

MICHIO KAKU
BUDOUCNOST
LIDSTVA

*Náš úděl mezi
hvězdami*

PROSTOR





Michio Kaku
Budoucnost lidstva
Náš úděl mezi hvězdami

PROSTOR

MICHIO KAKU
**BUDOUCNOST
LIDSTVA**

*Náš úděl mezi
hvězdami*

přeložil Jan Petříček



PROSTOR | PRAHA | 2019

THE FUTURE OF HUMANITY
Copyright © 2018 Michio Kaku

Czech edition © PROSTOR, 2019
Translation © Jan Petříček, 2019
Cover picture © shutterstock/isifa, 2019

ISBN 978-80-7260-423-4

*Mé milující ženě Shizue
a mým dcerám Michelle a Alyson*

OBSAH

Prolog / 11

Úvod. Vstříc víceplanetárnímu druhu / 19

ČÁST I: OPUŠTĚNÍ ZEMĚ

1. Příprava ke startu / 33
2. Nový zlatý věk kosmických letů / 55
3. Těžba v nebesích / 78
4. Na Mars – za každou cenu! / 88
5. Mars: zahradní planeta / 106
6. Vstříc plynným obrům, kometám a ještě dál / 131

ČÁST II: VÝPRAVA KE HVĚZDÁM

7. Roboti ve vesmíru / 149
8. Stavba hvězdoletu / 183
9. Dalekohled Kepler a planety v hloubi vesmíru / 221

ČÁST III: ŽIVOT VE VESMÍRU

10. Nesmrtelnost / 243
11. Transhumanismus a technologie / 269
12. Hledání mimozemského života / 294
13. Vyspělé civilizace / 322
14. Opuštění vesmíru / 379

Poznámky / 400

Doporučená literatura / 420

Autorská práva k ilustracím / 423

Poděkování / 424

Rejstřík / 433

PROLOG

Jednoho dne asi před sedmdesáti pěti tisíci lety lidstvo málem vyhynulo.¹

Gigantická exploze v Indonésii zahalila nebe ohromným oblakem prachu, kouře a smetí, který sahal tisíce kilometrů daleko. Erupce sopky Toba byla tak silná, že je považována za nejmohutnější vulkanickou událost posledních pětadvaceti milionů let. Vyvrhla do vzduchu nepředstavitelných 2800 kilometrů krychlových horniny. Rozsáhlá území v Malajsii a Indii byla pokryta až devítimetrovou vrstvou sopečného popela. Jedovatý kouř a prach nakonec odpluly nad Afriku a zanechaly za sebou smrt a zkázu.

Zkuste si na chvíli představit, jaký chaos tato kataklyzmatická událost vyvolala. Naše předky trýznil spalující žár a oblaka šedého prachu, která zatemnila nebe. Mnohé z nich udusily a otrávilily husté saze a prach. Pak teploty prudce poklesly a nastala „sopečná zima“. Všude, kam oko dohlédlo, rostlinstvo a zvěř vyhynuly; zůstala jen bezútěšná, pustá krajina. Lidé i zvířata museli ve zpustošené krajině pátrat po drobných zbytcích potravy a většina lidí zemřela hladu. Vypadalo to, jako by celá Země umírala. Ti nemnozí, kdo

přežili, měli jediný cíl: utéct co nejdále od opony smrti, která se snesla na jejich svět.

Nápadné důkazy o tomto kataklyzmatu se možná nacházejí v naší krvi.²

Genetici si povšimli zvláštní skutečnosti, že libovolní dva lidé mají téměř identickou DNA. Oproti tomu libovolní dva šimpanzi mohou vykazovat větší genetické rozdíly než celá lidská populace. Matematicky vzato může tento fenomén vysvětlit teorie, podle které byla v době zmíněné exploze většina lidského rodu vyhubena, takže zůstalo jen několik málo z nás – asi dva tisíce lidí. Pozoruhodným souběhem okolností se z této špinavé, otrhané tlupy stali dávní Adamové a Evy, jejichž potomstvo nakonec zalidnilo celou planetu. Všichni jsme skoro klony jeden druhého, jsme bratři a sestry, potomci maličké, houževnaté skupiny lidí, která by se snadno vešla do tanečního sálu moderního hotelu.

Zatímco se tito lidé plahočili křížem krážem po pusté krajině, neměli ani ponětí, že jednoho dne jejich potomci budou vévodit všem koutům planety.

Když dnes hledíme vstříc budoucnosti, vidíme, že události z doby před sedmdesáti pěti tisíci lety byly možná generální zkouškou na budoucí katastrofy. Na to jsem si vzpomněl roku 1992, když jsem se doslechl ohromující novinu, že byla poprvé objevena planeta obíhající kolem vzdálené hvězdy. Nyní mohli astronomové dokázat, že existují planety mimo naši sluneční soustavu. To byla zásadní změna paradigmatu v našem chápání vesmíru. Rozesmutnilo mne však, když jsem se dozvěděl další podrobnosti: tato vzdálená planeta obíhá kolem mrtvé hvězdy (pulzaru), jež v minulosti vybuchla v supernovu, čímž pravděpodobně zahubila vše, co snad mohlo na dané planetě žít. Věda

nezná žádnou formu života, která dokáže přežít ničivý výtrysk jaderné energie doprovázející explozi blízké hvězdy.

Pak jsem si představoval civilizaci žijící na té planetě, vědomou si toho, že její mateřské slunce umírá, jak naléhavě buduje rozsáhlou flotilu kosmických korábů schopnou přepravit ji do jiné sluneční soustavy. Na planetě zavládne naprostý chaos, zatímco se zoufalí lidé v panice budou rvát o posledních pár míst na odplouvajících lodích. Představoval jsem si hrůzu pocitovanou těmi, kdo byli ponecháni napospas smrti, když jejich slunce explodovalo.

Je stejně nevyhnutelné jako zákony fyziky, že lidstvo bude jednoho dne čelit události, která ohrozí samotné jeho přežití. Budeme však stejně jako naši předkové mít sílu a odhodlání potřebné k tomu, abychom se udrželi naživu, a dokonce prospívali?

Když přehlédneme všechny formy života, které kdy na Zemi existovaly, od mikroskopických bakterií po mohutné lesy, těžkopádné dinosaury a podnikavé lidské bytosti, zjistíme, že více než 99,9 procenta z nich nakonec vymřelo. To znamená, že vyhynutí je norma, že od počátku máme v rukou špatné karty. Když se prokopáme půdou, na které stojíme, a odkryjeme fosilní záznamy, nalezneme doklady o mnoha prastarých životních formách. Jen několik málo jich však přežilo dodnes. Před naším příchodem se zrodily miliony živočišných druhů; zažily svých pět minut slávy a potom uchřadly a vymřely. To je příběh života.

Můžeme sebevíc milovat pohled na dramatické a romantické západy slunce, vůni čerstvého mořského větru a teplé letní dny – jednoho dne to přesto všechno skončí a planeta pro nás přestane být obyvatelná.

Příroda nám nakonec přestane být nakloněna a my ztratíme její přízeň, jako ji ztratily všechny ony vyhybnulé formy života.

Dlouhé dějiny života na Zemi ukazují, že organismy v nepřátelském prostředí nutně potká jeden ze tří možných osudů. Mohou prostředí opustit, adaptovat se na ně, anebo zemřít. Pohlédneme-li však dostatečně daleko do budoucnosti, dříve nebo později budeme čelit tak ohromné katastrofě, že adaptace bude takřka nemožná. Buď opustíme Zemi, anebo vymřeme. Jiná možnost není.

Tyto pohromy v minulosti nastávaly opakovaně a další nevyhnutelně nastanou i v budoucnu. Země už prošla pěti velkými cykly vymírání, během kterých z jejího povrchu zmizelo až 90 procent všech forem života. To, že nás čeká další takové vymírání, je stejně jisté, jako že zítra vyjde slunce.

