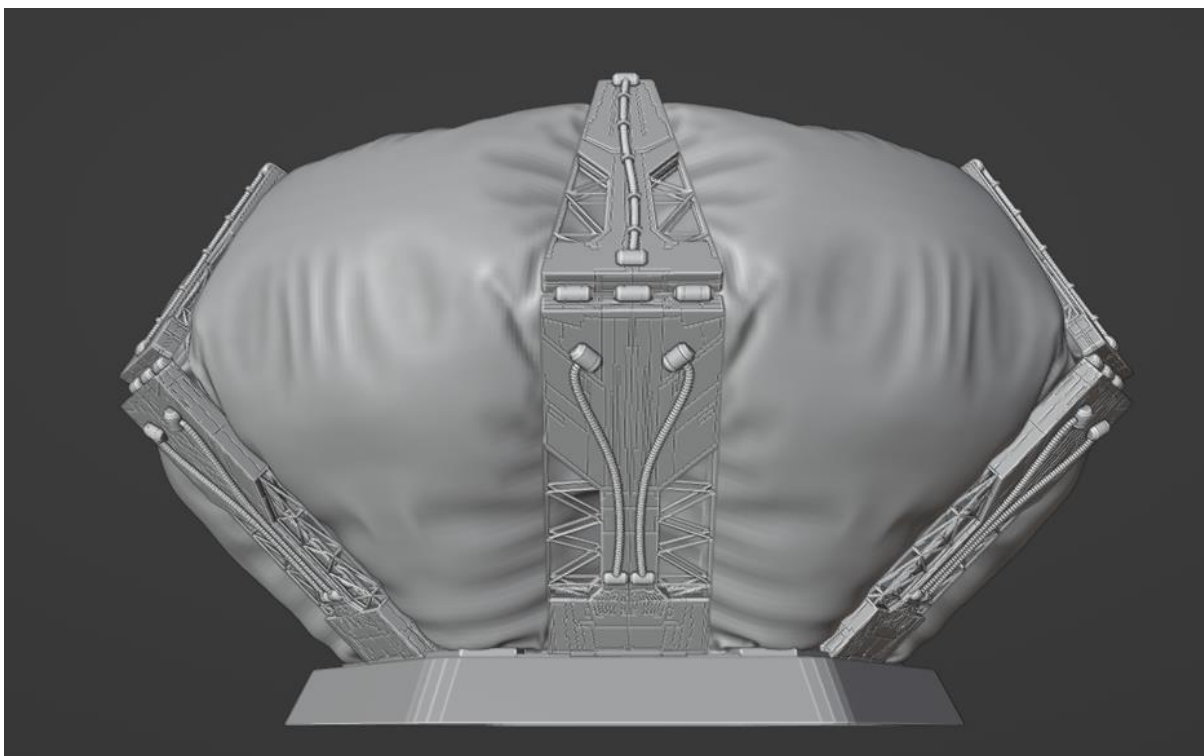
## 4.9 PRVOTNÍ NÁVRH LODI



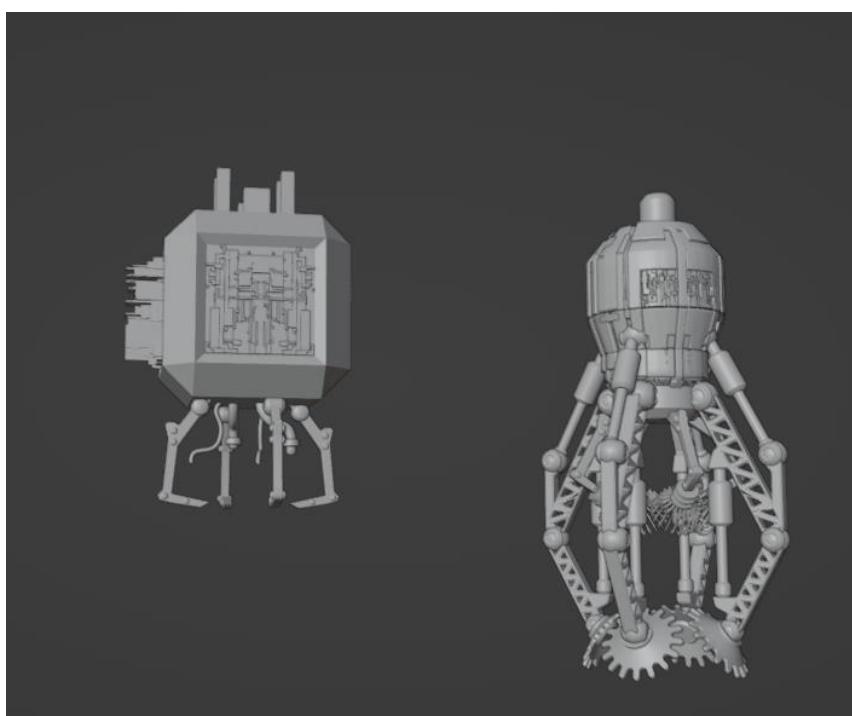


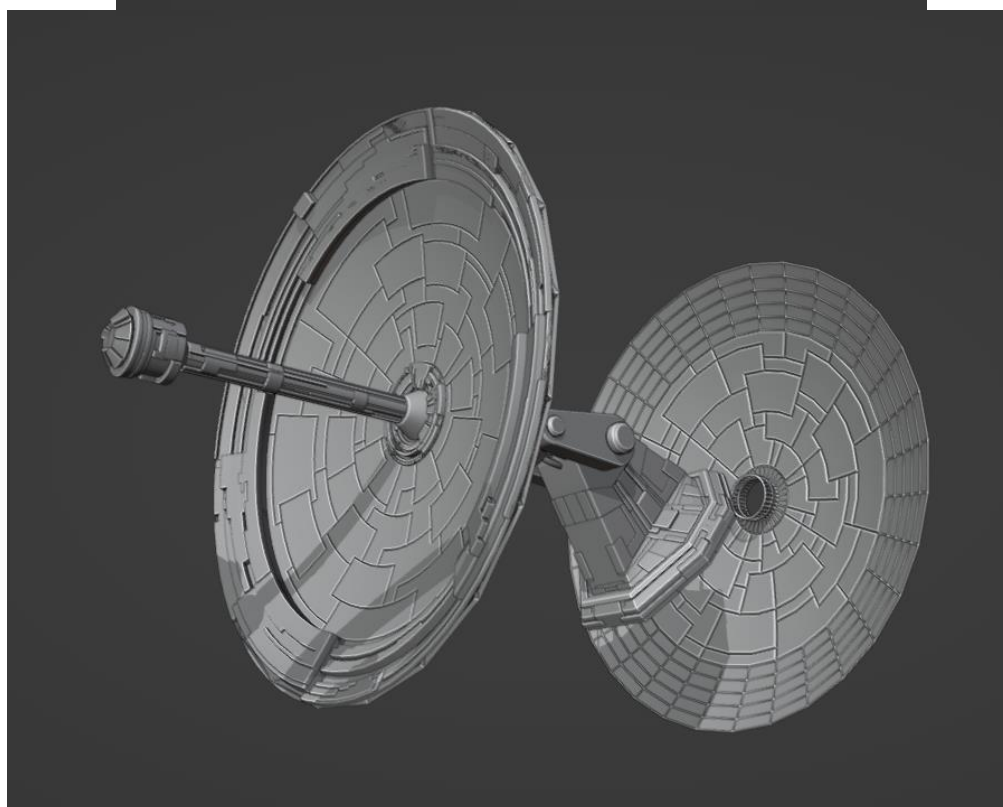
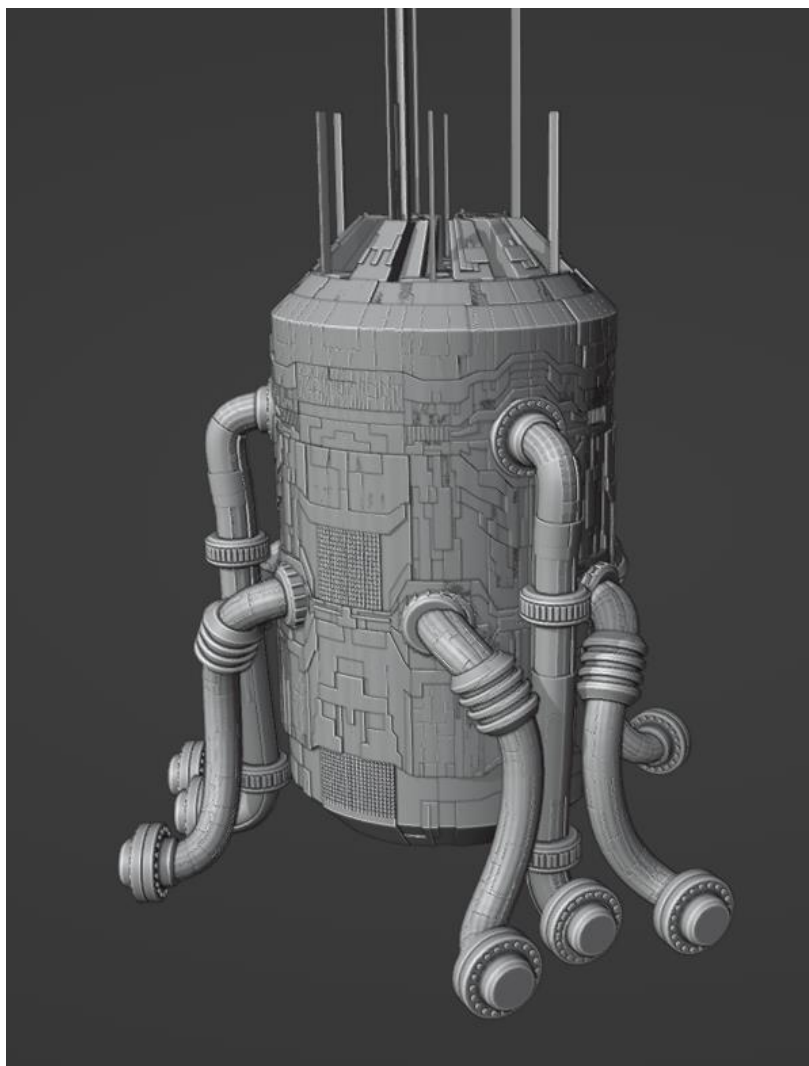


