



# Výzkumná zpráva Kongresu

**Space mining**

*Tereza Ondráčková*

## 1. Úvod

Termín space mining nebo také vesmírná těžba popisuje získávání surovin z vesmírných těles, kterými mohou být jak planety a jejich měsíce, tak asteroidy či komety. Vytěžený materiál z těchto těles může být transportován z vesmíru zpět na Zemi. Na druhou stranu může být ale využit přímo ve vesmíru ke zbudování nové infrastruktury, solárních vesmírných panelů nebo třeba přeměněn na palivo. Těžba je tedy cestou, jak k pozemským omezeným zásobám přidat nový nekonečný zdroj a zároveň cestou, jak umožnit lidské rase podnikat vzdálenější lety a urychlit její expanzi.

V následujícím textu bude řeč o tom, jestli je vůbec space mining povolený a jaké podmínky musí Spojené státy splnit, aby neporušovaly už jednou podepsaná ujednání. Následně budou probírána témata, která se vesmírné těžby bezprostředně týkají – lokalita, cílová surovina, účel těžby, finanční zisk a vedlejší cíle těžby. Pro kongresmany bude zásadní právě tato témata pochopit, aby následně při jednání mohli rozhodnout, na co přesně se mají Spojené státy v budoucnu soustředit. Dosavadní administrativy již zaujaly jisté postoje, a proto v textu bude zmíněna i národní legislativa a projekty, které už nyní NASA v oblasti vesmírné těžby plánuje. Opomenuty nesmí být ani soukromé firmy operující v oblasti vesmírného průmyslu, tudíž jim bude taktéž věnována zvláštní kapitola. V neposlední řadě celou výzkumnou zprávu uzavírá stanovisko současné administrativy, které by rozhodně nemělo být v rozporu s výslednou podobou zákona, jenž bude schválen ve Výboru pro vědu, vesmír a technologie.

## 2. Či je vesmír – mezinárodní právo vesmírné

Vesmír je nekonečný a neohraňovaný. Arbitrární oddělení zemského vzdušného prostoru a vesmírného prostoru také neexistuje, ale obecně uznávanou hranicí je tzv. Kármánova linie ve výšce 100 km nad zemským povrchem. Spojené státy americké ovšem neuznávají žádnou oficiální hranici, a proto status vesmírného letu závisí na agentuře, která tento let podniká. Letci NASA se např. stávají astronauty už ve výšce 80 km.<sup>1</sup> Podle této logiky by se tedy majitel společnosti Virgin Galactic Richard Branson v letu uskutečněném 11. července 2021 do výšky 80 km stal astronautem. Celosvětově je ovšem jako první komerční výlet do vesmíru s lidskou posádkou chápána až raketa New Shepard podnikatele Jeffa Bezose s jeho společností Blue Origin, která odstartovala 20. července 2021. Tato „nejrychlejší dodávka Amazonu“ byla doručena právě do výšky 100 km.<sup>2</sup>

Ačkoli je tedy hranice vesmíru nejednotná, tak právní postavení vesmíru bylo upraveno několika mezinárodními dokumenty, z nichž zcela zásadní jsou zejména Outer Space Treaty a Moon Treaty.

### 2.1 Outer Space Treaty – Kosmická smlouva

<sup>1</sup> WONG, Wilson a James FERGUSON. *Military Space Power - A Guide to the Issues* [online]. Santa Barbara, California: Praeger, s. 16 [cit. 2021-4-26]. ISBN 978-0-313-35680-3. Dostupné z: [https://books.google.cz/books?id=GFg5CqCojqQC&pg=PA16&redir\\_esc=y#v=onepage&q=80%20km&f=false](https://books.google.cz/books?id=GFg5CqCojqQC&pg=PA16&redir_esc=y#v=onepage&q=80%20km&f=false)

<sup>2</sup> <https://www.bbc.com/news/science-environment-57849364>

Kosmická smlouva, jejímž prvním signatářem byly v roce 1967 i Spojené státy, vymezila právní principy průzkumu a využívání vesmíru. Její podstata je založena na myšlence vesmíru coby společném dědictví lidstva (*res communis*). Z toho plyne, že vesmír může být využíván všemi státy, avšak žádný si nesmí nárokovat suverenitu nad jeho částí. Měsíc a vesmírná tělesa musí být využívány pouze k mírovým účelům a nesmí být škodlivě kontaminovány např. odhozením odpadu nebo nepotřebného vybavení. V neposlední řadě smlouva stanovuje, že stát odpovídá za všechny své aktivity, ať už jsou prováděny národními agenturami nebo prostřednictvím soukromých společností.<sup>3</sup>

Co se týče těžby, Kosmická smlouva umožňuje vlastnictví surovin potom, co byly získány z povrchu nebo pod povrchem Měsíce a jiných těles. Jakmile jsou vytěženy, tak mohou být přesunuty, prodány a nadále využity. Tento dokument tedy vesmírnou těžbu umožňuje, avšak přivlastnění si těžebního území je zakázáno.

Později byly přijaty ještě tři další smlouvy, které právně ošetřily odpovědnost za škody způsobené vesmírnými objekty<sup>4</sup>, bezpečnost a návrat astronautů včetně vesmírných objektů<sup>5</sup> a v neposlední řadě také stanovily povinnou registraci vesmírných objektů<sup>6</sup>.

## 2.2 Moon Treaty – Smlouva o Měsíci

Poslední smlouva z roku 1979 týkající se Měsíce se ovšem nedočkala všeobecného přijetí a dodnes ji podepsalo pouze 18 států. Podle článku 11 této smlouvy měsíční suroviny nemohou být vlastnictvím žádného státu, jsou výslovně řečeno společným dědictvím lidstva a musí být využívány pouze pod mezinárodním režimem. Státy, které by případně chtěly těžit tyto suroviny, by tyto zdroje včetně použité technologie a nabytý zisk musely sdílet se všemi ostatními národy. Z tohoto důvodu tuto smlouvu nepodepsaly ani Spojené státy<sup>7</sup>.