V horizontu desetiletí na nás číhají hrozby, které nejsou přírodní, ale které na sebe z většiny strojíme sami svou vlastní pošetilostí a krátkozrakostí. Čelíme nebezpečí globálního oteplování, při němž se proti nám obrátí sama zemská atmosféra. Čelíme nebezpečí moderních válek, jež vzrůstá spolu s tím, jak se jaderné zbraně šíří do některých z nejméně stabilních oblastí planety. Čelíme hrozbě biologických zbraní, např. AIDS nebo eboly šířících se vzduchem, přenášených pouhým kýchnutím. Tímto způsobem by mohlo vymřít více než 98 procent lidského rodu. Dále nás ohrožuje nárůst obyvatelstva, které spotřebovává zdroje zbesilou rychlostí. Od jistého okamžiku možná překročíme nosnou kapacitu Země a potká nás ekologický armagedon, při němž se budeme přetahovat o poslední zbývající zásoby na planetě.

Vedle kalamit, které vyvoláváme sami, existují také přírodní pohromy, nad nimiž nemáme skoro žádnou moc. V horizontu tisíců let hrozí nástup nové doby ledové. Během uplynulých sto tisíc let byl zemský povrch z většiny pokryt až 800 metry pevného ledu. Bezútešná ledová krajina dovedla mnoho živočichů k záhubě. Před deseti tisíci lety pak nastala obleva. Toto krátké oteplení přineslo náhlý rozmach lidské civilizace a umožnilo člověku, aby se rozšířil po planetě a prosperoval. K tomuto rozkvětu však došlo během doby meziledové, což znamená, že během následujících deseti tisíc let nás pravděpodobně čeká příchod další doby ledové. Až nastane, naše města zmizí pod horami sněhu a civilizaci rozdrtí led.

Dále hrozí, že se supervulkán pod Yellowstonským národním parkem probudí ze svého dlouhého spánku, rozerve Spojené státy vedví a zahlí Zemi dusivým, jedovatým oblakem sazí a popela. K předchozím erupcím došlo před 630 000, 1,3 milionu a 2,1 milionu let. Vždy je od sebe dělilo asi 700 000 let; během následujících 100 000 let nás tak možná čeká další ohromná erupce.

V horizontu milionů let čelíme hrozbě dalšího nárazu asteroidu nebo komety, podobného tomu, který přispěl k vyhynutí dinosaurů před 65 miliony let. Tehdy balvan o průměru asi deseti kilometrů dopadl na mexický poloostrov Yucatán a vyvrhl do vzduchu mračna planoucího prachu, který dopadal zpět na zemi. Jako tomu bylo v mnohem menším měřítku v případě exploze Toby, oblaka popela po čase zakryla slunce a způsobila celosvětový pokles teplot. Jak odumírala vegetace, potravní řetězec se zhroutil. Býložraví dinosauři umřeli hladu, brzy následování svými

masožravými příbuznými. Nakonec v důsledku této katastrofické události vyhynulo 90 procent všech forem života na Zemi.

Celá tisíciletí jsme žili v blažené nevědomosti o tom, že Země je obklopena rojem potenciálně smrtonosných balvanů. Teprve v posledním desetiletí začali vědci kvantifikovat skutečné riziko velkého nárazu. Nyní víme, že existuje několik tisíc NEO (*near-Earth objects*, objektů blízkých Zemi) s trajektoriemi protínajícími oběžnou dráhu Země, které představují ohrožení pro život na planetě. K červnu 2017 jich bylo zkatologizováno 16 294. To jsou však jen ty, které jsme objevili. Astronomové odhadují, že se ve sluneční soustavě nachází možná několik milionů nezmapovaných objektů, jež se pohybují v blízkosti Země.

Jednou jsem s astronomem Carlem Saganem vedl rozhovor věnovaný této hrozbě. Sagan zdůraznil, že žijeme v „kosmické střelnici“, obklopeni potenciálními nebezpečími. Je jen otázka času, řekl mi, kdy velký asteroid zasáhne Zemi. Kdybychom tyto asteroidy mohli nějakým způsobem osvětlit, viděli bychom, jak na nočním nebi září tisíce výhruzných světelných bodů.

I za předpokladu, že se všem výše zmíněným nebezpečím vyhneme, je zde jedno další, které všechna ostatní zastíňuje. Za pět miliard let se Slunce zvětší do podoby ohromné rudé hvězdy, která zaplní celé nebe. Slunce bude tak obrovité, že se oběžná dráha Země bude nacházet uvnitř jeho žhnoucí atmosféry, a spalující žár v tomto pekle znemožní existenci života.

Na rozdíl od všech ostatních organismů na planetě, které mohou jen pasivně vyčkávat, až se naplní jejich úděl, my lidé jsme pány vlastního osudu. Naštěstí dnes vytváříme nástroje, které zlepší naše výchozí

šance, abychom se nestali jednou z 99,9 procenta forem života odsouzených k záhubě. V této knize se setkáme s průkopníky, kteří mají energii, vizi a prostředky k tomu, aby změnili osud lidstva. Setkáme se se snílky, kteří věří, že lidstvo může žít a vzkvétat mimo povrch Země. Budeme analyzovat revoluční technické pokroky, jež nám umožní opustit planetu a usídlit se jinde ve sluneční soustavě, ba i za jejími hranicemi.

Existuje-li však nějaké poučení, které si můžeme vzít z dějin, pak je jím to, že kdykoli lidstvo čelilo existenční krizi, předvedlo se vždy v nejlepším světle a posunulo se k ještě vyšším cílům. Objevitelský duch je v nějakém smyslu uložen v našich genech a pevně zabudován do naší duše.

Dnes však čelíme možná největší výzvě ze všech: musíme opustit povrch Země a vznést se do vesmíru. Fyzikální zákony hovoří jasnou řečí; dříve nebo později se střetneme s globálními krizemi, které ohrozí samu naši existenci.

Život je příliš křehký, než aby byl uložen na jediné planetě, vydán napospas všem těm hrozbám, které na Zemi číhají.

Jak mi řekl Sagan, potřebujeme nějakou pojistku. Sagan soudil, že bychom se měli stát „dvouplanetárním druhem“. Jinak řečeno, musíme vypracovat záložní plán.

V této knize prozkoumáme dějiny, výzvy a možná řešení, která se nám nabízejí. Cesta, která před námi leží, nebude snadná a bezpochyby nás čeká mnoho komplikací, nemáme však na výběr.

Poté, co naši předkové před sedmdesáti pěti tisíci lety skoro vyhynuli, odvážili se vydat vpřed a začali osídlivat celou Zemi. Jak doufám, tato kniha načrtne kroky

potřebné k překonání překážek, jimž budeme nevyhnutelně čelit. Možná je naším osudem, abychom se stali víceplanetárním druhem žijícím mezi hvězdami.

Úvod

VSTRČÍ VÍCEPLANETÁRNÍMU DRUHU

Je-li ve hře naše dlouhodobé přežití, máme vůči vlastnímu druhu odpovědnost vydat se na jiné světy.

— Carl Sagan

Dinosauři vymřeli, poněvadž neměli vesmírný program. A pokud i my vymřeme, protože nebudeme mít vesmírný program, dobře nám tak.

— Larry Niven

Jako malý jsem četl trilogii Isaaca Asimova *Nadace*, jež je oslavována jako jedna z největších ság v dějinách science fiction. Ohromilo mne, že si Asimov, místo aby psal o přestřelkách s laserovými pistolemi a o vesmírných válkách proti mimozemšťanům, položil prostou, ale hlubokou otázku: Jak na tom lidská civilizace bude za padesát tisíc let? Co je náš konečný osud?

Ve své průlomové trilogii Asimov vykreslil obraz lidstva rozšířeného po celé Mléčné dráze, obývajících miliony planet, jež drží pohromadě ohromná Galaktická říše. Lidstvo doputovalo tak daleko, že se umístění původní domoviny, která této velké civilizaci dala zrod, ztratilo v mlhách prehistorie. A vzhledem k tomu, kolik pokročilých společností je po galaxii

rozeseto a kolik lidí je vzájemně svázáno komplexní sítí ekonomických vztahů, je výsledný vzorek tak velký, že lze matematicky předpovídat budoucí běh událostí, jako kdyby šlo o pohyb molekul.