## 4.10 ZÁCHYTNÝ PYTEL

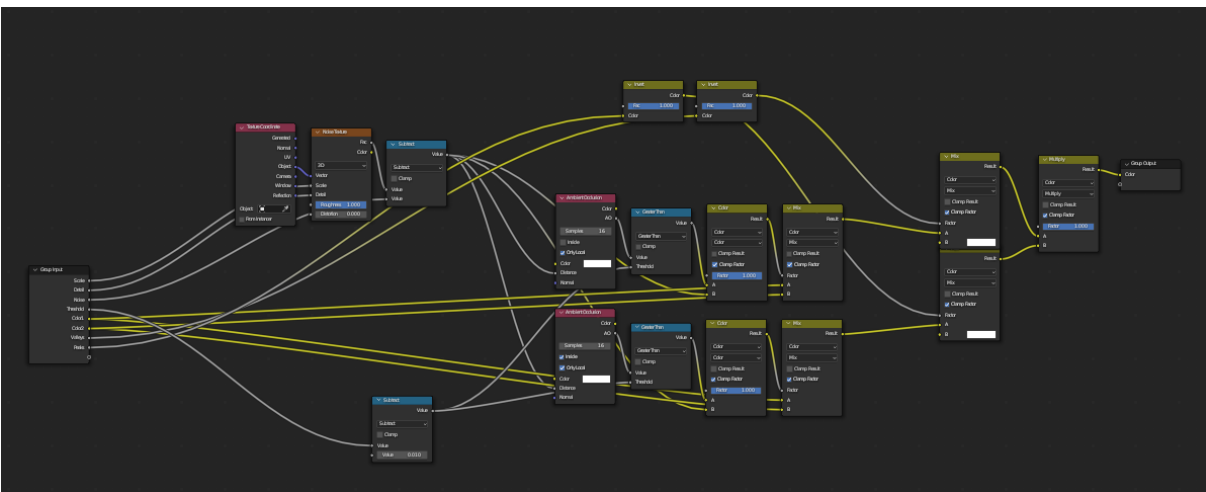
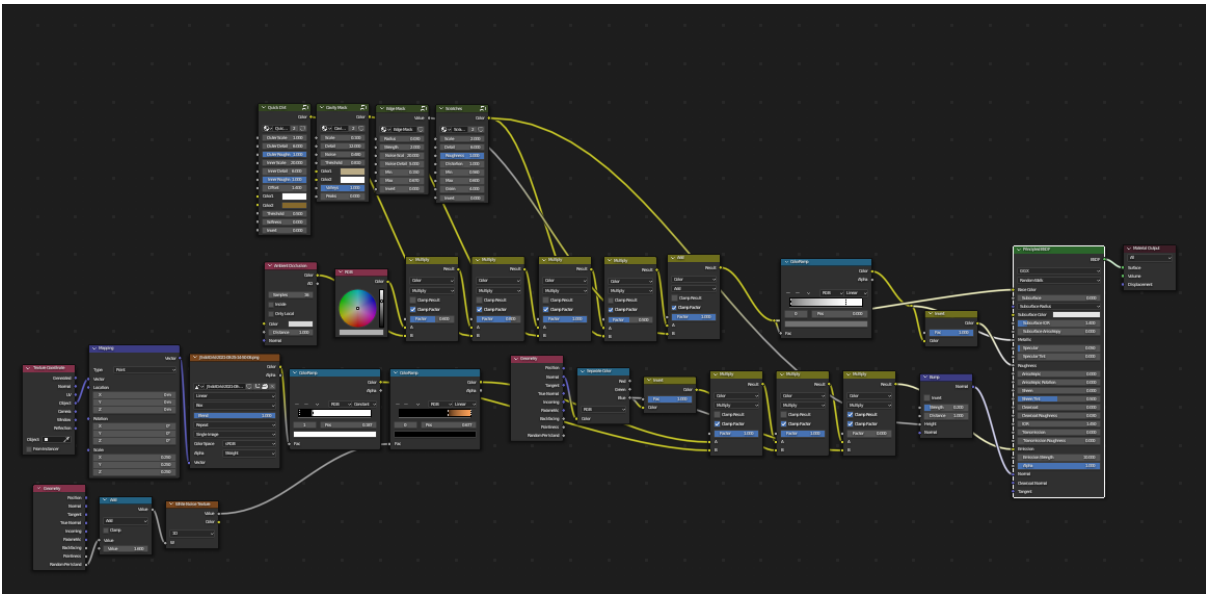


## 4.11 ROBOTI A DALŠÍ NEVYUŽITÉ MODELY

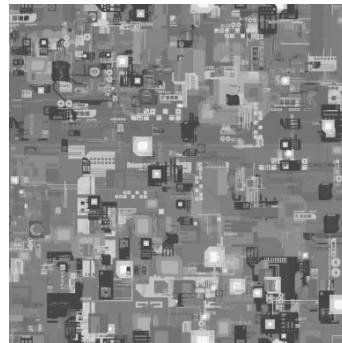
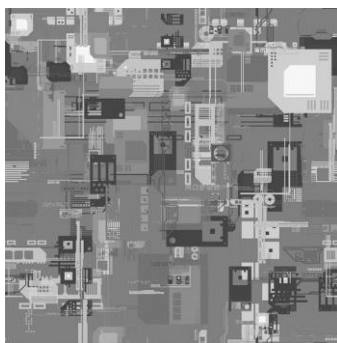




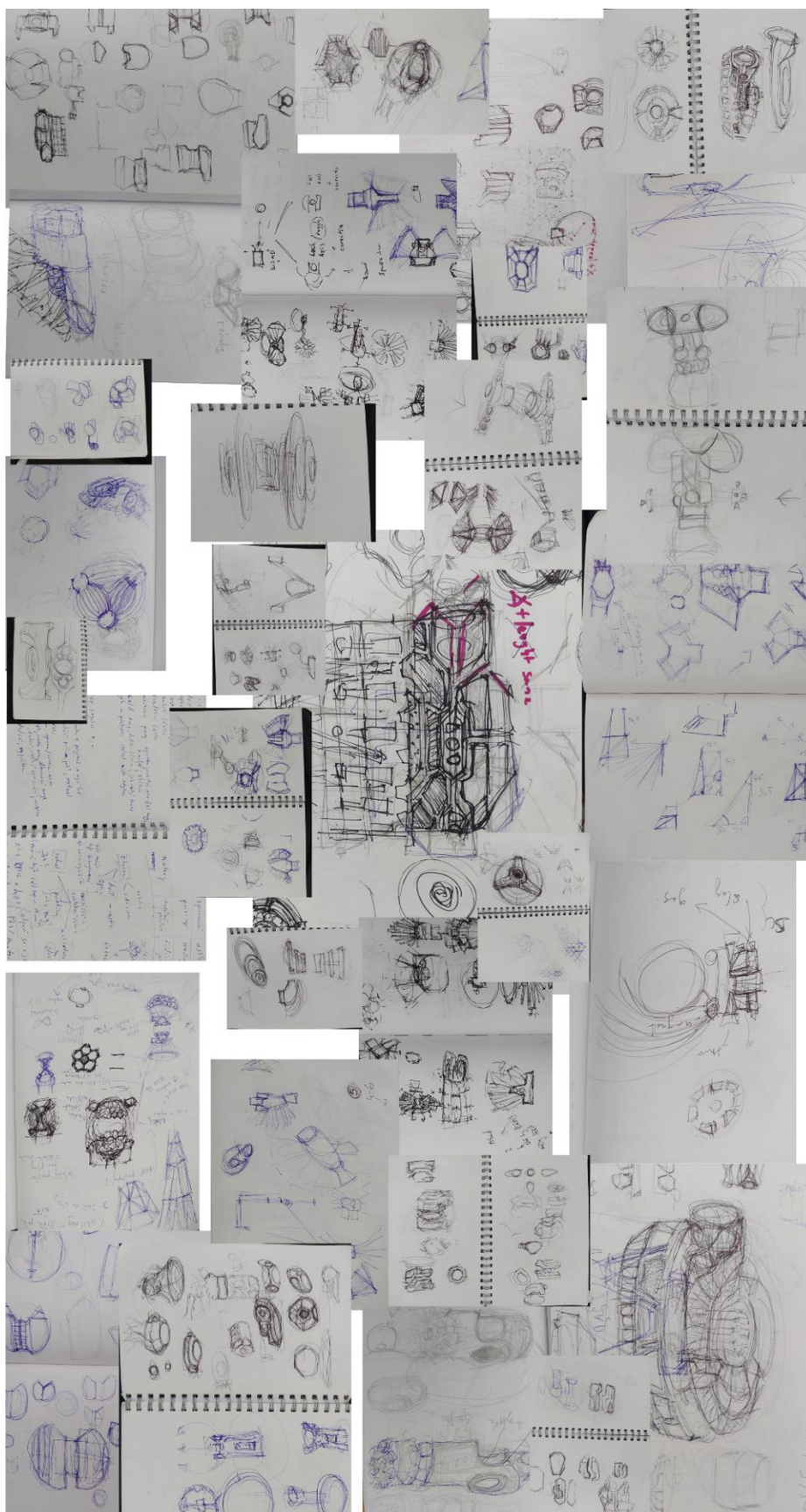
## 4.12 MATERIÁLY



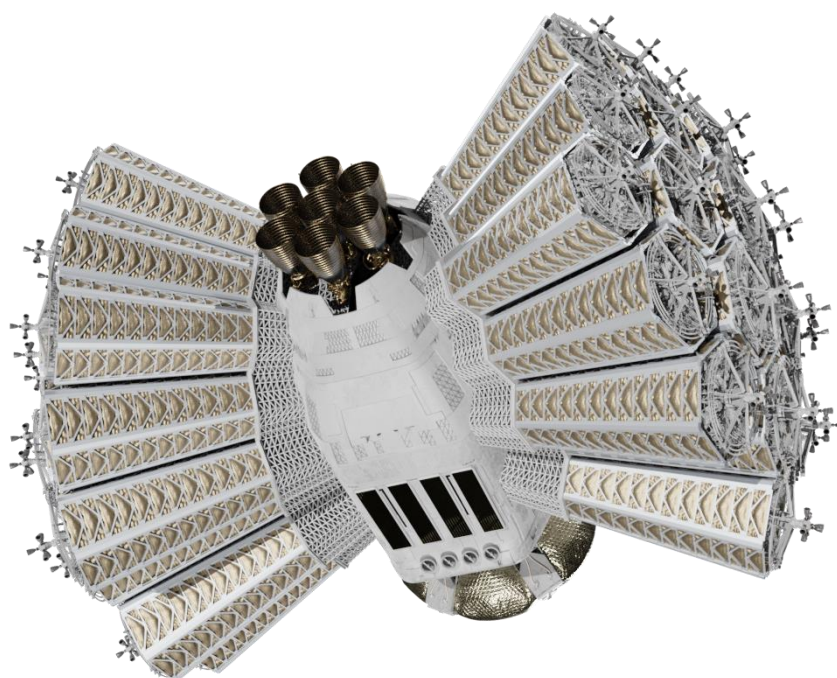
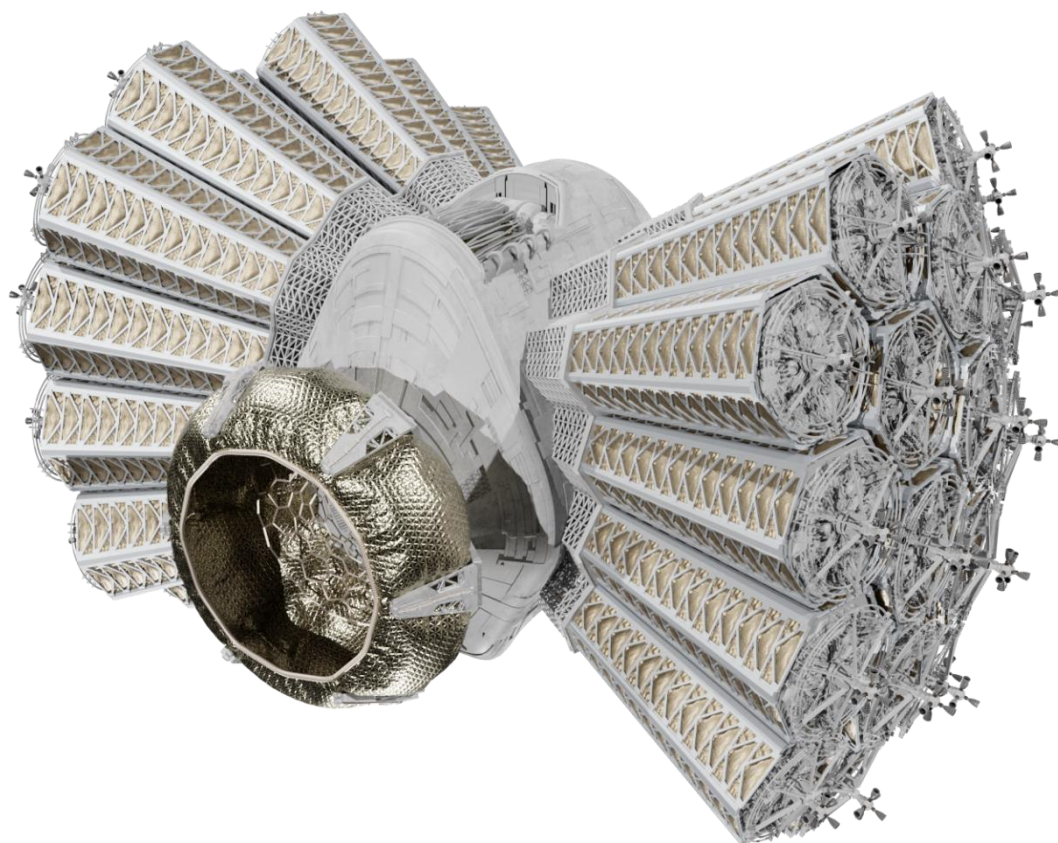
(height mapy nevyužité):