## 3. Space mining a jeho největší úskalí

Na otázku, proč se ještě ve vesmíru netěží, když to tedy není zakázané, je snadná odpověď. Technologie pro samotnou těžbu je nutné nejdříve plně vyvinout a vyzkoušet. Mnohé projekty jsou již na cestě k úspěchu, a proto se už nyní lze zaměřit

---

<sup>3</sup> Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies. *UNITED NATIONS Office for Outer Space Affairs* [online]. [cit. 2021-4-26]. Dostupné z:

<https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/introouterspacetreaty.html>

<sup>4</sup> Convention on International Liability for Damage Caused by Space Objects. *UNITED NATIONS Office for Outer Space Affairs* [online]. [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/introliability-convention.html>

<sup>5</sup> Agreement on the Rescue of Astronauts, the Return of Astronauts and the Return of Objects Launched into Outer Space. *UNITED NATIONS Office for Outer Space Affairs* [online]. [cit. 2021-4-26]. Dostupné z:

<https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/introrescueagreement.html>

<sup>6</sup> Convention on Registration of Objects Launched into Outer Space. *UNITED NATIONS Office for Outer Space Affairs* [online]. [cit. 2021-4-26]. Dostupné z:

<https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/introregistration-convention.html>

<sup>7</sup> Agreement Governing the Activities of States on the Moon and Other Celestial Bodies. *UNITED NATIONS Office for Outer Space Affairs* [online]. [cit. 2021-4-26]. Dostupné z:

<https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/intromoon-agreement.html>

na další krok – plánování těžby. Zde už není nutná pomoc inženýrů a vývojářů, ale především politiků.

USA jakožto jedna z předních zemí s vesmírným programem je předurčena, aby vytyčila cestu, kterou se nepochybně vydají i další státy v budoucnu. Tato kapitola představuje největší otázky týkající se vesmírné těžby – kde těžit, co těžit, proč to těžit a jestli se to vůbec vyplatí. Na tyto otázky prozatím není jasná odpověď a pouze čas ukáže, jestli rozhodnutí učiněná při jednání Kongresu budou do budoucna šťastná, nebo se pro USA stanou obrovským selháním.

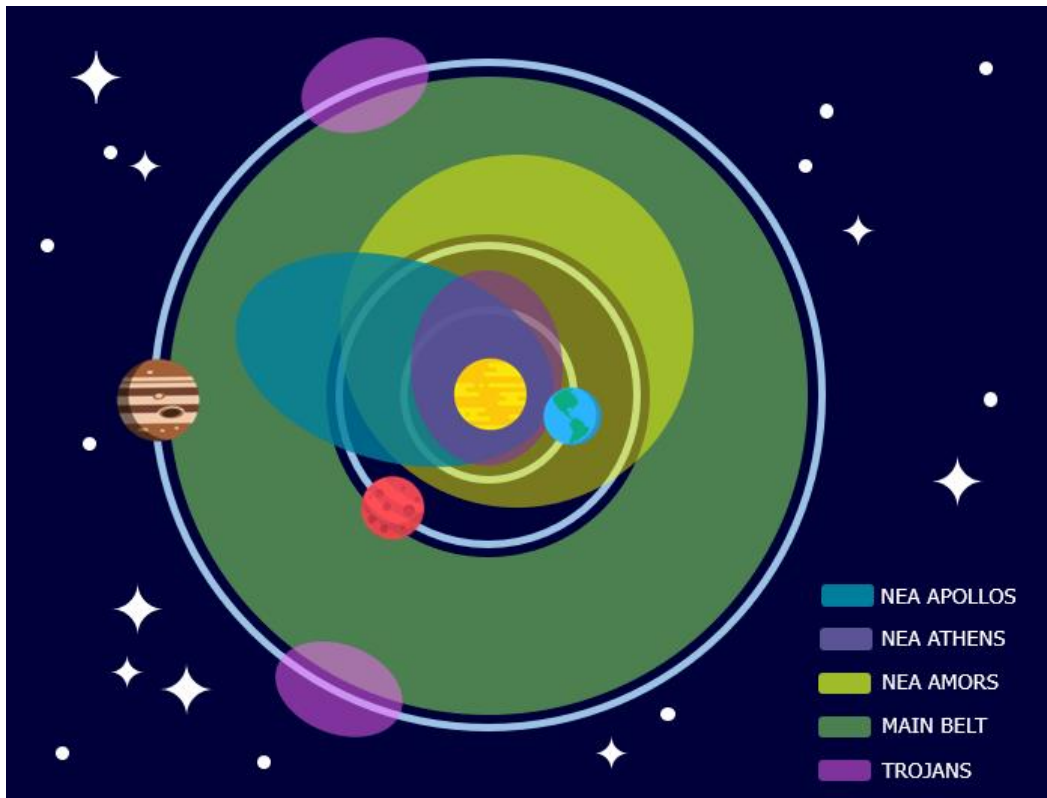
### 3.1.1 Kde těžit

Obdobně jako u pozemské těžby je pravidlem si nejdříve vytipovat ložiska a zjistit přístupnost terénu. Pro vesmírnou těžbu je správná lokalita zcela klíčová. Při volbě těžebního místa je třeba brát ohled na cílovou destinaci, vzdálenost od této destinace a rozdíl rychlostí těchto dvou míst, aby těžební proces nespotřeboval příliš paliva při cestě a netrval příliš dlouho. Pokud jsou suroviny určené k využití na objektech obíhajících na nízké orbitě Země (většina satelitů, Hubbleův teleskop i Mezinárodní vesmírná stanice), jeví se jako nejvýhodnější těžební místa nedaleké asteroidy s podobnou oběhovou rychlostí. Právě kvůli rozdílu rychlostí je nepraktické na tuto oběžnou dráhu dopravovat materiály např. z Měsíce, které by se musely „urychlovat“, a tím pádem by se spotřebovalo více paliva. Někdy se proto místo pojmu space mining používá asteroid mining.