Před lety jsem dr. Asimova pozval, aby proslovil přednášku na naší univerzitě. Když jsem poslouchal jeho uvážlivá slova, překvapila mne šíře jeho znalostí. Posléze jsem mu položil otázku, která mě zajímala už od dětství. Co jej inspirovalo k napsání knih o Nადaci? Jak přišel na téma tak obsáhlé, že zahrnuje celou galaxii? Bez váhání odpověděl, že mu jako inspirace posloužil vzestup a pád Římské říše. Příběh říše umožňuje sledovat, jak se během jejích bouřlivých dějin odvíjel osud římského lidu.

Začal jsem přemítat, zda i dějiny lidstva nemají své osudové určení. Snad je naším údělem, abychom nakonec vybudovali civilizaci pokrývající celou Mléčnou dráhu. Možná se náš osud skutečně skrývá ve hvězdách.

Mnohá ze základních témat Asimovova díla prozkoumal ještě před ním Olaf Stapledon ve svém průkopnickém románu *Tvůrce hvězd* (Star Maker). Jeho hrdina sní o tom, že nějakým způsobem vystoupá do vesmíru až ke vzdáleným planetám. Zatímco ve formě čistého vědomí pádí galaxií a cestuje z jedné hvězdné soustavy do druhé, může pozorovat podivuhodné mimozemské říše. Některé zažijí velkolepý rozkvět, který přinese éru míru a bohatství, jiné dokonce se svými kosmickými loděmi vybudují mezihvězdná impéria. Další se zhroutí pod tlakem zášti, svárů a válek.

Mnoho revolučních myšlenek Stapledonova románu přejala pozdější vědecko-fantastická díla. Hrdina knihy *Tvůrce hvězd* například odhalí, že vysoce vyspělé

civilizace často svou existenci záměrně tají před nižšími civilizacemi, aby je nedopatřením nekontaminovaly pokročilými technologiemi. Tato myšlenka se podobá základní směrnicí, jednomu z vůdčích principů Federace ze seriálu *Star Trek*.

Náš hrdina dále narazí na civilizaci tak důmyslnou, že své mateřské slunce uzavřela do ohromné koule, aby využila všechnu jeho energii. Tento koncept, ježmuž se později dostalo názvu Dysonova sféra, je nyní běžnou součástí děl sci-fi.

Hrdina pozná rovněž rasu, jejíž příslušníci jsou navzájem ve stálém telepatickém kontaktu. Každý zná nejnějnější myšlenky ostatních. Tato představa předznamenává společenství Borgů ze *Star Treku*, v němž jsou jednotlivci mentálně propojeni a podřízeni vůli Úlu.

Na konci románu se pak setkáme se samotným Tvůrcem hvězd, nebeskou bytostí, která vytváří celé vesmíry, každý s vlastními fyzikálními zákony, a hraje si s nimi. Náš vesmír je jenom jednou součástí multiverza. Hrdina knihy v naprostém ohromení sleduje, jak Tvůrce hvězd vymýšlí nové úchvatné světy a odhazuje ty, které se mu nelíbí.

Ve světě, kde bylo rádio pořád považováno za technologický zázrak, byl Stapledonův průkopnický román pořádný šok. Představa civilizace brázdící vesmír působila v třicátých letech 20. století absurdně. V té době byla vrcholem pokroku vrtulová letadla, která jen stěží zvládla vystoupat nad oblaka, takže možnost cestovat mezi hvězdami vypadala zoufale nerealisticky.

Román *Tvůrce hvězd* se setkal s okamžitým úspěchem. Arthur C. Clarke jej označil za jedno z nejlepších vědecko-fantastických děl v dějinách. Podnítl představivost

celé generace poválečných autorů sci-fi. U běžného čtenářstva však román vprostřed chaosu a brutality druhé světové války brzy upadl v zapomnění.

OBJEV NOVÝCH PLANET

Nyní když družice Kepler a týmy astronomů na zemském povrchu objevily asi čtyři tisíce planet obíhajících kolem jiných hvězd v galaxii Mléčná dráha, vnučuje se otázka, zda civilizace popsané Stapledonem neexistují doopravdy.

Roku 2017 vědci z NASA objevili ne pouze jednu, ale celých sedm planet o velikosti Země obíhajících kolem blízké hvězdy, která je od Země vzdálená pouhých třicet devět světelných let. Z těchto sedmi planet jsou tři dostatečně blízko mateřské hvězdě, aby se na nich mohla vyskytovat tekoucí voda. Astronomové budou velmi brzy schopni ověřit, zda atmosféra těchto a dalších planet obsahuje vodní páru. Protože voda je „univerzální rozpouštědlo“, kde se můžou smísit organické sloučeniny, z nichž se skládá molekula DNA, vědci možná budou moci ukázat, že podmínky nutné pro život jsou ve vesmíru běžné. Snad máme velmi blízko k objevu svatého grálu planetární astronomie, totiž dvojníka naší planety Země.

Zhruba v téže době učinili astronomové další průlom, když objevili Proximu Centauri b, planetu o velikosti Země obíhající kolem Proximy Centauri, naší po Slunci nejbližší hvězdy, vzdálené jen 4,2 světelného roku. Vědci už dlouho předpokládají, že tuto hvězdu prozkoumáme jako jednu z prvních.

Uvedené planety jsou jen několika málo příklady nových položek v ohromné „Encyklopedii extrasolárních planet“, která se aktualizuje prakticky každý

týden. Obsahuje podivné, neobvyklé sluneční soustavy, o jakých si Stapledon mohl jen nechat zdát – včetně soustav, kde kolem sebe navzájem obíhají čtyři a více hvězd. Mnozí astronomové se domnívají, že i to nejbizarnější uskupení planet, jaké si dovedete vymyslet, pravděpodobně někde skutečně existuje (neodporují-li základním fyzikálním zákonům).

To znamená, že můžeme zhruba vypočítat, kolik planet velkých jako Země se v naší galaxii vyskytuje. Jelikož obsahuje zhruba sto miliard hvězd, může se jen v Mléčné dráze nacházet dvacet miliard planet o velikosti Země, které obíhají kolem hvězd podobných Slunci. A protože s pomocí našich přístrojů dokážeme spatřit miliardu galaxií, můžeme odhadnout, kolik planet velkých jako Země existuje v pozorovatelném vesmíru: ohromující dvě miliardy bilionů.

Jakmile si uvědomíte, že galaxie možná překypuje obyvatelnými planetami, už se nikdy na noční nebe nebudete dívat tak jako předtím.

Až astronomové identifikují tyto planety o velikosti Země, dalším úkolem bude zjistit, zda se v jejich atmosféře vyskytuje kyslík a vodní pára – známky života –, a pokusit se zachytit rozhlasové vlny, které by signalizovaly existenci inteligentní civilizace. Takový objev by byl jedním z přelomových okamžiků lidských dějin, srovnatelným s ovládnutím ohně. Nejenže by redefinoval náš vztah ke zbytku vesmíru; zároveň by změnil náš osud.

NOVÝ ZLATÝ VĚK DOBÝVÁNÍ KOSMU

Všechny tyto vzrušující objevy exoplanet společně s novými myšlenkami, s nimiž přichází čerstvá mladá generace vizionářů, ožívují zájem veřejnosti o lety do

vesmíru. Původně poháněla vesmírný program studená válka a rivalita mezi supervelmocemi. Veřejnosti nevadilo utratit ohromujících 5,5 procenta federálního rozpočtu za vesmírný program Apollo, neboť ve hře byla národní prestiž. Toto horečnaté soutěžení se však nemohlo udržet napořád, takže zdroje financování nakonec vyschly.

Američtí astronauti se po povrchu Měsíce naposledy prošli asi před pětačtyřiceti lety. Nyní jsou raketa Saturn V a raketoplány programu Space Shuttle rozebrány a rezavějí v muzeích a na vrakovištích, zatímco jejich příběhy leží zapomenuty v zaprášených učebnicích. V následujících letech byla NASA kritizována jako „agentura cest do nikam“. Celá desetiletí se její kola točila naprázdno; směle se vydávala tam, kam se všichni odvážili už dříve.