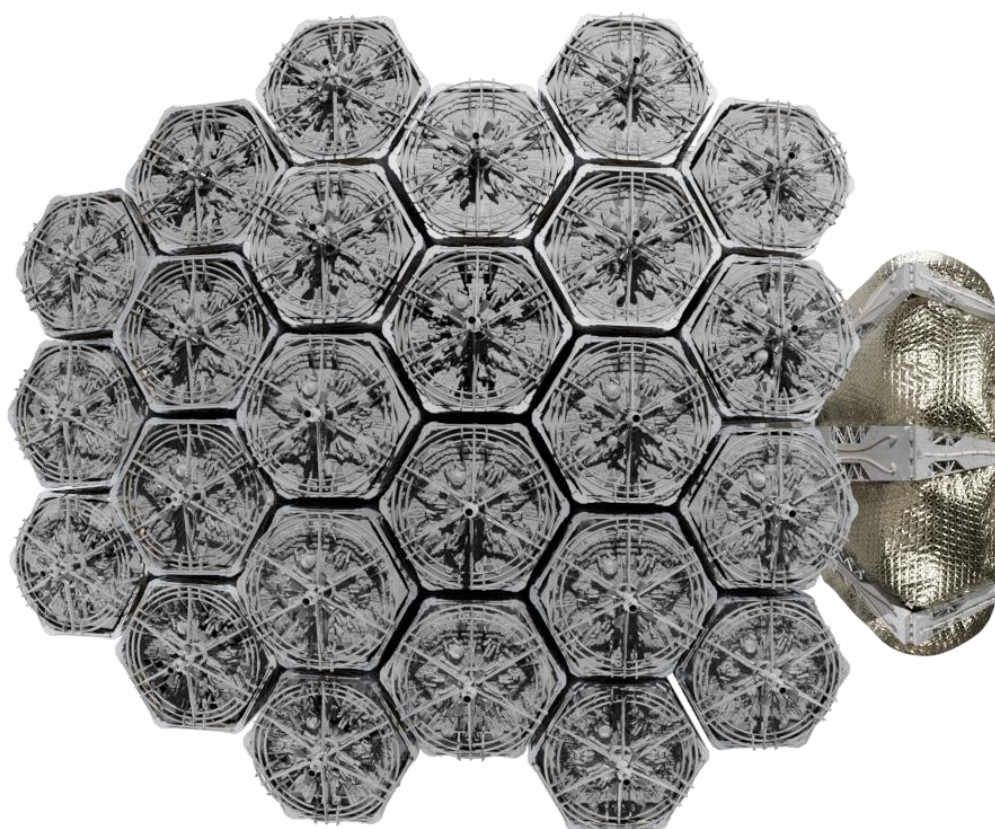
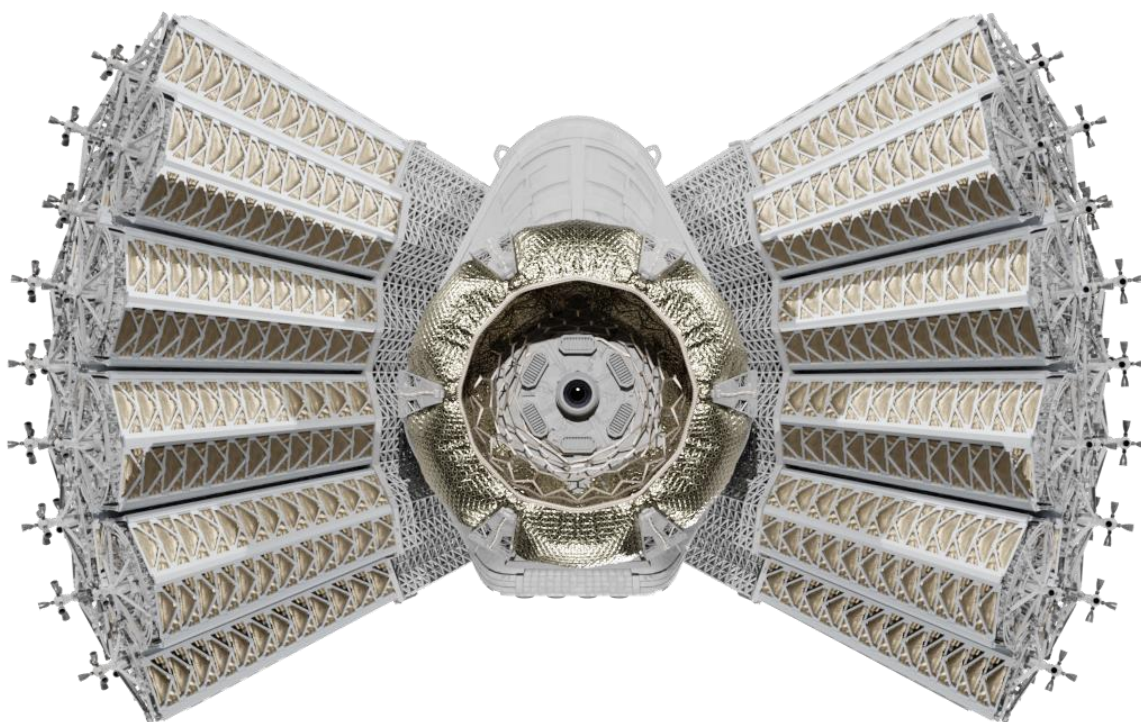