### 3.1.1 Asteroid mining

Asteroidy jsou kamenné objekty obíhající kolem Slunce, které se svojí velikostí různí od 10 m do 530 km. Z celkového počtu necelých 1 000 000 je většina součástí hlavního asteroidového pásu mezi Marsem a Jupiterem. Asteroidy na stejné úrovni jako Jupiter se nazývají Trojani. Asteroidy, které se při pohybu po své trajektorii přiblíží v určitý moment k Zemi jsou Near Earth Asteroids (NEA). Právě tyto NEA jsou velice nadějnými zdroji surovin pro případnou těžbu a na mnoho z nich už jsou naplánované mise alespoň k jejich prozkoumání (viz kapitola 5).<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Asteroids: In depth. *NASA Science: Solar System Exploration* [online]. [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://solarsystem.nasa.gov/asteroids-comets-and-meteors/asteroids/in-depth/>



### 3.1.2 Typy asteroidů

Není asteroid jako asteroid, a proto je třeba rozlišit, na který typ asteroidu letět, když je naším cílem konkrétní surovina. Složení asteroidu je zjišťováno pomocí míry odrazivosti nejrůznějších vlnových délek od povrchu asteroidu.

Podle složení se asteroidy dělí na<sup>10</sup>:

- **C-tyt** (carbon)– nejčastější, obsahuje velké množství vody, uhlíku a fosforu
- **S-tyt** (stone)– obsahuje křemičitany, železo, nikl, kobalt a drahé kovy jako zlato, platina nebo rhodium
- **M-tyt** (metal)– nejvzácnější, obsahují 10x více kovů než S-tyt

### 3.1.3 Způsoby těžby

Jak ještě bude zmíněno, tak výsledný zisk závisí i na technologickém zpracování, dopravě a vzdálenosti mezi těžebním místem a finálním spotřebitelem.

S asteroidem, který byl vybrán k těžbě, se může stát jedna z následujících možností<sup>11</sup>:

1. Vytěžení, zpracování a využití surovin na místě
2. Vytěžení a zpracování na asteroidu a návrat pouze očištěných surovin

<sup>9</sup> Vytvořeno na základě informací z <https://astronomy.swin.edu.au/cosmos/n/Near+Earth+Asteroids>

<sup>10</sup> Tamtéž

<sup>11</sup> BROPHY, John a Steve OLESON. Spacecraft Conceptual Design for Returning Entire Near-Earth Asteroids. *American Institute of Aeronautics and Astronautics: Solar System Exploration* [online]. Atlanta, Georgia, 29 July - 1 August 2012n. l. [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://kiss.caltech.edu/papers/asteroid/papers/spacecraft.pdf>

3. Vytěžení asteroidu a návrat surového materiálu ke zpracování
4. Návrat celého malého asteroidu ke zpracování



12

## 3.2 Dilema, co těžit a proč

### 3.2.1 Palivo<sup>1314</sup>

Podle United Nations Office for Outer Space Affairs je na naší oběžné dráze v současnosti více než 5200 objektů vypuštěných ze Země, přičemž množství z nich už není funkční. Potom, co jim došlo palivo, tak klesnou na nižší orbity, kde jsou zničeny nebo zůstávají jako odpad tam, kde jsou. Jelikož jsou neovladatelné a hromadí se, tak riziko srážky s jinými satelity narůstá. Kdyby ovšem šlo těmto satelitům doplnit palivo, tak by fungovaly déle a vlastně neomezeně.

Na tomto lze ilustrovat, že možnost výroby paliva ve vesmíru by znamenala definitivní upuštění od „jednorázových“ zařízení, o což se se dnes čím dál úspěšněji snaží společnosti jako např. SpaceX se svými znovupřistávacími raketami.

Raketové palivo se dá získat z vody, která se rozštěpí na vodík a kyslík a obě složky se pak zkapalní. Z toho vyplývá, že hledání vody ve vesmíru má mnoho aspektů, které nutně nesouvisí jen se zdrojem pitné kapaliny.

<sup>12</sup> Vytvořeno na základě informací z <https://kiss.caltech.edu/papers/asteroid/papers/spacecraft.pdf>

<sup>13</sup> PATEL, Neel. Here's how we could mine the moon for rocket fuel. *MIT Technology Review* [online]. May 19, 2020 [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://www.technologyreview.com/2020/05/19/1001857/how-moon-lunar-mining-water-ice-rocket-fuel/>

<sup>14</sup> REDD, Nola. Tons of Water in Asteroids Could Fuel Satellites, Space Exploration. *SPACE* [online]. September 29, 2019 [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://www.space.com/water-rich-asteroids-space-exploration-fuel.html>

Palivo by navíc umožnilo cestování lidí do vesmíru na delší časové úseky. Kromě toho by nebylo třeba startovat se zásobami paliva a tím pádem by rakety měly menší startovací hmotnost a byly výrazně levnější. V budoucnu by navíc mohly vzniknout „čerpací stanice“ na různých těžebních místech, které by umožnily cestování na delší vzdálenosti a éra lidské expanze by mohla začít.