Ekonomická situace se však začíná měnit. Cena vesmírného cestování, dříve tak vysoká, že by mohla ochromit rozpočet celého státu, vytrvale klesá, z velké části díky přísunu energie, peněz a nadšení ze strany nastupující generace podnikatelů. V miliardářích jako Elon Musk, Richard Branson a Jeff Bezos vyvolává NASA a její někdy šnečí tempo netrpělivost, a tak už nějakou dobu financují stavbu nových raket z vlastních peněz. Nechtějí pouze vydělat, chtějí si také splnit dětské sny o cestování ke hvězdám.

Rovněž odhodlání Američanů je dnes silnější. Otázka už nezní, zda USA pošlou astronauty na rudou planetu, ale kdy tak učiní. Bývalý prezident Barack Obama prohlásil, že astronauti vkročí na povrch Marsu někdy po roce 2030, a prezident Donald Trump požádal agenturu NASA, aby program ještě urychlila.

Začíná se testovat celá flotila raket a kosmických

lodí určených k letu na jinou planetu, například raketa Space Launch System (SLS) s lodí Orion, jež vyvíjí NASA, a Muskova raketa Falcon Heavy s lodí Dragon. Tyto stroje odvedou tu těžkou práci – dopraví naše astronauty na Měsíc, na asteroidy, na Mars a ještě dál. Mise ve skutečnosti vyvolala tolik publicity a nadšení, že nyní několik skupin soupeří o prvenství. Možná se nad Marsem vytvoří zácpa, jak se různí rivalové budou předhánět, kdo na planetě vztyčí svou vlajku jako první.

Někteří autoři napsali, že vstupujeme do nového zlatého věku letů do vesmíru, kdy se dobývání kosmu po desetiletích nezájmu znovu stane vzrušující součástí národní agendy.

Při pohledu do budoucnosti vidíme obrysy příštích změn ve vesmírném průzkumu, které přinese vývoj vědy. Díky revolučním pokrokům celé řady moderních technologií dnes můžeme spekulovat o tom, jak by se naše civilizace jednoho dne mohla přestěhovat do vesmíru, terraformovat planety a cestovat mezi hvězdami. Ačkoliv se jedná o dlouhodobý cíl, je již nyní možné vypracovat strážlivý časový plán a odhady toho, kdy dosáhneme určitých kosmických milníků.

V této knize prozkoumám kroky nutné k uskutečnění tohoto ambiciózního cíle. Avšak klíčem k odhalení toho, jak by se náš budoucí osud mohl odvíjet, je porozumění vědeckým poznatkům stojícím v základu všech těchto zázračných pokroků.

REVOLUČNÍ TECHNOLOGICKÉ VLNY

Vzhledem k tomu, jak vzdálené jsou vědecké mety, jež před námi leží, může být užitečné zasadit celé panorama lidských dějin do širšího kontextu. Kdyby nás viděli naši předkové, co by si asi pomysleli? Po většinu

lidských dějin byly naše životy žalostné. Protloukali jsme se v nepřátelském, nelítostném světě, kde se střední délka života pohybovala mezi dvaceti a třiceti lety. Většinou jsme žili jako nomádi a všechen svůj majetek jsme nosili s sebou na zádech. Každý den byl zápasem o zajištění potravy a přístřeší. Pronásledoval nás stálý strach z krutých predátorů, nemocí a hladu. Kdyby nás však naši předkové mohli pozorovat dnes, kdy dokážeme vmžiku poslat obrázek na druhý konec světa a máme rakety, jež doletí na Měsíc i dál, nebo auta, která se sama řídí, jistě by nás považovali za čaroděje a divotvůrce.

Dějiny ukazují, že vědecké revoluce přicházejí ve vlnách, často podníceny pokroky ve fyzice. V 19. století první vlnu pokroku odstartovali fyzikové, kteří vypracovali teorii mechaniky a termodynamiky. Tím umožnili vynálezci postavit parní stroj, což vedlo k sestavení lokomotivy a k průmyslové revoluci. Tato hluboká technologická proměna osvobodila civilizaci od prokletí nevědomosti, únavné práce a chudoby a přenesla nás do věku strojů.

Ve 20. století iniciovali druhou vlnu fyzikové, kteří ovládli zákony elektřiny a magnetismu, čímž zahájili věk elektřiny. To umožnilo elektrifikaci našich měst a příchod dynam, generátorů, televizí, rozhlasu a radaru. Druhá vlna zplodila moderní vesmírný program, jenž vynesl člověka na Měsíc.

Třetí vlnu vědeckého pokroku, jež přinesla dnešní pokročilé technologie, dali do pohybu kvantoví fyzikové, kteří vynalezli tranzistor a laser. To vedlo ke vzniku superpočítačů, internetu, moderních telekomunikací a GPS, stejně jako k rozmachu mikročipů, které pronikly všemi aspekty našeho života.

V této knize popíšu technologie, které nás při dobývání planet a hvězd dovedou ještě dál. V první části se budeme zabývat vybudováním stálé základny na Měsíci a kolonizací a terraformací Marsu. K tomu bude zapotřebí plodů čtvrté technologické vlny, jako jsou umělá inteligence, nanotechnologie a biotechnologie. Terraformace Marsu překračuje naše dnešní schopnosti, ale technologie 21. století nám umožní tuto nehostinnou, zmrzlou poušť přetvořit v obyvatelnou planetu. Zvážíme, jak s využitím samoreplikujících se robotů, superpevných a superlehkých nanomateriálů a bioinženýrsky upravených plodin dosáhnout dramatického snížení nákladů a přeměny Marsu v opravdový ráj. Nakonec pokročíme dál a osídlíme asteroidy a měsíce plynných obrů Jupiteru a Saturnu.

V druhé části knihy se přesuneme do doby, kdy budeme schopni vydat se za hranice naší sluneční soustavy a prozkoumat blízké hvězdy. Tato mise opět přesahuje možnosti současných technologií, ale bude uskutečnitelná díky technologiím páté vlny: nanolodím, laserovým plachetnicím, fúzním náporovým motorům nebo anihilačnímu pohonu. NASA už nyní financuje studie zabývající se fyzikálními základy mezihvězdného cestování.

Ve třetí části budeme analyzovat, čeho by bylo zapotřebí, pokud bychom měli lidské bytosti modifikovat tak, aby mohly najít nový domov mezi hvězdami. Mezihvězdný let může trvat desetiletí, ba staletí, takže asi budeme muset pomocí genetického inženýrství upravit svá těla tak, aby přežila dlouhou cestu vesmírem. Za tím účelem bychom snad mohli prodloužit lidskou dobu dožití. Pramen mládí dnes sice není k nalezení, vědci však propátrávají slibné cesty, které by

nám mohly dovolit proces stárnutí zpomalit a snad i zastavit. Naši potomci se možná budou těšit z určitého druhu nesmrtelnosti. Nadto je možné, že budeme muset svá těla modifikovat způsobem, jenž lidem dovolí prospívat na vzdálených planetách s odlišnou gravitací, složením atmosféry a životním prostředím.

Zásluhou projektu lidského konektomu (Human Connectome Project), jenž zmapuje každý neuron v lidském mozku, budeme možná jednoho dne schopni vyslat své konektomy do vesmíru na ohromných laserových paprscích, čímž zmizí řada problémů spojených s mezihvězdným cestováním. Tuto metodu nazývám „laserovou portací“. Mohla by dát lidskému vědomí svobodu putovat galaxií nebo i celým vesmírem rychlostí světla, takže bychom si nemuseli lámat hlavu s očividnými riziky kosmických cest.

Jestliže by nás naši předkové z minulého století měli za čaroděje a divotvůrce, jakým způsobem bychom my mohli pohlížet na naše potomky, kteří se narodí sto let po nás?

Nejspíše bychom je považovali za podobné římským bohům. Stejně jako Merkur se budou schopni vznést do vesmíru, aby navštívili blízké planety. Stejně jako Venuše budou mít dokonalá nesmrtelná těla. Stejně jako Apollón budou mít neomezený přístup k energii Slunce. Stejně jako Zeus budou schopni vydávat příkazy pouhou myšlenkou a sledovat, jak se jejich přání plní. A prostřednictvím genetického inženýrství dokážou stvořit mytická zvířata podobná Pegasovi.