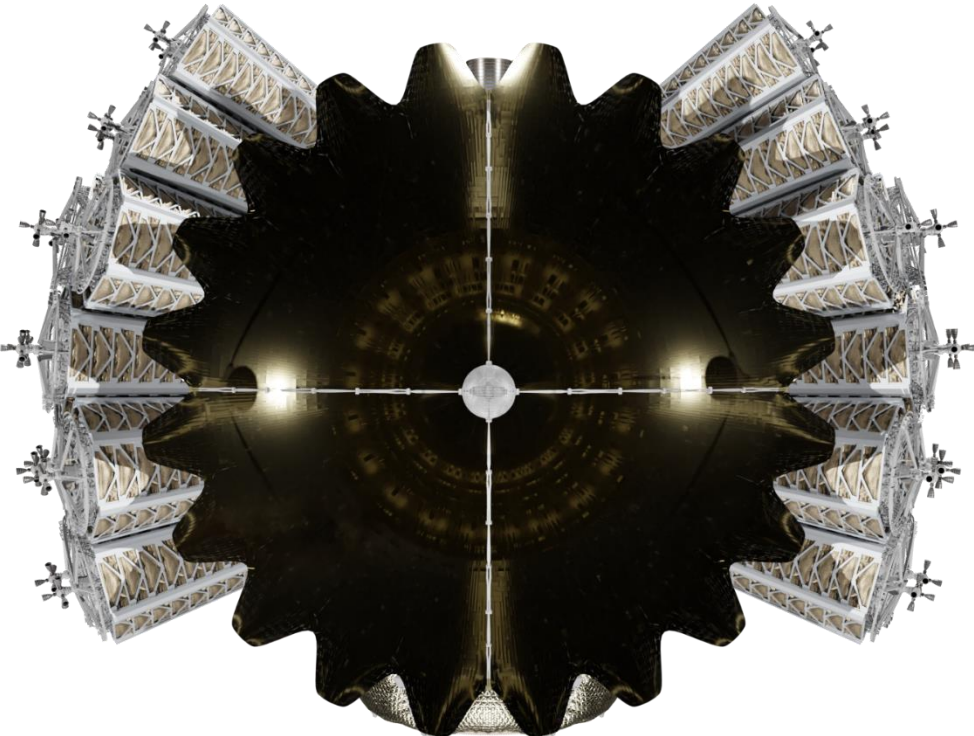
## 4.13 SOUBOR SKIC

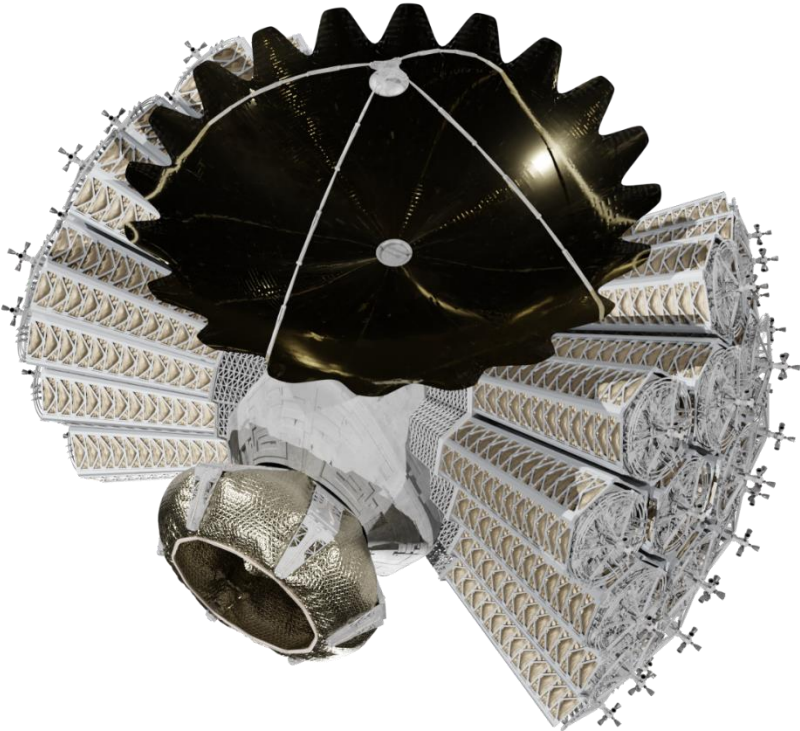
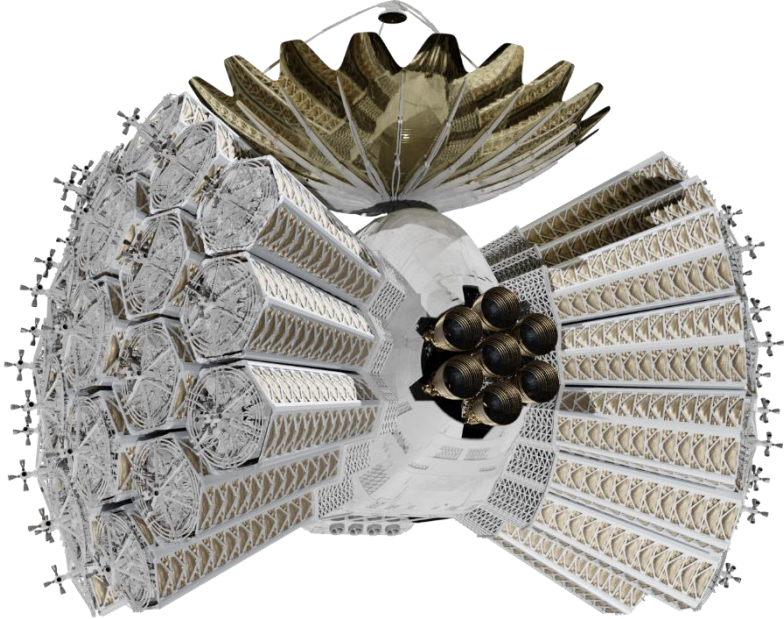


## 4.14 FINÁLNÍ VERZE

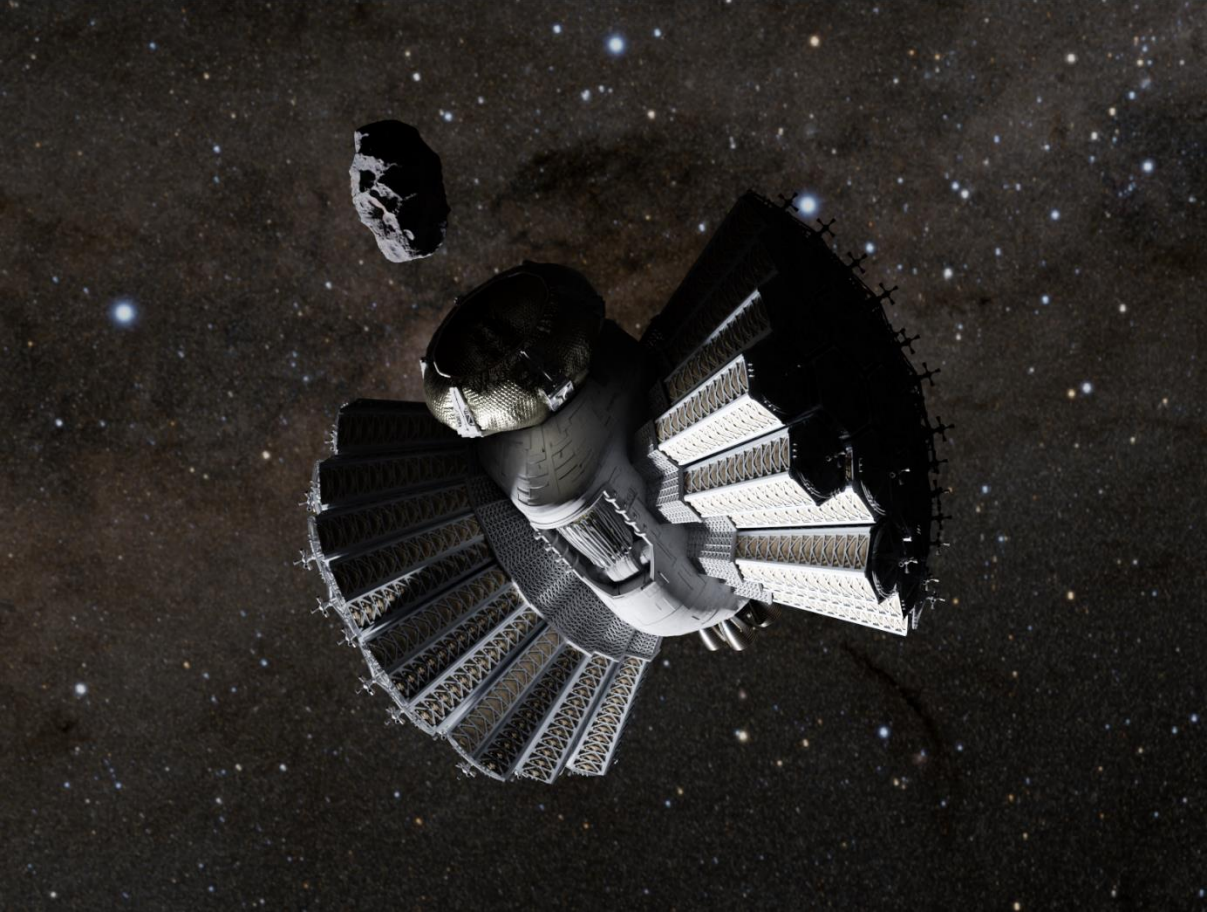












## 5 EXPERIMENT S STYLIZED NEURAL PAINTING

První pokus s umělou inteligencí se týkal overpaintingu. Chtěl jsem využít tento model pro stylizaci výsledných renderů. Bohužel hned po prvním testu bylo jasné, že tento model nemá příliš praktické využití, jelikož výstup- 500 tahů, což by se dalo považovat spíše za podmalbu, zabral přes 30 minut a byl velice výpočetně náročný.