### 3.2.2 Cenné kovy

Jak již bylo řečeno, tak cenné kovy jako zlato, platina či rhodium jsou hlavním komponentem metalických asteroidů. Právě vidina obrovských kusů platiny levitujících na dosah vzbudila od roku 2010 velký zájem o vesmírnou těžbu. NASA už schválila misi na jeden z těchto metalických asteroidů – Psyche. Na místě je ovšem nutné zmínit, že návrat tak velkého množství cenného kovu by automaticky snížil jeho tržní cenu. Některé měny navíc stále jistí svou hodnotu zlatem, takže by pokles jeho ceny vyústil v ekonomickou krizi. Výzkumníci NASA tedy plánují ponechat většinu kovů ve vesmíru pro budoucí využití při budování základen nebo pro výrobu elektronických součástí.<sup>15</sup>

### 3.2.3 Materiály pro podporu života – kyslík, voda, jídlo (hnojiva)

Hnací silou vesmírné těžby není jen touha po penězích, ale právě zisk materiálů pro vybudování lidského osídlení, která by v časovém horizontu umožnila lidskou expanzi mimo hranice naší planety, a dokonce mimo naši soustavu. Lidský organismus pro přežití potřebuje kyslík, vodu, potravu a příznivé okolní podmínky jako stálou teplotu, gravitaci a minimum vesmírného záření.<sup>16</sup>

Voda se dá získat rozmrazením ledu, zkapalněním vodních par nebo extrakcí z hornin asteroidů. Hledání zmrzlé vody je spíše otázkou u pevných planet, avšak u konkrétně uhlíkových asteroidů se jeví jako příležitost právě extrakce. Například podle plánu těžebního systému MiniBee se koncentrovaným slunečním zářením z asteroidu vypaří voda, ta se zachytí a následně zkapalní. Kyslík se následně dá získat z vody jejím rozštěpením na vodík a kyslík.

Stejný C-tyt steroidu je bohatý na uhlík a fosfor, které se dají využít coby hnojiva pro případné pěstování rostlin. A od rostlin už je to jen krůček k chování zvířat, které se rostlinami živí.

### 3.2.4 Materiály pro výstavbu a výrobu

Suroviny ze všech typů asteroidů se dají využít coby základ pro stavbu složitějších struktur. Z kovů se dá sestavit elektronika, kovové součástky strojů a radiační štíty. Odstínit záření je zásadní, protože ve vesmíru je dávka kosmického záření několikanásobně vyšší než na Zemi, kterou chrání atmosféra a magnetické pole. Bez

<sup>15</sup> CHOW, Denise. Mission to rare metal asteroid could spark space mining boom. *NBC News* [online]. July 10, 2019 [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://www.nbcnews.com/mach/science/mission-rare-metal-asteroid-could-spark-space-mining-boom-ncna1027971>

<sup>16</sup> ALLISON, Peter. How we could survive on an asteroid. *BBC Future* [online]. June 13, 2018 [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://www.bbc.com/future/article/20180612-will-we-ever-colonise-an-asteroid>

ochrany před zářením by se u lidí ve vesmíru do několika let vyvinuly různé typy nádorů a degenerativní onemocnění.<sup>17</sup>

Pro budování osídlení jsou zásadní asteroidy samotné. Surový asteroid se dá využít jako stavební materiál. Experimenty již prokázaly, že i ze surového neočištěného materiálu z asteroidu se dají pomocí opracování nebo 3D tisku vytvořit stavební kameny pro budování objektů.<sup>18</sup> Řetěžením čistého uhlíku obsaženého v asteroidech lze navíc zhotovit i plasty. Pro zajištění zdroje energie bude nutné využít suroviny rovněž k výrobě solárních panelů.

### 3.2.5 Ekologie

Těžba ve vesmíru by umožnila omezit těžbu některých surovin na Zemi a tím pádem zachování jejich těžebních ložisek společně s životním prostředím, které by bylo při těžbě ovlivněno. Pokud by se navíc výroba energie přesunula do vesmíru, tak by nebylo zapotřebí využívat spalovací elektrárny, čímž by se omezila i míra zplodin jimi produkovaných. Navíc při těžbě přímo na asteroidu by nebylo zapotřebí tolik paliva jako při dopravování surovin ze Země. Jak již bylo uvedeno výše, každý gram přidané váhy se totiž počítá.<sup>19</sup>

Studie, která sledovala těžbu vody ve vesmíru, vypočítala, že těžba ve vesmíru by byla ekologicky výhodnější, pokud by její hmotnost převýšila hmotnost dopravené těžební techniky. V případě těžby platiny by byla jasná ekologická převaha v momentě, kdy se na Zemi vrátí platina ekvivalentní alespoň 7% hmotnosti těžebních strojů.

### 3.2.6 Vedlejší cíle – výzkum

Těžba ve vesmíru je lákavá i pro vědce. Vzorky z vesmírných těles jsou cenným zdrojem informací o známkách života, který zde byl nebo který se právě vyvíjí. Navíc některé asteroidy, jako třeba Psyche, mají unikátní složení. Podle vědců z NASA jsou metalické asteroidy jako Psyche pozůstatky jader zaniklých planet z počátků naší Sluneční soustavy. Doufají, že ze vzorků budou moci lépe porozumět jádru planety Země, které je kvůli zemskému plášti a kůře k bádání nepřístupné.<sup>20</sup>

## 4. Cost – efektivita

V závislosti na složení a místě využití vytěžené suroviny se liší výše případného zisku z těžby. Suroviny, které se vyplatí transportovat zpět na Zemi jsou takové, které jsou na Zemi v malém množství a je po nich poptávka (např. drahé kovy nebo polovodiče).<sup>21</sup>

<sup>17</sup> Why Space Radiation Matters. *NASA Analog Missions* [online]. [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://www.nasa.gov/analog/nsrl/why-space-radiation-matters>