Jinak řečeno, naším osudem je stát se oněmi bohy, kterých jsme se kdysi báli a které jsme uctívali. Věda nám dá do rukou prostředky, jimiž budeme moci přetvořit vesmír k našemu obrazu. Otázka zní, zda spolu

s touto ohromnou kosmickou mocí budeme mít i moudrost krále Šalamouna.

Je zde také možnost, že navážeme kontakt s mimozemskou civilizací. Dále probereme, co by se mohlo stát, pokud bychom se setkali s civilizací o miliony let pokročilejší, než je ta naše, schopnou volně se potulovat celou galaxií a měnit tkanivo prostoru a času. Taková civilizace si možná dovede pohrávat s černými dírami a používat červí díry k cestování nadsvětelnou rychlostí.

Spekulace astronomů a médií o vyspělých mimozemských civilizacích dostoupily horečnaté intenzity v roce 2016, když se rozšířila zpráva, že astronomové objevili důkazy o existenci jakési „megastavby“, snad velké jako Dysonova sféra, obíhající kolem hvězdy vzdálené mnoho světelných let. Ačkoliv tyto důkazy zdaleka nejsou nezvratné, vědci poprvé v dějinách narazili na indicie, že ve vesmíru skutečně může existovat pokročilá mimozemská civilizace.

Nakonec prozkoumáme možnost, že budeme čelit nejen smrti Země, ale smrti samotného vesmíru. Přestože je náš vesmír dosud mladý, dokážeme předpovědět vzdálený okamžik, kdy nastane „velký mráz“, během kterého teploty poklesnou blízko absolutní nule a všechn život, jak jej známe, nejspíš přestane existovat. Tou dobou možná budou naše technologie natolik pokročilé, abychom mohli tento vesmír opustit a hyperprostorem se přestěhovat do jiného, mladšího.

Teoretická fyzika (jež je mou specializací) otevírá možnost, že náš vesmír je pouze jednou bublinou plouvoucí v multiverzu složeném z dalších takových bublin. Snad mezi ostatními vesmíry bude jeden, který nám poslouží jako nový domov. Pohled na celé to množství

vesmírů nám třeba dovolí odkrýt velké plány Tvůrce hvězd.

Prapodivné výtvary vědecko-fantastické literatury, kdysi považované za produkty příliš živé obrazotvornosti několika snů, se tak možná jednoho dne stanou skutečností.

Lidstvo se chystá na své snad největší dobrodružství. A mezeru dělící Asimovovy a Stapledonovy spekulace od reality možná překlenou podivuhodné a rychlé pokroky vědy. Prvním krokem, který učiníme na své dlouhé pouti ke hvězdám, bude opuštění Země. Jak praví staré čínské přísloví, tisícimílová cesta začíná prvním krokem. Na začátku výpravy ke hvězdám stojí naše úplně první raketa.

První část

OPUŠTĚNÍ ZEMĚ

PŘÍPRAVA KE STARTU

Kdokoli, kdo sedí na vrcholku největšího ústrojí poháněného vodíkem a kyslíkem na světě, vědom si toho, že se jej dole chystají podpálit, a nezačne být trochu nervózní, plně nerozumí situaci.

— astronaut John Young

Devatenáctého října 1899 jeden sedmnáctiletý chlapec vyšplhal na třešňový strom a náhle prozřel. Zrovna dočetl *Válku světů* H. G. Wellse a nadchl se pro myšlenku, že by nám rakety mohly dovolit prozkoumat vesmír. Představoval si, jak krásné by bylo vybudovat zařízení, u kterého by bylo alespoň *možné*, že doletí na Mars, a měl vizi, že osudem lidstva je probádat rudou planetu. Než ze stromu slezl, jeho život se navždy změnil. Tento chlapec zasvětil svůj život snu postavit raketu, která by jeho vizi proměnila ve skutečnost. Devatenáctý říjen slavil po celý zbytek života.

Jmenoval se Robert Goddard. Později zkonstruoval první vícestupňovou raketu na tekutý pohon, čímž uvedl do pohybu události, jež změnily běh lidských dějin.

CIOLKOVSKIJ – OSAMĚLÝ VIZIONÁŘ

Goddard patřil mezi hrstku průkopníků, kterým se proti všem očekáváním a navzdory izolaci, chudobě a výsměchu ze strany kolegů podařilo pokročit vpřed a položit základy letů do kosmu. Jedním z prvních vizionářů byl velký ruský vědec Konstantin Ciolkovskij, jenž zmapoval teoretické principy cest do vesmíru a vyšlapal cestu Goddardovi. Ciolkovskij živořil v naprosté chudobě jako učitel. V mládí většinu času trávil v knihovně, kde hltal vědecké časopisy, učil se Newtonovy pohybové zákony a aplikoval je na vesmírné lety.³ Jeho snem bylo vydat se na Měsíc a Mars. Sám bez pomoci vědecké komunity přišel na matematické, fyzikální a mechanické základy stavby raket a spočítal, že úniková rychlost z povrchu Země – tj. rychlost nutná k překonání gravitačního pole planety – činí přes 40 000 km/h, což je o poznání vyšší rychlost než oněch 25 km/h, jichž tehdy bylo možné dosáhnout s pomocí koní.

Roku 1903 zveřejnil slavnou Ciolkovského rovnici, která nám umožňuje zjistit maximální rychlost rakety, známe-li její hmotnost a množství paliva. Rovnice odhalila, že poměr mezi rychlostí a palivem je exponenciální. Za normálních okolností bychom mohli předpokládat, že chceme-li zdvojnásobit rychlost rakety, musíme jednoduše zdvojnásobit množství paliva. Ve skutečnosti však množství potřebného paliva roste se zvyšující se rychlostí exponenciálně, takže ke každému zvýšení rychlosti potřebujeme obrovské množství paliva.

Rovnice ukázala, že opuštění Země by bylo ohromně náročné na palivo. Ciolkovskij s její pomocí dokázal jako první odhadnout, kolik paliva by bylo zapotřebí

k cestě na Měsíc, dlouho předtím, než se jeho vize stala skutečností.

Ciolkovského krédo znělo: „Země je naše kolébka, ale v kolébce nemůžeme zůstat napořád.“ Byl stoupencem filozofie zvané „kosmismus“, podle které je budoucím údělem lidstva prozkoumat vesmír kolem nás. Roku 1911 napsal: „Stanout na povrchu asteroidu, vlastní rukou zvednout kámen z Měsíce, vybudovat pohyblivé stanice v oblasti éteru, zřídit obydlené prstence kolem Země, Měsíce a Slunce, pozorovat Mars ze vzdálenosti několika desítek kilometrů, sestoupit na jeho satelity nebo i jeho vlastní povrch – co by mohlo být šilenější!“⁴

Ciolkovskij byl sice příliš chudý na to, aby své matematické rovnice mohl přetavit v opravdové modely raket, tento další krok však podnikl Robert Goddard, jenž skutečně postavil prototypy, z nichž se měl stát základ pozdější raketové techniky.

ROBERT GODDARD – OTEC RAKETOVÉ TECHNIKY

Robert Goddard se o vědu poprvé začal zajímat jako dítě, když byl svědkem elektrifikace svého rodného města. Dospěl k přesvědčení, že věda revolučním způsobem promění všechny aspekty našich životů. Jeho otec jej v jeho zájmu povzbuzoval a koupil mu dalekohled, mikroskop a předplatné časopisu *Scientific American*. Goddard nejprve experimentoval s papírovými draky a balonky. Když si jednoho dne četl v knihovně, narazil na slavná *Principia Mathematica* Isaaca Newtona a naučil se Newtonovy pohybové zákony. Do ohníka jeho zájmu se brzy dostala jejich aplikace na rakety.

Goddard tuto kuriozitu systematicky přeměnil v použitelný vědecký nástroj tím, že zavedl tři inovace.