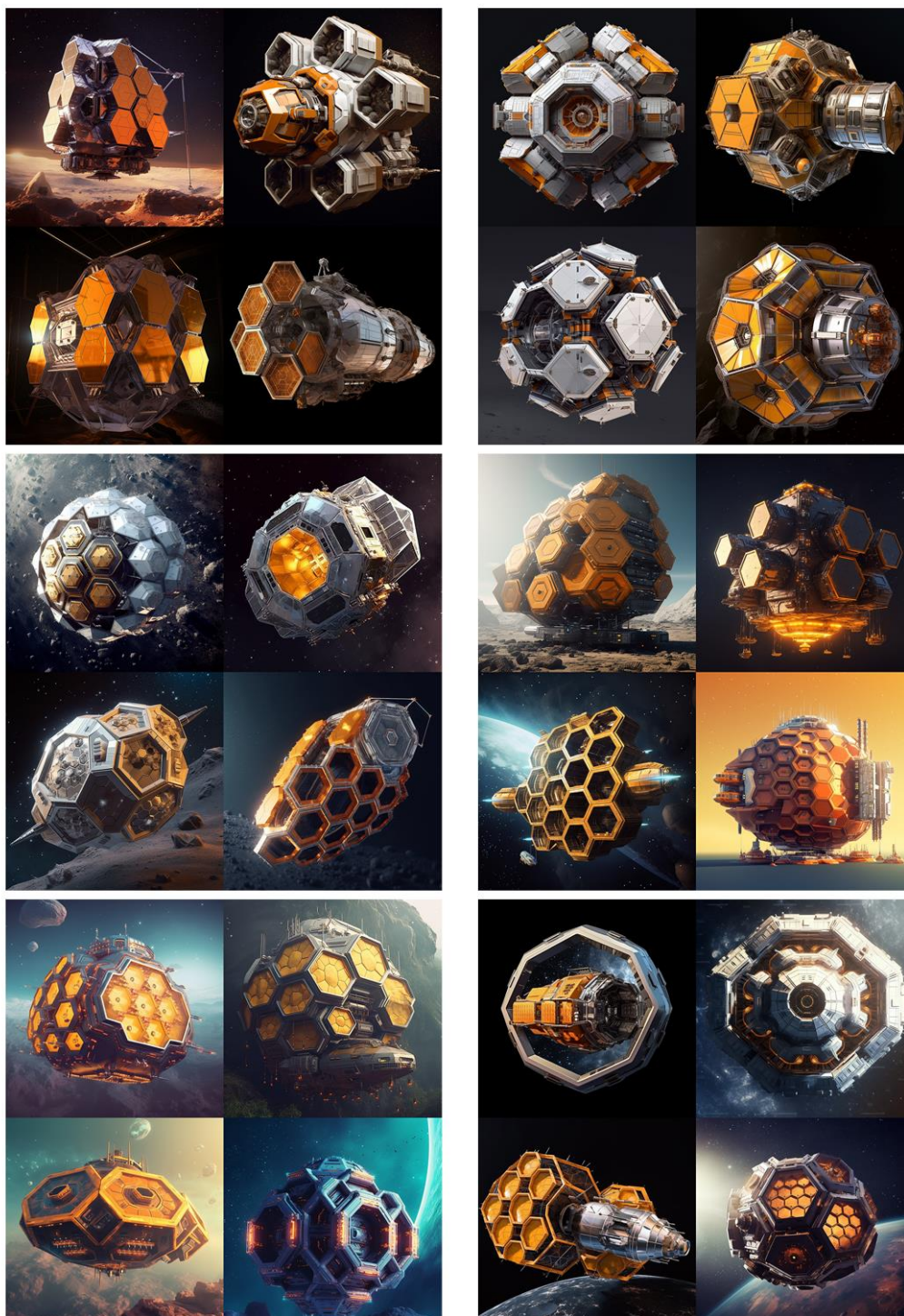
*Vstupní obrázek*



*Výstupní obrázek*

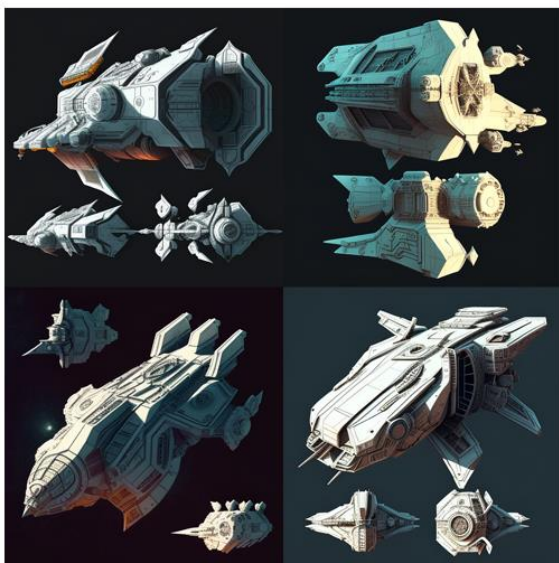
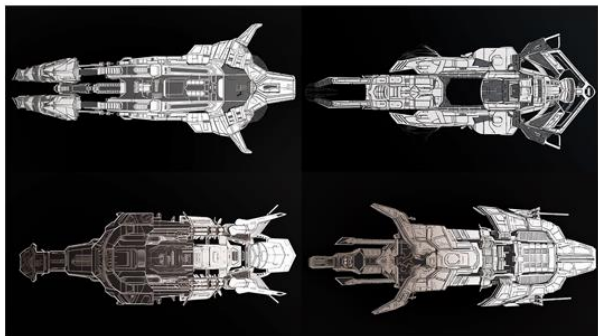
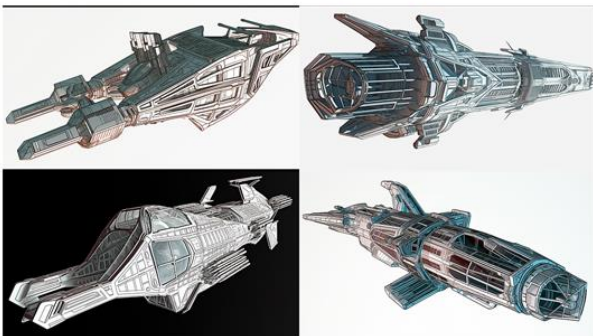
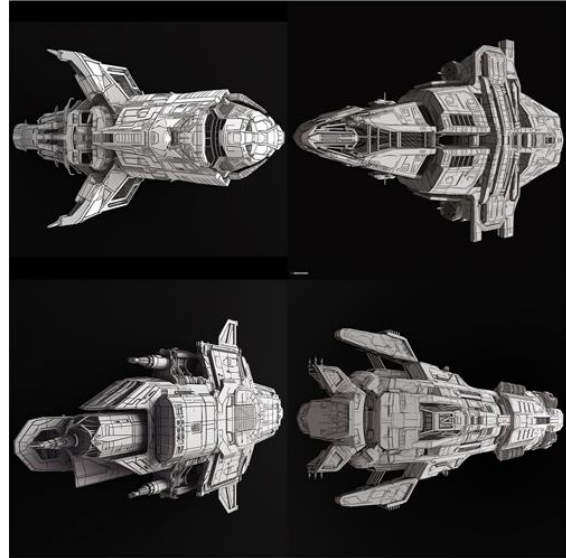
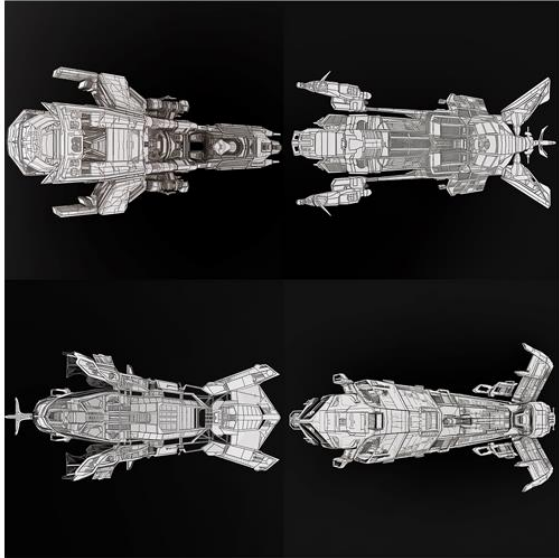
## 6 EXPERIMENTY S MIDJOURNEY

Nad generováním v Midjourney nemá uživatel příliš kontrolu, pokoušel jsem se proto o různé způsoby. Nejdříve jsem se pokoušel o generování obrázků na základě vlastních promptů a následně přidával prompty vygenerované z Img2Text. Dále jsem se experimentoval o Img2Img s podobným procesem. Využíval jsem vymodelovanou jednu z prvotních verzí a následně finální rendery.

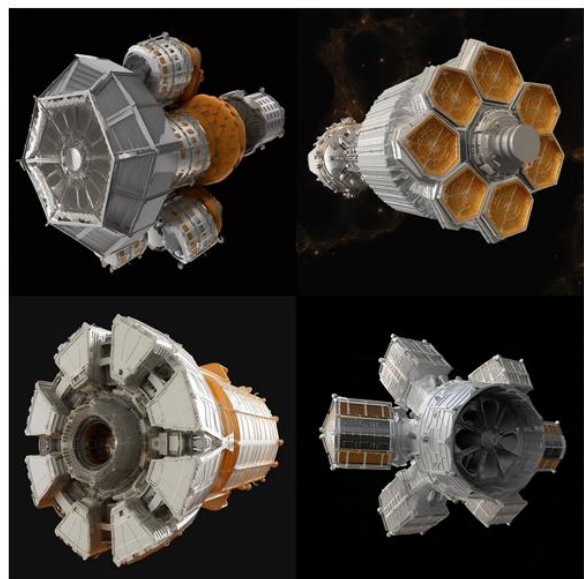
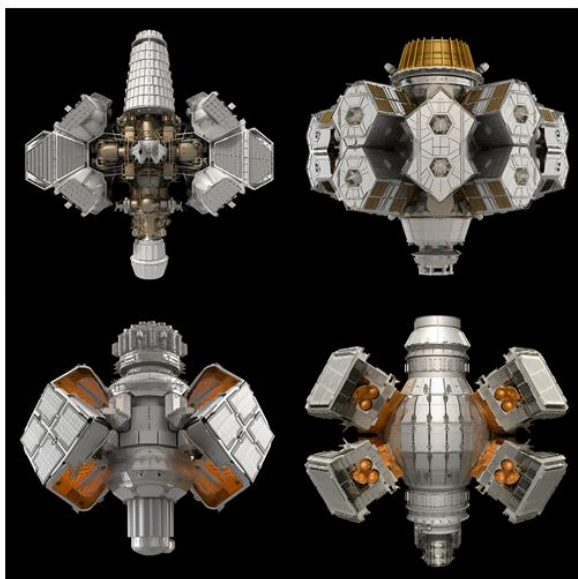
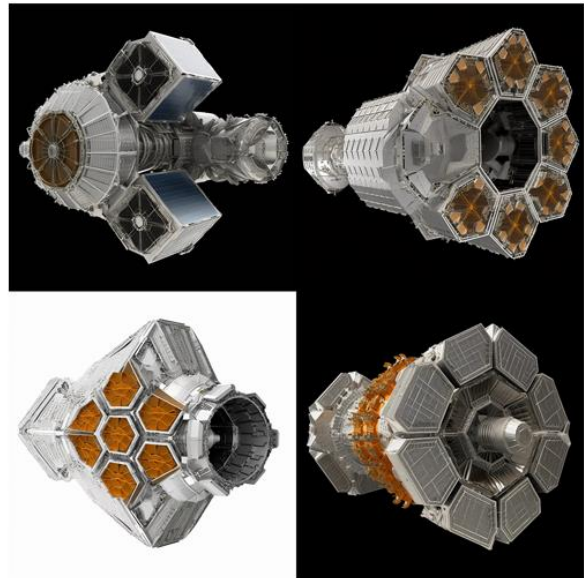
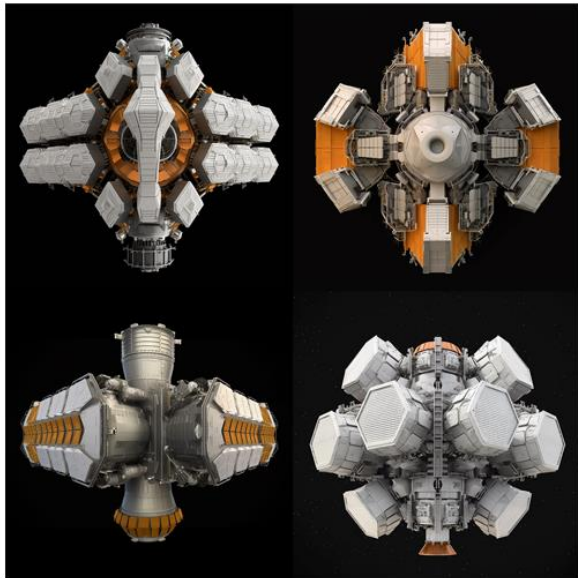
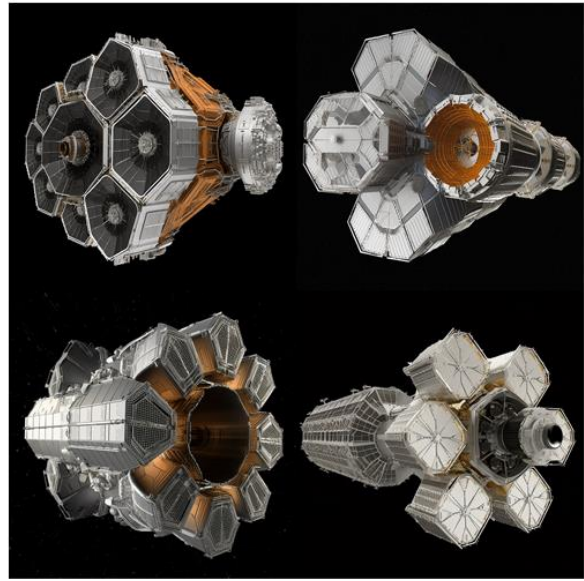
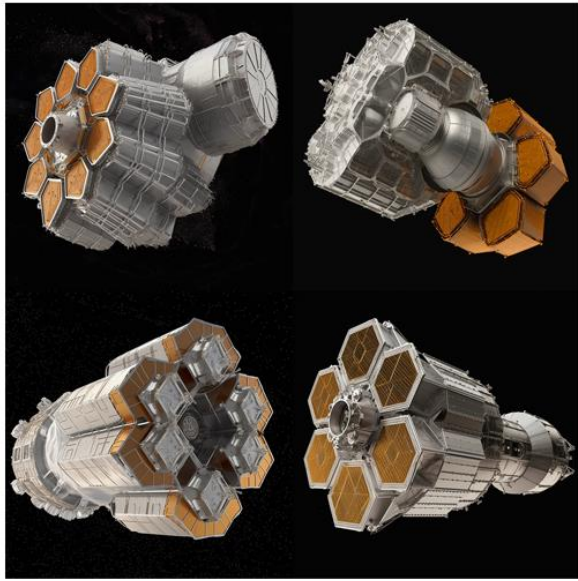