<sup>18</sup> BUET, Michael a Robert FRANTZ. Asteroid Mining: Why and How? : *Journal of Space Philosophy 3, no. 1 (Spring 2014)* [online]. [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: [http://keplerspaceinstitute.com/wp-content/uploads/2017/11/JSP-Spr-2014-17\\_Buet-Frantz-Final.pdf](http://keplerspaceinstitute.com/wp-content/uploads/2017/11/JSP-Spr-2014-17_Buet-Frantz-Final.pdf)

<sup>19</sup> HEIN, Andreas, Michael SAIDANI a Hortense TOLLU. Exploring Potential Environmental Benefits of Asteroid Mining. *Cornell University Archive: Journal of Space Philosophy 3, no. 1 (Spring 2014)* [online]. October 10, 2018 [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://arxiv.org/abs/1810.04749>

<sup>20</sup> NASA approves mission to explore large asteroid. *Mining Engineering* [online]. July 11, 2019 [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://me.smenet.org/webContent.cfm?webarticleid=2718>

<sup>21</sup> SUCIU, Peter. Supply/Demand Ratio On Earth. *RedOrbit* [online]. April 28, 2012 [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://www.redorbit.com/news/space/1112523850/asteroid-mining-venture-could-change-supplydemand-ratio-on-earth/>



Naopak suroviny, které se vyplatí využít přímo ve vesmíru, jsou na Zemi často zcela běžné. V tomto druhém případě je chytřejší ponechat je na místě poblíž Země nebo na místě těžby, kde budou přístupné a připraveny k využití (např. voda, uhlík, kovy). Příkladem může být studie Asteroid Capture and Return mission, která teoreticky popsala detaily přesunu asteroidu těžkého 500 000 kg ze svého původního místa na oběžnou dráhu Měsíce. Cena takovéto mise byla vyčíslena na 2,6 miliardy USD. Pokud by se ale stejná hmotnost materiálu měla dopravit ze Země, vyšplhaly by se náklady na 20 miliard USD, což by bylo přibližně 8krát dražší.<sup>22</sup> Zde je na místě přirovnání, že vozit materiál ze Země, když ho můžeme získat přímo ve vesmíru, je jako vozit dříví do lesa. V našem případě je ovšem zapotřebí na převoz raketoplán. Přehled asteroidů, jejichž hodnota by převýšila náklady na cestu a jejich těžbu, lze nalézt v databázi Asterank.<sup>23</sup> Podle ní vychází coby nejvhodnější cíl asteroid C-typu Ryugu, na který už se podívala japonská mise Hayabusa 2, která se v prosinci 2020 vrátila se vzorky.<sup>24</sup> Zisk z vytěžení Ryugu je podle Asteranku vyčíslen na 30 miliard USD.<sup>25</sup>

---

<sup>22</sup> BROPHY, John et al. Asteroid Retrieval Feasibility Study. *Keck Institute for Space Studies* [online]. April 2, 2012 [cit. 2021-4-26]. Dostupné z:

[https://kiss.caltech.edu/final\\_reports/Asteroid\\_final\\_report.pdf](https://kiss.caltech.edu/final_reports/Asteroid_final_report.pdf)

<sup>23</sup> Scientific and Economic Database of Asteroids. *Asterank* [online]. [cit. 2021-4-26]. Dostupné z:

<http://www.asterank.com/>

<sup>24</sup> Hayabusa 2. *NASA Science: Solar System Exploration* [online]. [cit. 2021-4-26]. Dostupné z:

<https://solarsystem.nasa.gov/missions/hayabusa-2/in-depth/>

<sup>25</sup> Scientific and Economic Database of Asteroids. *Asterank* [online]. [cit. 2021-4-26]. Dostupné z:

<http://www.asterank.com/>

## 5. Národní legislativa

Jak plyne z předchozího textu, tak USA podpisem Kosmické smlouvy stvrdily, že hodlají respektovat tehdy všeobecně přijímaný přístup mezinárodního společenství k vesmíru – doména s neuvěřitelným potenciálem, kde je třeba stanovit pravidla pro budoucí aktivity. Nyní se už nacházíme v době, kdy se počet letů každým rokem násobí a začíná éra využívání vesmíru, která oproti výzkumu a pozorování daleko více zajímá i soukromý sektor. Mimo jiné i tuto skutečnost se snažily reflektovat následující dokumenty z per předcházejících dvou amerických prezidentů.

### 5.1 U.S. Commercial Space Launch Competitiveness Act

V roce 2015 podepsal prezident Obama zákon, jehož čtvrtá část se týká právě vesmírné těžby. Podle této části mají američtí občané právo získat, vlastnit, převážet, užívat a prodávat všechny vesmírné zdroje, které získali při své soukromé komerční těžbě. Cílem tohoto zákona je tedy podpořit rozvoj komerčního průzkumu a těžby vesmírných zdrojů a celkově umožnit rozkvět tohoto průmyslového odvětví. Podle tohoto zákona federální vláda USA soukromým společnostem udělí autorizaci a bude dohlížet na jejich aktivity ve vesmíru. Aktivity soukromých společností se budou řídit mezinárodními smlouvami podepsanými USA, tedy hlavně Kosmickou smlouvou. Přivlastnění si těžebního území je i nadále zakázáno.<sup>26</sup>