Zprv  experimentoval s různými typy paliv a uvědomil si, že st eln  prach je jako palivo neefektivn .   n n  vynalezli st eln  prach už před mnoha stalet mi a pou ivali jej v raketách, ale st eln  prach ho r  nerovnom rn , takže jejich rakety zůstaly vesměs hračkami. Goddardov m prvním brilantním nápadem bylo nahradit prach tekut m palivem, jehož spalování lze p esn  regulovat, aby ho relo  ist e a stejnom rn . Postavil raketu se dvěma nádržemi, z nichž jedna obsahovala palivo, např. alkohol, a druh a okysličovadlo, jako tekut  kyslík. Tyto tekutiny byly systémem trubek a ventilů p iv d eny do spalovací komory,  im  vznikala pe liv  kontrolovan  exploze, jež mohla pohánět raketu.

Goddard si uvědomil, že jak raketa stoupá, její pali-
vov  nádrže se postupn  vyprazdňují. Jeho dal i ino-
vací bylo zaveden  v cestupn v ch raket, kter  odha-
zovaly vy erpan  nádrže, takže se cestou mohly zbavit
zbyte n  p it e e,  im  se v razn e zvy il jejich dolet
a činnost.

Zatřetí pak zavedl gyroskopy. Jakmile se gyroskop
roztoči, jeho osa ukazuje v dy stejn m směrem, a to
i pokud jej p eto ite. Pokud jeho osa nap iklad uka-
zuje k Pol rce, bude tím směrem ukazovat, i když jej
p evr t te vzhůru nohama. To znamená, že pokud se
kosmick  loď odchýlí od svého směru, může pozměnit
 innost svých raket, aby tento pohyb vyrovnala a vr -
tila se na p vodn  dráhu. Goddard přišel na to, že gy-
roskopy mohou raketám pomoci udržet kurz.

Roku 1926 se zapsal do dějin prvním  sp sn m od-
p len m rakety na tekut  palivo. Vystoupala do v  -
ky 12,5 metru, letěla 2,5 vteřiny a p ist ala o 56 met-
r  d l v zeln m poli. (M sto dopadu, kter  dnes ka d 

raketový vědec považuje za posvátnou půdu, bylo vyhlášeno národní památkou.)

Ve své laboratoři na Clark College vypracoval Goddard základní architekturu všech budoucích chemických raket. Hřmící monstra, která dnes vidáme startovat z odpalovacích ramp, jsou přímými potomky prototypů, jež postavil Goddard.

TERČEM POSMĚCHU

Vzdor svým úspěchům se Goddard ukázal být ideálním fackovacím panákem médií. Když se roku 1920 roznesly zprávy, že vážně přemýšlí o letech do vesmíru, list *New York Times* zveřejnil sžíravou kritiku, která by každého menšího vědce zdrtila. „Tvrdit, že profesor Goddard,“ pochechtávaly se *Times*, „se svým ‚postem‘ na Clark College (...) neví o vztahu mezi akcí a reakcí a o tom, že ke vzniku reakce potřebujete něco lepšího než vakuum – to by bylo absurdní. Samozřejmě to jenom vypadá, jako kdyby mu chyběly znalosti, jimž se učí všichni žáci středních škol.“⁴⁵ A když roku 1929 Goddard odpálil jednu ze svých raket, místní worcesterské noviny otiskly potupný titulek „Raketa na Měsíc minula cíl o 238 799,5 míle“. Novináři z *Times* a další zjevně nepochopili Newtonovy pohybové zákony a nesprávně se domnívali, že rakety se nemohou pohybovat ve vzduchoprázdnu mimo zemskou atmosféru.

Newtonův třetí zákon, podle kterého ke každé akci existuje stejně velká a opačná reakce, skutečně pro lety do vesmíru platí. Tento zákon zná každé děcko, které někdy nafouklo balonek a pak jej pustilo a sledovalo, jak poletuje všemi směry. Akcí je náhlý únik vzduchu z balonku a reakcí pohyb balonku směrem vpřed. V případě rakety pak je akcí vypouštění horkých plynů

z její zádi a reakcí opačný pohyb rakety, který ji žene vpřed, a to i ve vesmírném vakuu.

Goddard zemřel roku 1945. Nedožil se omluvy, kterou redaktoři *New York Times* otiskli po přistání lunárního modulu na Měsíci roku 1969. Tehdy napsali: „Nyní se definitivně ukázalo, že raketa může fungovat jak v atmosféře, tak ve vzduchoprázdnu. List *Times* omylu lituje.“

RAKETY PRO VÁLKU A MÍR

První fáze vývoje raket byla záležitostí snů jako Ciolkovskij, kteří odhalili fyzikální a matematické základy kosmických letů. V druhé fázi se do něj zapojili lidé jako Goddard, kteří skutečně postavili první prototypy raket. Ve třetí fázi se o raketové vědce začaly zajímat vlády velkých zemí. Wernher von Braun vzal náčrty, sny a modely svých předchůdců a s podporou německé – a později americké – vlády vybudoval obrovité rakety, jež nás dopravily na Měsíc.⁶

Tento nejslavnější ze všech raketových vědců se narodil jako aristokrat. Otec barona Wernhera von Brauna byl za výmarské republiky německým ministrem zemědělství a jeho matka měla předky mezi příslušníky královských rodin Francie, Dánska, Skotska a Anglie. Von Braun byl v dětství zručným klavíristou, a dokonce skládal vlastní hudební kompozice. Po určitou dobu bylo možné, že se z něj stane proslulý hudebník nebo skladatel. Jeho osud se však změnil, když mu matka koupila dalekohled. Začal jej fascinovat vesmír. Hltal vědecko-fantastickou literaturu a uchvátily ho automobily na raketový pohon, které lámaly rychlostní rekordy. Jako dvanáctiletý jednou vyvolal chaos v rušných ulicích Berlína, když připevnil několik rachejtlí k dětskému

vozíku. Rozradostnilo jej, že se vozík vznesl jako, inu, raketa. Na policii to ovšem takový dojem neudělalo. Vzala von Brauna do vazby, chlapec však byl díky otcovu vlivu propuštěn. Jak později s láskou vzpomínal: „Výkon vozíku překonal mé nejdivočejší sny. Šíleně poletoval sem a tam a za sebou táhl oheň jako kometa. Když rakety dohořely a s posledním zábleskem ukončily své jiskřivé představení, vozík se majestátně zastavil.“

Von Braun se přiznal, že mu nikdy moc nešla matematika. Ale jeho nadšení pro rakety jej přimělo k tomu, aby ovládl kalkulus, Newtonovy zákony a mechanické principy vesmírných letů. Jak jednou řekl svému profesorovi: „Hodlám doletět na Měsíc.“⁷

Stal se doktorandem fyziky a doktorský titul obdržel roku 1934. Mnoho času však trávil s amatérskou Berlínskou raketovou společností, organizací, která z různých náhradních součástek stavěla rakety, jež pak testovala na opuštěném třísetakovém pozemku za městem. Roku 1934 společnost úspěšně otestovala raketu, která se vznesla do výše tří kilometrů.

Von Braun se mohl stát profesorem fyziky na nějaké německé univerzitě, kde by psal učené články o astronomii a astronautice. Jenže ve vzduchu visela válka a celá německá společnost včetně univerzit podstupovala proces militarizace. Oproti jeho předchůdci Goddardovi, jenž žádal americkou armádu o peníze, ale setkal se s odmítavou reakcí, se von Braunovi dostalo ze strany nacistické vlády zcela odlišného přijetí. Povšimlo si jej výzbrojní oddělení německé armády, které neustále pátralo po nových zbraních, a nabídlo mu štědré financování. Práce, již von Braun vykonával, byla tak choulostivá, že jeho disertaci armáda utajila, takže vyšla až roku 1960.

Podle všech zdrojů byl von Braun apolitický člověk. Rakety byly jeho vášní, a pokud vláda byla ochotná dát mu na ně peníze, rád je přijal. Nacistická strana mu nabídla splnění celoživotního snu: stal se ředitelem ohromného projektu, jehož cílem bylo postavit raketu budoucnosti a který disponoval takřka neomezeným rozpočtem a těmi nejlepšími německými vědci. Von Braun tvrdil, že vstup do NSDAP, a dokonce do SS, byl jen vstupním rituálem zaměstnanců vlády, ne odrazem jeho politických názorů. Jenže jakmile jednou začnete obchodovat s ďáblem, ďábel vždy chce víc a víc.