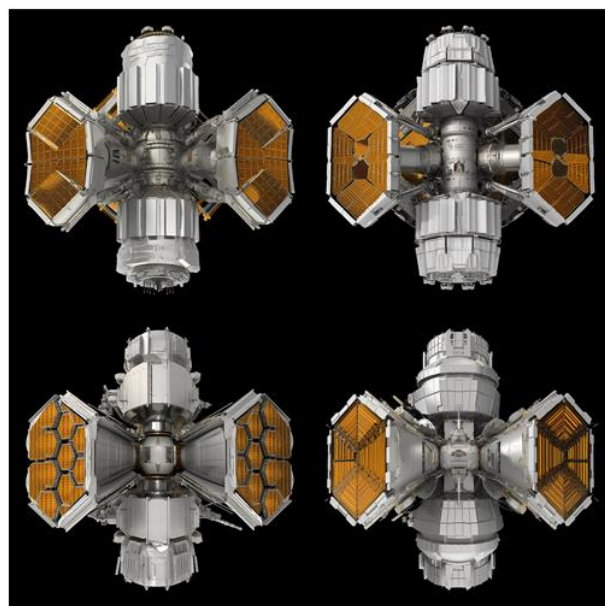
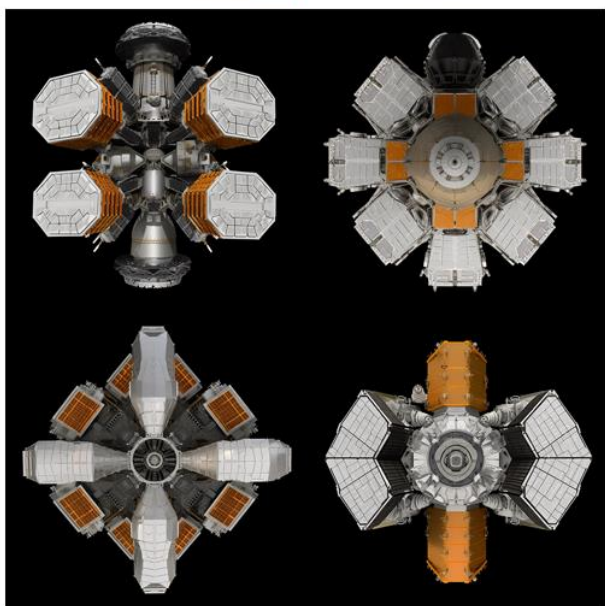
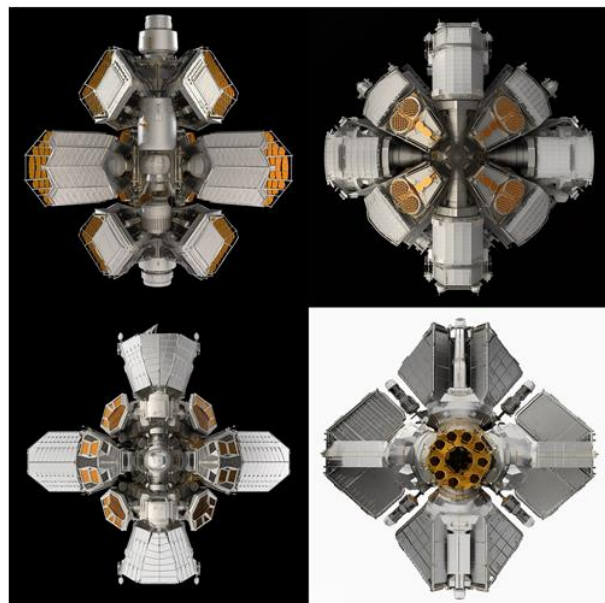
Založeno pouze na promptech

Img2Img – založeno na prvotní verzi lodě



Img2Img – založeno na finálních renderech

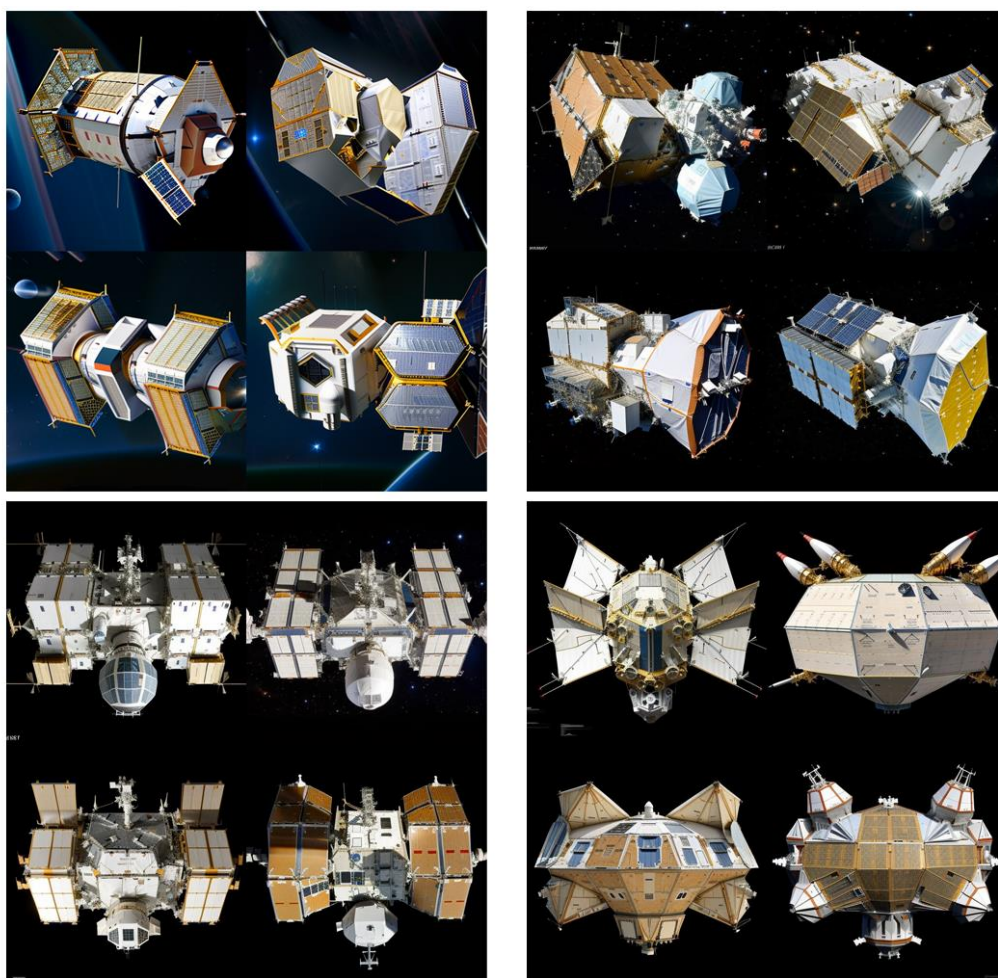




## 7 EXPERIMENTY S STABLE DIFFUSION

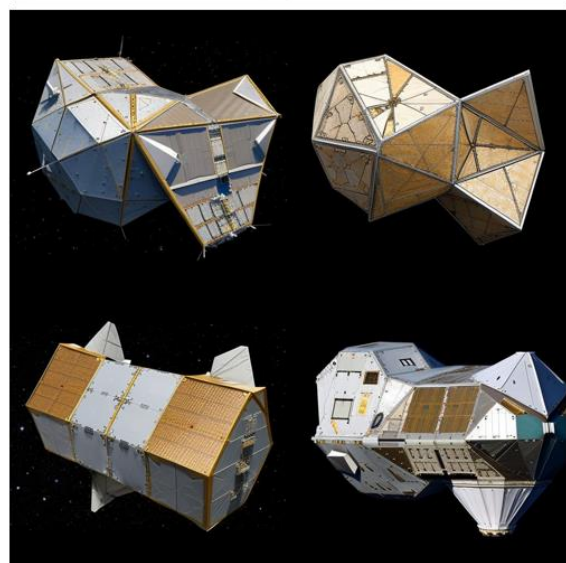
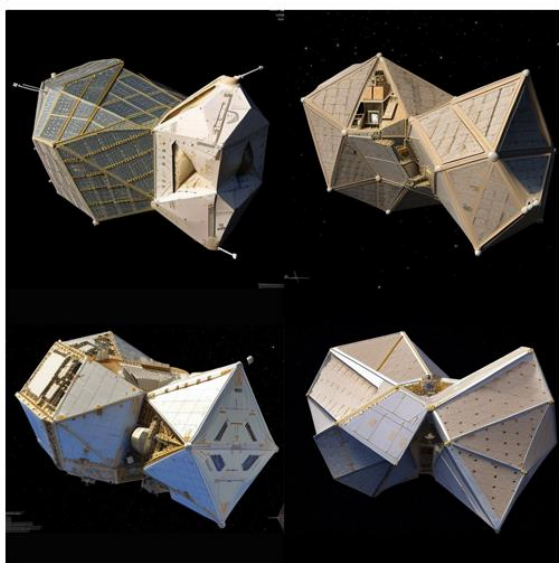
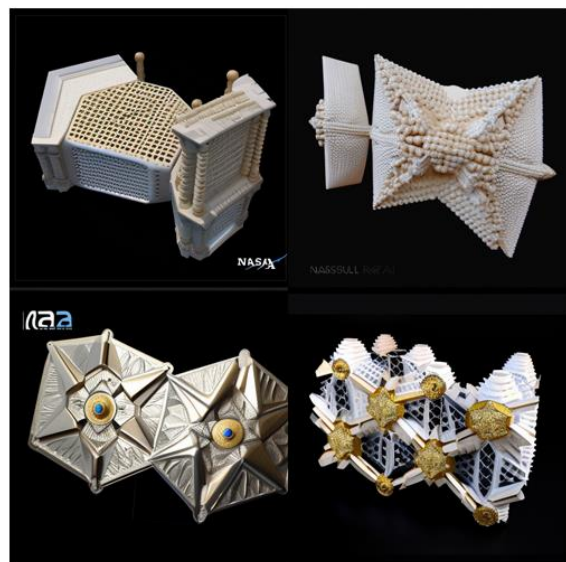
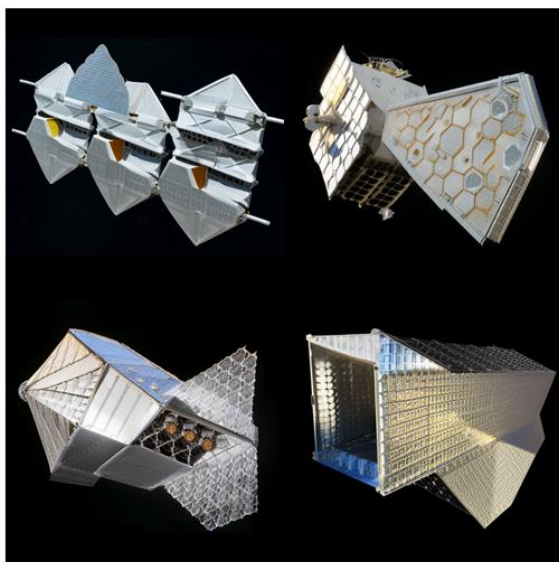
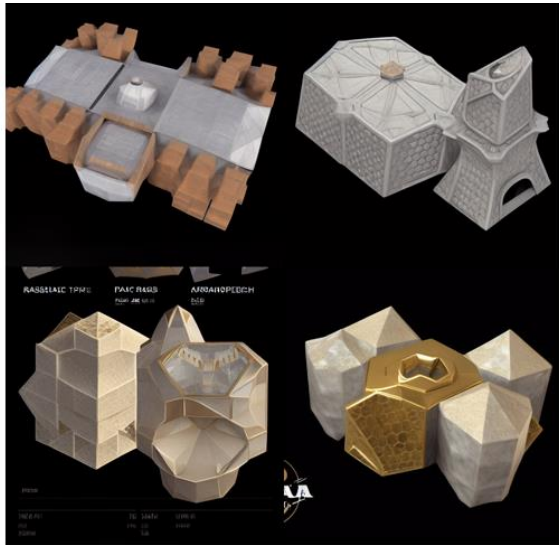
Stable Diffusion je mnohem méně „user-friendly“, ale na rozdíl od Midjourney je zdarma. Generování líbivých obrázků je složitější - je potřeba zadat více promptů, jak pozitivních (to, co chceme vygenerovat) ale také negativních (to, co vygenerovat nechceme). Uživatel si může stáhnout různé modely, které jsou předtrénovány na různých obrázcích (fotografie, animované postavičky, atd). Zlomovým momentem pro možnost vytvoření blízkých variací pro mě bylo rozšíření zvané ControlNet. To umožňuje z vloženého obrázku vyextrahovat jednotlivé parametry (jako je lidská poza, obraz, depth mapa atd) a využít je při generování.