### 5.2 Executive Order on Encouraging International Support for the Recovery and Use of Space Resources

V roce 2020 vydal prezident Trump příkaz, ve kterém zdůrazňuje, že dlouhodobý průzkum vesmíru a vědecký výzkum Měsíce, Marsu a jiných těles jsou podmíněně spoluprací se soukromými společnostmi. Cílem spolupráce má být těžba a využití vesmírných zdrojů, včetně vody a minerálů. Podle Donalda Trumpa je vesmír unikátní doménou lidského zájmu a Spojené státy vesmír nepovažují za společné dědictví připadající všem státům, čímž odporuje znění Smlouvy o Měsíci. V závěru textu se zvláště vymezil proti Smlouvě o Měsíci, odmítl, aby na USA byly vztahovány její principy a vyzval ostatní státy, aby pro spolupráci při vesmírné těžbě uzavíraly s USA bilaterální smlouvy. Vznik nové mezinárodní smlouvy označil za nepotřebný.<sup>27</sup>

## 6. První kroky k těžbě – současné projekty NASA

- **Program ARTEMIS**

<sup>26</sup> H.R.2262 - U.S. Commercial Space Launch Competitiveness Act: 114th Congress (2015-2016). : *TITLE IV-SPACE RESOURCE EXPLORATION AND UTILIZATION* [online]. [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://www.congress.gov/bill/114th-congress/house-bill/2262>

<sup>27</sup> Encouraging International Support for the Recovery and Use of Space Resources: Executive Order 13914 of April 6, 2020. *FEDERAL REGISTER* [online]. [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://www.federalregister.gov/documents/2020/04/10/2020-07800/encouraging-international-support-for-the-recovery-and-use-of-space-resources>

Nahrazuje dosavadní program APOLLO a začne vysláním astronautů na Měsíc v roce 2024. Cílem programu ARTEMIS je dlouhodobý pobyt lidí na Měsíci a jeho důkladnější prozkoumání, vrcholem by měla být trvalá lidská přítomnost. V rámci programu proběhne vývoj technologií k in-situ těžbě surovin včetně vody. Díky tomuto programu by měly být budoucí mise více udržitelné a nezávislé na dodávkách materiálů ze Země.<sup>28</sup>

- **Mise OSIRIS-REx**

Mise započatá roku 2016, během které USA poprvé odebraly vzorek z asteroidu. Cílem byl asteroid C-typu nazvaný Bennu patřící mezi NEAs, z něhož byl odebrán vzorek o hmotnosti 60 g. Vzorek se na Zemi dostane v roce 2023.<sup>29</sup> Cíl této mise je skryt v jejím názvu a spočívá ve zkoumání složení vzorku (Origin), porovnání složení a dat z teleskopů (Spectral Interpretation), zhodnocení původu a historie asteroidu (Resource Identification), studiu vlastností asteroidu ovlivňujících změnu jeho pohybu (Security) a zdokumentování povrchu asteroidu, kde byl vzorek odebrán (Regolith Exploration).<sup>30</sup>

- **Mise LUCY**

V říjnu 2021 odstartuje mise Lucy, která bude první misí zkoumající hned 8 asteroidů najednou, přičemž budou poprvé prozkoumány asteroidy ze skupiny Trojanů. Různý typy asteroidů mj. ukážou rozdíly ve složení a v původu jednotlivých typů.<sup>31</sup>

- **Mise PSYCHÉ**

Mise k asteroidu M-typu zvanému Psyché, která odstartuje v roce 2022, bude unikátní díky svému cíli. Asteroid Psyché je výjimečný metalický asteroid složený z niklu a železné rudy, což jsou materiály tvořící jádra primitivních vznikajících planet. Jak již bylo zmíněno výše, tak zkoumání umožní lépe porozumět jádru planety Země a samotnému vývoji Sluneční soustavy.<sup>32</sup>

## 7. Soukromé firmy

I díky podpoře vlády USA v posledních letech NASA záměrně spojuje své síly při různých misích se soukromými společnostmi. S tím, jak se vesmír stává terčem komerčních zájmů, tak NASA využívá spolupráce se soukromými společnostmi, aby snížila cenu vývoje a výroby požadovaných technologií. NASA může se společnostmi uzavírat smlouvy na placenou spolupráci, může je finančně podporovat pomocí tzv. výzvy Tipping point nebo je může vybrat v rámci tzv. Announcement of Collaboration

---

<sup>28</sup> NASA Outlines Lunar Surface Sustainability Concept. *NASA: In-Situ Resource Utilization* [online]. April 2, 2020 [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://www.nasa.gov/feature/nasa-outlines-lunar-surface-sustainability-concept>

<sup>29</sup> OSIRIS-REx. *NASA Science: Solar System Exploration* [online]. [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://solarsystem.nasa.gov/missions/osiris-rex/in-depth/>

<sup>30</sup> OSIRIS-REx Overview. *NASA* [online]. [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://www.nasa.gov/content/osiris-rex-overview>

<sup>31</sup> Lucy: The First Mission to the Trojan Asteroids. *NASA* [online]. [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/lucy/overview/index](https://www.nasa.gov/mission_pages/lucy/overview/index)

<sup>32</sup> Psyche Overview. *NASA* [online]. [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/psyche/overview/index.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/psyche/overview/index.html)

Opportunity, při které NASA a vybraná společnost uzavřou smlouvu o neplacené spolupráci a výměně know-how.<sup>33</sup>

Cestou zapojení soukromých společností navíc NASA urychluje uplatnění nových technologií v soukromém sektoru a v průmyslu. Ve výsledku tedy posílí pozice americké aeronautiky, vesmírný průmysl i konkurenceschopnost amerických společností.<sup>34</sup>

V oblasti vesmírné těžby jsou významnými společnostmi Deep Space Industries a Planetary Resources, které mají obě stejný cíl – detekovat a přesunout lukrativní asteroidy na oběžnou dráhu Měsíce, kde by mohly být vytěženy. V závěsu za nimi je společnost Kepler Energy and Space Engineering, která věří, že technologie potřebné k těžbě už byly vyvinuty a použity. Jejím cílem je na místě za pomoci známých technologií vytěžit rudu asteroidu a následně ji přesunout na nízkou oběžnou dráhu Země.<sup>35</sup>