VZESTUP V-2

Pod vedením von Brauna se z Ciolkovského čmáranic a náčrtků a Goddardových prototypů stala raketa *Vergeltungswaffe 2* (Zbraň odplaty 2), pokročilá zbraň, jež terorizovala Londýn a Antverpy, kde vyhazovala do povětří celé městské bloky. Raketa V-2 byla neuvěřitelně silná. Goddardovy rakety ve srovnání s ní vypadaly jako dětské hračky. Byla čtrnáct metrů vysoká a vážila 12 800 kilogramů. Dokázala se pohybovat závratnou rychlostí 5750 km/h a vylétnout až do výše 85 km. Své cíle zasahovala při rychlosti třikrát překračující rychlost zvuku, takže nedávala předem žádné varování kromě dvojitého třesku spojeného s prolomením zvukové bariéry. A měla dolet tři sta kilometrů. Protiopatření byla marná, protože nikdo nedokázal sledovat dráhu rakety a žádné letadlo ji nemohlo dosáhnout.

Raketa V-2 překonala řadu světových rekordů. Její rychlost a dolet byly mnohem vyšší než u dřívějších raket. Byla první naváděnou balistickou střelou dlouhého doletu. Jako první raketa prolomila zvukovou bariéru. A co je nejimpozantnější, byla první raketou,

kteřá opustila zemskou atmosféru a vystoupala do kosmického prostoru.

Britskou vládu tato vyspělá zbraň natolik vyvedla z míry, že pro ni těžko hledala slova. Vymyslela si historiku, že všechny výbuchy způsobilo vadné plynové potrubí. Jelikož však původce všech těch hrozivých explozí zjevně přicházel ze vzduchu, veřejnost jej sarkasticky nazývala „létajícím plynovým potrubím“. Teprve když nacisté ohlásili, že proti Britům použili novou zbraň, přiznal konečně Winston Churchill, že se Anglie stala terčem raketových útoků.

Najednou se zdálo, že o budoucnosti Evropy a samotné západní civilizace by mohla rozhodnout práce malé, izolované skupinky vědců vedených von Braunem.

HRŮZY VÁLKY

Úspěchy německých vyspělých zbraní si vyžádaly krutou daň v podobě lidských životů. Německo na Spojence zaútočilo více než třemi tisíci raket V-2. Výsledkem bylo devět tisíc mrtvých. Odhaduje se, že mezi válečnými vězni, kteří rakety stavěli v táborech otrocké práce, bylo obětí ještě více, nejméně dvanáct tisíc. Ďábel si vzal, co bylo jeho. Von Braun si příliš pozdě uvědomil, že se věci zcela vymkly jeho kontrole.

Když navštívil místo, kde se rakety vyráběly, byl zhrozen. Podle jednoho svého přítele se vyjádřil následovně: „Je to peklo. Moje spontánní reakce byla promluvit si s jedním z příslušníků SS, kteří stáli na stráži. S nepřeslechnutelnou tvrdostí odvětil, že si mám hledět svého, nebo skončím ve stejné pruhované uniformě! (...) Došlo mi, že jakýkoli pokus odvolávat se na zásady lidskosti by byl naprosto marný.“ Když se jiného kolegy zeptali, zda von Braun tábory smrti někdy

kritizoval, odpověděl: „Kdyby tak učinil, tak by ho podle mého soudu na místě zastřelili.“

Von Braun se stal kolečkem v nestvůrném stroji, který pomohl vybudovat. Když byla roku 1944 německá armáda v úzkých, opil se na večírku a prohlásil, že se válka nevyvíjí dobře. Sám nechtěl nic jiného než pracovat na raketách. Litoval, že se místo vesmírných lodí staví válečné zbraně. Bohužel se na večírku nacházel zvěd, a když se výroky, které von Braun v opilosti pronesl, dostaly ke členům vlády, byl zatčen gestapem. Dva týdny byl zadržován ve vězeňské cele v Polsku, aniž věděl, zda nebude zastřelen. Zatímco Hitler rozhodoval o jeho osudu, objevila se další obvinění, včetně fám, že sympatizuje s komunismem. Někteří nacističtí funkcionáři se báli, že by mohl dezertovat do Anglie a sabotovat projekt V-2.

Nakonec Hitler na přímou přímluvu Alberta Speera von Brauna ušetřil, protože byl stále považován za příliš důležitou postavu raketového programu.

Rakety V-2 předběhly svou dobu o celá desetiletí, ale do boje byly plně nasazeny až koncem roku 1944, kdy se Rudá armáda a Spojenci přibližovali k Berlínu a pád nacistické říše už nešlo zastavit.

Roku 1945 se von Braun a stovka jeho asistentů vzdali Spojencům. Společně se třemi stovkami vagonů plných raket a součástí V-2 byli propašováni do USA v rámci takzvané operace Paperclip, jejímž cílem bylo vyslechnout a zrekrutovat bývalé nacistické vědce.

Americká armáda rakety V-2 prozkoumala a později z nich učinila základ svých raket Redstone. Nacistická minulost von Brauna a jeho asistentů byla „vymazána“, ale jeho velmi ambivalentní role v nacistické vládě jej nadále pronásledovala. Komik Mort Sahl shrnul

jeho kariéru bonmotem: „Sahám po hvězdách, ale občas trefím Londýn.“⁸ Zpěvák Tom Lehrer napsal slova: „Jakmile jsou rakety ve vzduchu, co záleží na tom, kam dopadnou? To už není můj obor.“

SOUPEŘENÍ MEZI SUPERVELMOCEMI

Ve dvacátých a třicátých letech 20. století členové americké vlády promeškali strategickou příležitost, když nerozpoznali revoluční práci, kterou Goddard vykonával přímo pod jejich okny. Tatáž situace se zopakovala po válce s příchodem von Brauna. V padesátých letech vláda von Brauna a jeho asistenty zanedbávala a nedala jim žádný jasný cíl. Nakonec se hybnou silou vývoje stala rivalita mezi jednotlivými složkami ozbrojených sil. Armáda pod vedením von Brauna vybudovala rakety Redstone, zatímco námořnictvo mělo střely Vanguard a letectvo střely Atlas.

Protože neměl žádné bezprostřední závazky směrem k armádě, začal se von Braun zajímat o vědeckou osvětu. Ve spolupráci s Waltem Disneyem natočil několik televizních pořadů, které vzbudily zájem budoucích raketových vědců. Von Braun v nich v hrubých rysech načrtl obraz rozsáhlého vědeckého projektu, jehož cílem by bylo přistát na Měsíci a vyvinout flotilu lodí schopných doletět na Mars.

Zatímco americký raketový program postupoval klopotně, Rusové činili rychlé pokroky.⁹ Josif Stalin a Nikita Chruščov pochopili strategický význam vesmírného programu a učinili z něj svou hlavní prioritu. V čele sovětského projektu stál Sergej Koroljov. Sama identita tohoto muže byla přísně utajována; mnoho let byl tajemně označován jen jako „hlavní konstruktér“ nebo „inženýr“. Rusové také zajali několik inženýrů

pracujících na V-2 a odvezli je do Sovětského svazu. S jejich pomocí postavili řadu raket založených na raketách V-2. V podstatě celé americké i sovětské arzenály vznikly modifikací a pospojováním raket V-2, které zase vycházely z Goddardových průkopnických prototypů.

Jedním z hlavních cílů USA i SSSR bylo vypuštění první umělé družice na oběžnou dráhu. Tento koncept poprvé navrhl sám Isaac Newton. Na diagramu, který se později proslavil, Newton znázornil, že když vystřelíte z vrcholku hory dělovou kouli, dopadne poblíž úpatí. Jak však plyne z jeho pohybových rovnic, čím rychleji se koule pohybuje, tím dále doletí. Vystřelíte-li ji dostatečnou rychlostí, vykoná úplný oběh kolem Země a změní se v družici. Newton učinil historický průlom: nahradíte-li dělovou kouli Měsícem, Newtonovy pohybové rovnice jsou schopny předpovědět přesnou podobu jeho oběžné dráhy.