Z pokusů můžeme vidět, že degenerované materiály a detaily nedávají smysl (různé zkřivení a artefakty jsou způsobeny pouze nízkým počtem vzorků). Je to dáno tím, že 3D model je pro tento proces příliš konkrétní a detailní, a proto různé variace nedávají smysl. Jediným řešením pro dotvoření detailních variací je natrénování vlastního modelu, na což bohužel nezbyl čas.



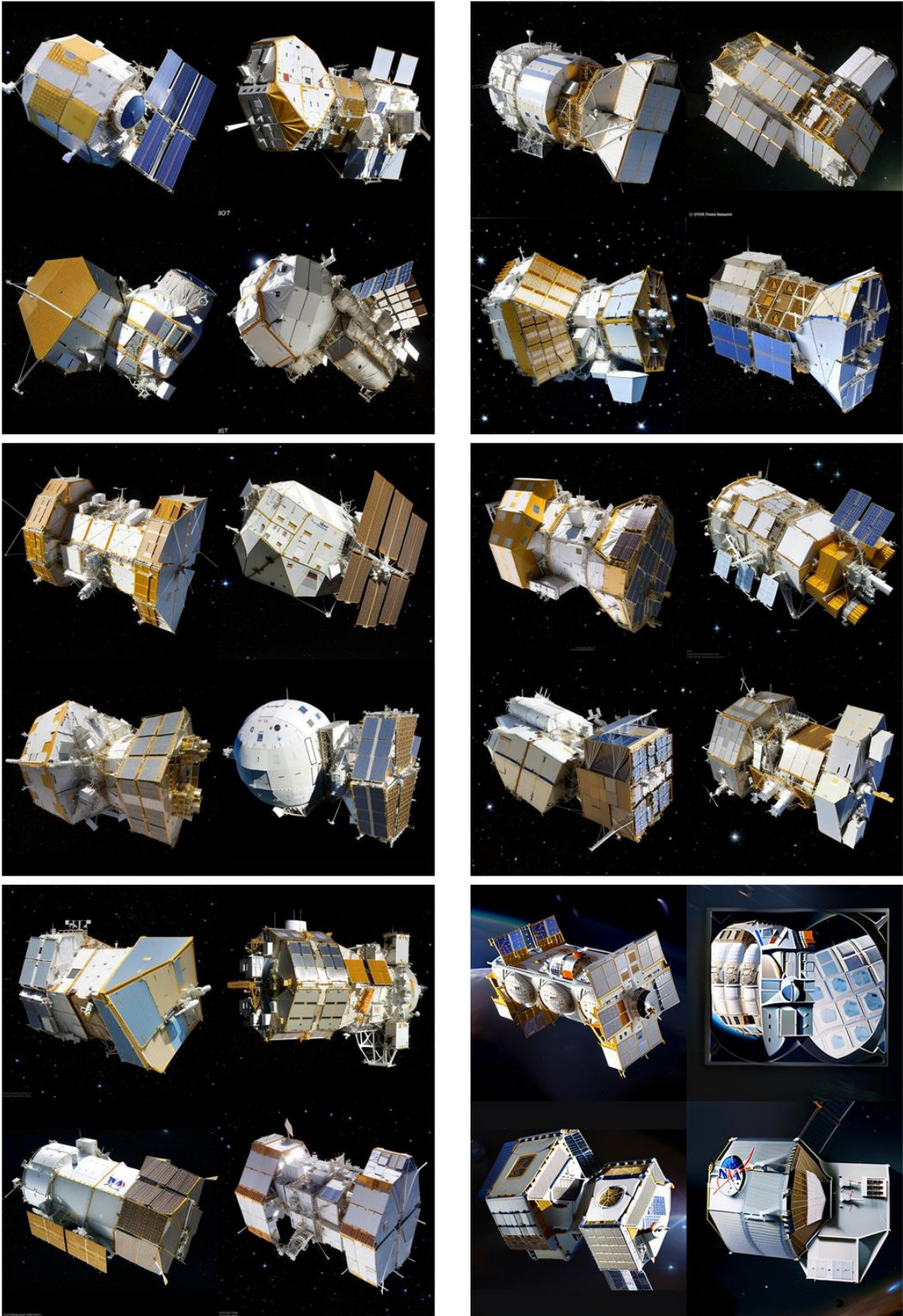
Img2Img

Img2Img – abstraktnější formy

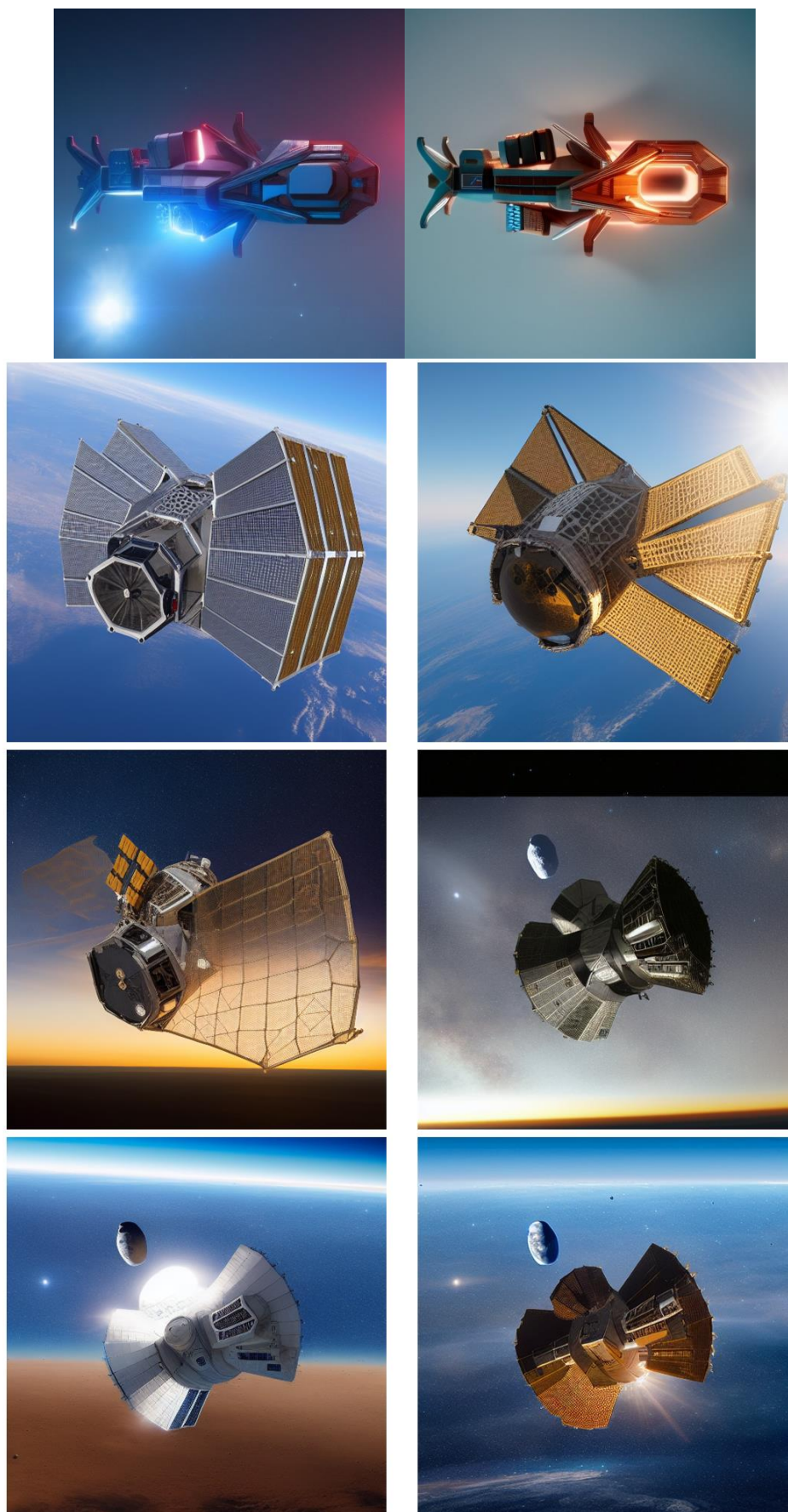




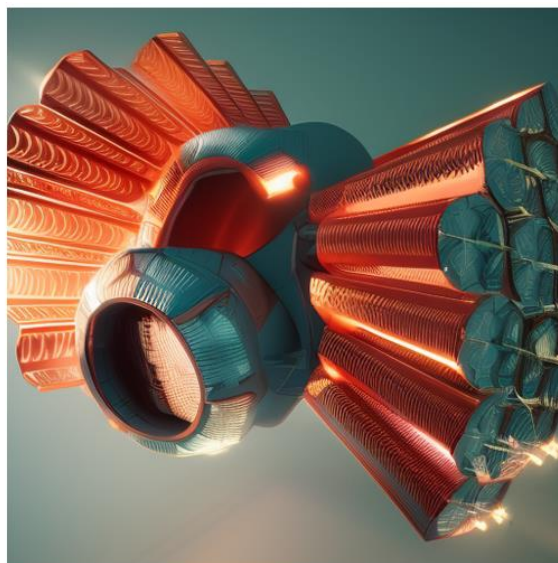
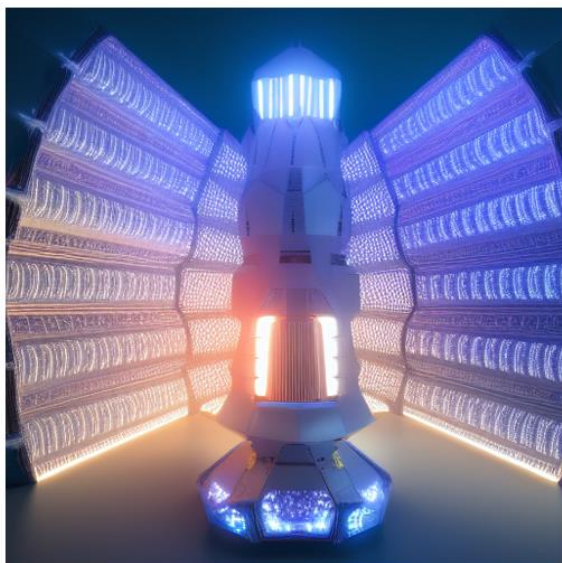
Img2Img