Na samotnou inovativní technologii těžby čeká NASA na firmu TransAstra a jejich projekt MiniBee<sup>36</sup> – těžební plavidlo schopné díky koncentrované sluneční energii vypařit z asteroidu stabilizovaného v nafukovacím záchytném systému vodu. Poté by mohla NASA spustit Misi APIS (Asteroid Provided In-Situ Supplies), jejímž cílem bude takto vytěženou vodu nastřádat a dopravit k oběžné dráze Měsíce, kde bude moci být lépe využita. Budoucí mise v blízkosti Měsíce by se díky této „čerpací stanici“ změnily ve finančně dostupnější.<sup>37</sup>

Aby se ovšem do vesmíru dostaly všechny potřebné těžební stroje, je nejdříve potřeba je vynést z povrchu zemského. V oblasti vynášení satelitů a materiálu do vesmíru v současnosti vede firma SpaceX následována Blue Origin a dalšími menšími jako Virgin Galactic<sup>38</sup>. Nutno dodat, že NASA dlouhodobě využívá i služby společností Boeing a Lockheed Martin, díky kterým dopravuje astronauty na Mezinárodní vesmírnou stanici a vypravuje plavidla na Mars. Současným cílem celého odvětví je používání raket a raketoplánů schopných znovu přistát a být tedy opětovně použity.<sup>39</sup>

---

<sup>33</sup> Space Tech Public-Private Partnerships. *NASA: Space Technology Mission Directorate* [online]. [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: [https://www.nasa.gov/directorates/spacetech/solicitations/tipping\\_points](https://www.nasa.gov/directorates/spacetech/solicitations/tipping_points)

<sup>34</sup> Tamtéž

<sup>35</sup> FRANTZ, Robert a Michael BUET. Cornucopia Mission: Going For the Low Hanging Fruit. *Journal of Space Philosophy* 2, no. 2 (Fall 2013) [online]. [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: [http://keplerspaceinstitute.com/wp-content/uploads/2017/11/JSP-Fall-2013-13\\_Frantz-Buet-Final.pdf](http://keplerspaceinstitute.com/wp-content/uploads/2017/11/JSP-Fall-2013-13_Frantz-Buet-Final.pdf)

<sup>36</sup> SERCEL, Joel. Mini Bee Prototype to Demonstrate the Apis Mission Architecture and Optical Mining Technology. *NASA* [online]. June 11, 2019 [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: [https://www.nasa.gov/directorates/spacetech/niac/2019\\_Phase\\_I\\_Phase\\_II/Mini\\_Bee\\_Prototype/](https://www.nasa.gov/directorates/spacetech/niac/2019_Phase_I_Phase_II/Mini_Bee_Prototype/)

<sup>37</sup> SERCEL, Joel. APIS (Asteroid Provided In-Situ Supplies): 100MT Of Water from a Single Falcon 9. *NASA* [online]. May 7, 2015 [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://www.nasa.gov/feature/apis-asteroid-provided-in-situ-supplies-100mt-of-water-from-a-single-falcon-9/>

<sup>38</sup> SpaceX, Blue Origin and Asteroid Mining. *Space Mining* [online]. [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://www.nasa.gov/feature/apis-asteroid-provided-in-situ-supplies-100mt-of-water-from-a-single-falcon-9/>

<sup>39</sup> Space Exploration. *Lockheed Martin* [online]. [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://www.lockheedmartin.com/en-us/capabilities/space/human-exploration.html>

## 8. Současná administrativa<sup>40 41 42 43</sup>

Názor současné administrativy není vzhledem ke krátké době v úřadu ještě zcela vymezený vůči všem otázkám, ale na ty zásadní už odpovědi padly. Nejlepší je si uvědomit návaznost směřování americké vesmírné politiky v čase. Minulá republikánská administrativa v čele s Donaldem Trumpem prosazovala aktivní vesmírný program – dostat opět lidi na Měsíc, start programu ARTEMIS, podpora soukromých společností ve vesmírném průmyslu, zřízení Space Force, navýšení rozpočtu NASA a legalizace vesmírné těžby a vlastnictví produktů vesmírné těžby americkými občany (viz kapitola 5.2).<sup>44</sup>

Nastupující demokratická administrativa prezidenta Joe Bidena obecně také podporuje činnost NASA a vesmírnou exploraci. V konkrétních prioritách se ovšem liší – směřuje NASA a NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), aby více cílily svoje aktivity k lepšímu porozumění a boji se změnami klimatu. Prezident Trump byl vůči tomuto tématu skeptický. Se změnou klimatu by se navíc dalo bojovat výstavbou solárních panelů ke zdroji sluneční energie přímo ve vesmíru, které by se umístily na oběžnou dráhu. Ačkoli je tato technologie ještě daleko, tak Čína už oznámila, že chce takový vesmírný systém vybudovat do roku 2035. Prezident Biden se k tomu prozatím nevyjádřil.

Kontinuita administrativ pozitivně ovlivní soukromý sektor. Biden bude i nadále podporovat soukromé společnosti a jejich aktivity, jelikož za vlády Baracka Obamy coby viceprezident společně prosadili právě U.S. Commercial Space Launch Competitiveness Act (viz kapitola 5.1), díky kterému začala NASA spolupracovat se SpaceX.<sup>45</sup>

Oříškem pro Bidenovu vládu bude zajistit nezávislost USA na cizích státech v otázce vzácných kovů a minerálů. V současnosti má USA nedostatek surovin pro výrobu baterií do elektromobilů, větrných turbín, chytrých telefonů, polovodičů a permanentních magnetů. V USA je pouze jeden fungující důl na materiály jako lithium, mangan, kobalt, nikl, rhodium a platina, kterých je nedostatek.<sup>46</sup> Navíc vytěžená surová

---

<sup>40</sup> GOHD, Chelsea. Democratic Party voices support for NASA in 2020 platform. *SPACE* [online]. July 24, 2020 [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://www.space.com/democratic-party-nasa-platform-2020.html>

<sup>41</sup> WALL, Mike. Presidential Visions for Space Exploration: From Ike to Biden. *SPACE* [online]. January 20, 2021 [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://www.space.com/11751-nasa-american-presidential-visions-space-exploration/2.html>

<sup>42</sup> ROSENBERG, Mark a Peter MARBER. America Needs a Supercharged Space Program: Biden's first 100 days. *Foreign Policy* [online]. [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://foreignpolicy.com/2021/02/22/biden-space-force-race-policy-rockets-china/>

<sup>43</sup> DEAUX, Joe a Stephen LEE. *Biden's hopes for rare earth independence at least a decade away* [online]. March 1, 2021 [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://phys.org/news/2021-03-biden-rare-earth-independence-decade.html>

<sup>44</sup> WALL, Mike. What does the 2020 presidential election mean for space exploration? *SPACE* [online]. November 03, 2020 [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://www.space.com/election-2020-space-policy-trump-biden>

<sup>45</sup> Tamtéž

<sup>46</sup> Executive White House Order Inspires US Nuclear-Solar System Resources Plan for Asteroid Mining Expedition. *Globe Newswire* [online]. March 10, 2021 [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://www.globenewswire.com/news-release/2021/03/10/2190455/0/en/Executive-White-House-Order-Inspires-US-Nuclear-Solar-System-Resources-Plan-for-Asteroid-Mining-Expedition.html>

ruda je po vytěžení převážena do Číny ke zpracování. USA je tak závislá na dovozu z jiných, potenciálně nepřátelských, zemí. Situace by se nevyřešila ani otevřením nových dolů, protože po nástupu Bidena se opět zavedly přísnější a delší povoloovací procesy kvůli kladení většího důrazu na ochranu životního prostředí. Demokraté podporují prezidentovu snahu posílit nezávislost USA, ovšem ne za cenu otevírání dolů a nové těžby. Proto se nabízí sice ne okamžité, ale ideální řešení... těžba ve vesmíru.

V neposlední řadě je nutno říct, že demokratická administrativa prozatím ignorovala nově zřízenou divizi amerického vojenství Space Force. Vysvětlením může být snaha Joe Bidena ukázat tímto gestem, že "vesmír by měl využíván, a to i komerčními uživateli, ale nikoli militarizován".<sup>47</sup>

## 9. Závěr – bude se v budoucnu skloňovat USA a space mining?

Na základě předchozího textu je jasné, že těžba ve vesmíru není jen fantasmagorií z literatury Julese Verna, ale brzy se stane skutečností. Zásadní otázkou ovšem je, jakou roli při počátcích vesmírné těžby sehrají právě Spojené státy nebo americké soukromé společnosti. První pokusy o vesmírnou těžbu budou jistě nákladné a chvíli potrvá, než se celé odvětví ustanoví do takové podoby, aby byl proces efektivní a výdělečný. Současně samozřejmě záleží, zda se tento zisk projeví v podobě výdělku finančního či výdělku materiálního a jestli vůbec vytěžený materiál doputuje až na Zemi. Ve výsledku je zde mnoho prostoru pro skepsi i pro nadějně vize, které by mohly USA vynést na výsluní nové éry.

### Otázky pro jednání:

1. Budete podporovat aktivity USA vedoucí k započetí těžby ve vesmíru?
2. 11
3. Jaká je vaše vize aktivit USA ve vesmíru za 50 let?
4. Navýšili byste za tímto účelem rozpočet NASA?
5. Jakou roli by v budoucích projektech vesmírné těžby měly hrát soukromé firmy?
6. Vidíte roli USA v oblasti vesmírné těžby jako průkopníka nebo jako člena mezinárodního úsilí? Se kterými zeměmi by USA mohla spolupracovat a kterým se naopak vyhnout?
7. Jakým způsobem, jestli vůbec by měla USA přistupovat k zabezpečení míst těžby a vzniklé infrastruktury?
8. Došlo by při těžbě i k zapojení Space Force? Jaký by byl její úkol?

### Doporučené zdroje:

#### Databáze asteroidů Asterank

Scientific and Economic Database of Asteroids. *Asterank* [online]. [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <http://www.asterank.com/>

<sup>47</sup> ROSENBERG, Mark a Peter MARBER. America Needs a Supercharged Space Program: Biden's first 100 days. *Foreign Policy* [online]. [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://foreignpolicy.com/2021/02/22/biden-space-force-race-policy-rockets-china/>

### **Video o těžbě asteroidů**

Who wants to be a Trillionaire? *Bloomberg Quicktake* [online]. September 25, 2019 [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=VGosZWBTF7A&ab\\_channel=BloombergQuicktake](https://www.youtube.com/watch?v=VGosZWBTF7A&ab_channel=BloombergQuicktake)

### **Použité zdroje:**

Space Exploration. *Congressional Research Service* [online]. September 2, 2016 [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/IF/IF10016>

Rare Earth Elements: The Global Supply Chain. *Congressional Research Service* [online]. December 16, 2013 [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R41347>

Challenges to the United States in Space. *Congressional Research Service* [online]. January 27, 2020 [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/IF/IF10337>

Changes in the U.S. Commercial Space Industry. *Congressional Research Service* [online]. June 2, 2016 [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/IF/IF10415>