Img2Img + ControlNet



*Img2Img + ControlNet*



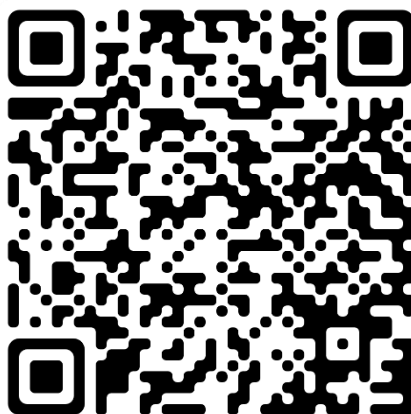
## ZÁVĚR

Při zpracovávání diplomové práce jsem získal cenné znalosti o těžbě asteroidů a základním fungování neuronových sítí a generátorů obrázků. V praktické části jsem si poprvé vyzkoušel designovat velice komplexní vesmírné plavidlo. I když v programu Blender, pracuji již pár let, nově jsem se naučil používat add-on Random Flow. Získané zkušenosti s generátorem obrázků Midjourney a především Stable Diffusion, mi budou velice příhodné v budoucích projektech.

Obrazový výstup je celkem uspokojivý, ale jsou zde menší technické nedostatky, jako například chybějící vyobrazení tiskových hlavic, ramena pro ovládání trysek hlavních motorů a dodateční roboti a jejich uložště. Tyto detaily je potřeba ještě do práce zakomponovat tak, aby z výsledných vizualizací měl divák pojem o měřítku vesmírné lodi. Generování variací byl zajímavý experiment, ale pro tento určitý případ generátory nemají ještě dostatek konkrétních dat, aby vytvořily obstojné výsledky.

Vizualizace budou ještě dotvářeny a můžete je nalézt na adrese:

[https://drive.google.com/drive/folders/17iQXE89dk\\_d-2Qt2H8p41C3LZLXBhO6I?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/17iQXE89dk_d-2Qt2H8p41C3LZLXBhO6I?usp=sharing)



**SEZNAM ZDROJŮ**

- [1] Concept Artists vs. Concept Designers. VISUAL ARTS PASSAGE [online]. ©2023 [cit. 1.5.2023]. Dostupné z: <https://visualartspassage.com/blog/concept-artists-vs-concept-designers/>
- [2] Character design: How to design a character? ANATOMY FOR SCULPTORS [online]. ©2023 [cit. 1.5.2023]. Dostupné z: <https://anatomy4sculptors.com/article/character-design/>
- [3] What Is Game Environment Design and How to Get Started? DOMESTIKA [online]. ©2023 [cit. 1.5.2023]. Dostupné z: <https://www.domestika.org/en/blog/10804-what-is-game-environment-design-and-how-to-get-started>
- [4] SOLOVEV, Daniel. ARTSTATION. [online]. ©2023 [cit. 1.5.2023]. Dostupné z: <https://www.artstation.com/artwork/2xRrVB>
- [5] The Secrets of Weapon Design for Games. ROOM 8 STUDIO [online]. ©2023 [cit. 3.5.2023]. Dostupné z: <https://room8studio.com/news/the-secrets-of-weapon-design-for-video-games/>
- [6] What are NURBS? RHINOCEROS [online]. ©2023 [cit. 3.5.2023]. Dostupné z: <https://www.rhino3d.com/features/nurbs/>
- [7] Booleanovské operace v Blenderu. GRAFIKA [online]. ©2023 [cit. 3.5.2023]. Dostupné z: <https://www.grafika.cz/rubriky/3d-grafika/booleanovske-operace-v-blenderu-134494cz>
- [8] Photogrammetry. SCIENCE DIRECT [online]. ©2023 [cit. 3.5.2023]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/photogrammetry>
- [9] 3D Modeling Artifacts – Flow Check Reflection Map – Zebra Stripe Diagnostic. EBAL STUDIOS [online]. ©2023 [cit. 3.5.2023]. Dostupné z: <https://www.ebalstudios.com/blog/3d-modeling-artifacts-flow-check-reflection-map>
- [10] Divergent Thinking. SCIENCE DIRECT [online]. ©2023 [cit. 3.5.2023]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/topics/psychology/divergent-thinking>
- [11] Subdivision Surface Modifier. BLENDER 3.5 MANUAL [online]. ©2023 [cit. 3.5.2023]. Dostupné z: [https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/modifiers/generate/subdivision\\_surface.html](https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/modifiers/generate/subdivision_surface.html)
- [12] Sinix Design, 2017, Design Theory: Big Medium Small, YouTube video. [cit. 29.4.2023]. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=ZluGXgpdJj4&list=PLf1fDShjUKF\\_7w4YTmpjGO27iuyHDpDu&index=2](https://www.youtube.com/watch?v=ZluGXgpdJj4&list=PLf1fDShjUKF_7w4YTmpjGO27iuyHDpDu&index=2)
- [13] Blender, 2017, The Secret of Making High-Quality Art (in Blender and Everywhere), YouTube video. [cit. 29.4.2023]. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=qMH\\_J\\_vcoqE&list=PLqsn3JEo5bN4eLrZq0uuFNa0K9X38CbgQ&index=9](https://www.youtube.com/watch?v=qMH_J_vcoqE&list=PLqsn3JEo5bN4eLrZq0uuFNa0K9X38CbgQ&index=9)
- [14] What is 3D Rendering? REALSPACE [online]. ©2023 [cit. 11.5.2023]. Dostupné z: <https://www.realspace3d.com/resources/what-is-3d-rendering/>
- [15] Stručně o asteroidech. DATABÁZE KOSMICKÝCH SOND PRO PRŮZKUM TĚLES SLUNEČNÍ SOUSTAVY [online]. ©2006 [cit. 1.5.2023]. Dostupné z: <https://spaceprobes.kosmo.cz/index.php?cid=85>
- [16] Asteroids. NASA [online]. ©2023 [cit. 11.5.2023]. Dostupné z: <https://solarsystem.nasa.gov/asteroids-comets-and-meteors/asteroids/in-depth/>

- [17] Top 9 Weird Asteroid Names (and 1 Awesome Asteroid Moon Name). UNIVERSE TODAY [online]. ©2020 [cit. 1.5.2023]. Dostupné z: <https://www.universetoday.com/100449/top-9-weird-asteroid-names-and-1-awesome-asteroid-moon-name/>
- [18] NASA Confirms DART Mission Impact Changed Asteroid's Motion in Space. NASA [online]. ©2022 [cit. 2.5.2023]. Dostupné z: <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-confirms-dart-mission-impact-changed-asteroid-s-motion-in-space>
- [19] REE – Rare Earth Elements and their Uses. GEOLOGY [online]. ©2023 [cit. 2.5.2023]. Dostupné z: <https://geology.com/articles/rare-earth-elements/>
- [20] How can metal mining impact the environment? AGI [online]. ©2023 [cit. 2.5.2023]. Dostupné z: <https://www.americangeosciences.org/critical-issues/faq/how-can-metal-mining-impact-environment>
- [21] What Is The Environmental Impact Of The Mining Industry? WORLD ATLAS [online]. ©2023 [cit. 2.5.2023]. Dostupné z: <https://www.worldatlas.com/articles/what-is-the-environmental-impact-of-the-mining-industry.html>
- [22] CNBN, 2022. What Happened To Space Mining? YouTube video. [cit. 30.4.2023]. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=HZPy8hH86LY&list=PLqsn3JEo5bN77rVXUi5P6tf9hGujzr20r&ab\\_channel=CNBC](https://www.youtube.com/watch?v=HZPy8hH86LY&list=PLqsn3JEo5bN77rVXUi5P6tf9hGujzr20r&ab_channel=CNBC)
- [23] WILCOX, Brian. SAN MARTIN, Miguel. GIERSCH, Louis. Testbed for Studying the Capture of a Small, Free Flying Asteroid in Space. California: California Institute of Technology, 2015.
- [24] COHEN, Marc M. Robotic Asteroid Prospector (RAP). Astrotech. NASA, 2013
- [25] SERCEL, Joel C. APISTM (Asteroid Provided In-situ Supplies): NIAC Phase I Final Report. Lake View Terrace: ICS Associates Inc.2016
- [26] How to use Technology Readiness Levels (TRLs). INNOVOLO GROUP [online]. ©2023 [cit. 2.5.2023]. Dostupné z: <https://innovolo-group.com/misc/how-to-use-technology-readiness-levels-trl/>
- [27] Artificial intelligence (AI). ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA [online]. ©2023 [cit. 6.5.2023]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence>
- [28] Machine learning, explained. MIT SLOAN SCHOOL OF MANAGEMENT [online]. ©2023 [cit. 6.5.2023]. Dostupné z: <https://mitsloan.mit.edu/ideas-made-to-matter/machine-learning-explained>
- [29] What Is Deep Learning? MATHWORKS GROUP [online]. ©2023 [cit. 2.5.2023]. Dostupné z: <https://www.mathworks.com/discovery/deep-learning.html>
- [30] How does Stable Diffusion work? STABLE DIFFUSION ART [online]. ©2023 [cit. 2.5.2023]. Dostupné z: <https://stable-diffusion-art.com/how-stable-diffusion-work/>
- [31] Stable Diffusion Version 2. GITHUB [online]. ©2023 [cit. 2.5.2023]. Dostupné z: <https://github.com/Stability-AI/stablediffusion>
- [32] What is Sampling? STABLE DIFFUSION ART [online]. ©2023 [cit. 2.5.2023]. Dostupné z: [https://stable-diffusion-art.com/samplers/#What\\_is\\_Sampling](https://stable-diffusion-art.com/samplers/#What_is_Sampling)
- [33] What is CFG Scale in Stable Diffusion and How to Use It. DECENTRALIZED CREATOR [online]. ©2023 [cit. 2.5.2023]. Dostupné z: <https://decentralizedcreator.com/cfg-scale-in-stable-diffusion-and-how-to-use-it/>