Ve svém myšlenkovém experimentu s dělovou koulí si Newton položil klíčovou otázku: Jestliže jablko padá na zem, nepadá také Měsíc? Jelikož se dělová koule při oběhu kolem Země nachází ve stavu volného pádu, musí totéž platit pro Měsíc. Newtonův postřeh uvedl do pohybu jednu z největších revolucí v celých dějinách. Newton nyní mohl vypočítat pohyb dělových koulí, měsíců, planet – takřka čehokoliv. S použitím jeho pohybových zákonů například můžete snadno dokázat, že má-li dělová koule obíhat kolem Země, musíte ji vystřelit rychlostí dvaceti devíti tisíc kilometrů za hodinu.

Newtonova vize se stala skutečností, když Sověti v říjnu 1957 vyslali na oběžnou dráhu Sputnik, první umělou družici na světě.

VĚK SPUTNIKU

Nesmíme podcenit obrovský šok, jakým byly zprávy o Sputniku pro americkou duši. Američané si rychle uvědomili, že sovětská raketová věda je nejlepší na světě. Potupa se ještě zhoršila, když o dva měsíce později před zraky televizních diváků z celého světa havarovala raketa Vanguard amerického námořnictva. Živě si pamatuji, že jsem jako dítě matku prosil, abych směl zůstat vzhůru a podívat se na start rakety. Neochotně souhlasila. S hrůzou jsem pak sledoval, jak raketa Vanguard vystoupala metr do vzduchu, pak o metr klesla, převrátila se a zničila vlastní odpalovací rampu při ohromné, oslepující explozi. Jasně jsem viděl, jak se hlavička rakety, která obsahovala družici, převrhla a zmizela v plamenech.

Blamáž pokračovala, když raketa Vanguard havarovala i při svém druhém startu o několik měsíců později. Tisk se na nehodách vyřádil a obdařil raketu přezdívkami jako „Žuchnik“ nebo „Kaputnik“. Sovětský delegát při OSN dokonce zažertoval, že Rusko by mělo Spojeným státům poskytnout pomoc.

Ve snaze zotavit se z této velké mediální rány, kterou americká národní prestiž utřžila, přikázali Američané von Braunovi, aby s použitím rakety Juno I rychle vyslal na oběžnou dráhu satelit Explorer I. Raketa Juno I byla založena na raketě Redstone, která zase vycházela z V-2.

Sověti však měli více es v rukávu. Dalších několik let novinovým titulům vévodila řada jejich historických prvenství:

1957: Sputnik 2 vynesl na oběžnou dráhu první zvíře, psa jménem Lajka.

1957: Luna 1 jako první sonda proletěla kolem Měsíce.

1959: Luna 2 jako první dopadla na povrch Měsíce.

1959: Luna 3 jako první pořídila fotografie odvrácené strany Měsíce.

1960: Na palubě Sputniku 5 se poprvé zvířata v pořádku vrátila z vesmíru.

1961: Venera 1 jako první sonda proletěla kolem Venuše.

Ruský vesmírný program dosáhl svého vrcholného úspěchu, když Jurij Gagarin roku 1961 v pořádku obletěl Zemi.

Zřetelně si pamatuji, jak v těchto letech Sputnik vyvolal v celých Spojených státech paniku. Jak nás najednou mohl předstihnout zdánlivě zaostalý stát jako Sovětský svaz?

Komentátoři dospěli k závěru, že u kořene tohoto fiaska stojí americký vzdělávací systém. Američtí studenti byli pozadu za Sověty. Bylo zapotřebí zahájit intenzivní kampaň a vynaložit peníze, zdroje a mediální pozornost na vychování nové generace amerických studentů, kteří by dokázali konkurovat Rusům. Novinové články tehdy prohlašovaly, že „Ivan umí číst, ale Johnny nikoliv“.

Tato obtížná doba zplodila generaci Sputniku, kohortu studentů, kteří považovali za vlasteneckou povinnost stát se fyziky, chemiky nebo raketovými vědci.

Prezident Dwight Eisenhower vzdor obrovskému tlaku, aby kontrolu nad vesmírným programem svěřil armádě namísto neschopně působícím vědcům-civilistům, statečně trval na pokračujícím civilním dohledu

a založil agenturu NASA. Prezident John Kennedy pak v odezvě na Gagarinovu cestu po oběžné dráze agenturu pověřil, aby urychlila svůj lunární program a přistála na Měsíci do konce desetiletí.

Jeho výzva národ vyburcovala. V roce 1966 už do programu cesty na Měsíc proudilo ohromujících 5,5 procenta amerického federálního rozpočtu. NASA si jako vždy počínala opatrně a technologie potřebné k přistání na Měsíci vyvíjela v průběhu řady misí. Nejprve testovala loď Mercury s jedním astronautem na palubě, pak loď Gemini s dvojčlennou a nakonec loď Apollo s trojčlennou posádkou. Agentura si také krok za krokem pečlivě osvojila jednotlivé aspekty letů do kosmu. Nejprve astronauti opustili bezpečí své vesmírné lodi a poprvé vystoupili do vesmíru. Pak se naučili nesnadnému umění spojit svou loď s jiným plavidlem. Následně vykonali úplný oběh kolem Měsíce, ale nepřistáli na jeho povrchu. Teprve pak byla NASA konečně připravena vyslat astronauty přímo na Měsíc.

Von Braun byl povolán, aby pomohl vybudovat raketu Saturn V, která měla být největší v dějinách. Opravdu se jednalo o podivuhodné mistrovské dílo, skutečný zázrak techniky. Raketa byla o osmnáct metrů vyšší než Socha svobody. Zvládla na oběžnou dráhu vynést náklad o hmotnosti 140 000 kg. A co bylo nejdůležitější, dokázala velký náklad vyslat do vesmíru rychlostí překračující čtyřicet tisíc kilometrů za hodinu, tedy únikovou rychlost z povrchu Země.

Zaměstnance NASA stále pronásledovalo vědomí, že může dojít k pohromě. Prezident Nixon si pro televizní vyhlášení výsledků letu Apollo 11 připravil dva proslovy. První oznamoval, že mise neuspěla a že na Měsíci zemřeli američtí astronauti. Tento scénář opravdu

skoro nastal. V posledních vteřinách před tím, než měl lunární modul přistát, zahlásily počítače poplach. Neil Armstrong se ujal ručního řízení plavidla a opatrně s ním přistál na Měsíci. Analýza později ukázala, že zbývalo palivo jen na padesát vteřin letu; modul málem havaroval.

Naštěstí mohl 20. července prezident Nixon přečíst druhý připravený proslov, v němž našim astronautům gratuloval k úspěšnému přistání. Ještě i dnes platí, že Saturn V je jediná raketa, která kdy dopravila lidskou posádku nad nízkou oběžnou dráhu Země. Kupodivu fungovala bezchybně. Celkem bylo postaveno patnáct raket Saturn a třináct jich skutečně odstartovalo, bez jediné nehody. Úhrnem raketa Saturn V mezi prosincem 1968 a prosincem 1972 vynesla do vesmíru dvacet čtyři astronautů, kteří buď proletěli kolem Měsíce, nebo přistáli na jeho povrchu, a astronauti z Apolla byli právem oslavováni jako hrdinové, kteří napravili naši národní reputaci.

Rusové se závodu o dobytí Měsíce také intenzivně účastnili. Narazili však na množství obtíží. Koroljov, jenž řídil sovětský vesmírný program, zemřel roku 1966. A raketa N-1, jež měla ruské astronauty dostat na Měsíc, čtyřikrát havarovala. Nejdůležitější však zřejmě byla skutečnost, že sovětské hospodářství, už tak vysílené studenou válkou, nemohlo konkurovat více než dvakrát větší ekonomice USA.

ZTRACENÍ VE VESMÍRU

Vzpomínám si na okamžik, kdy Neil Armstrong a Buzz Aldrin stanuli na povrchu Měsíce. Bylo to v červenci 1969 a já sloužil v americké armádě. Cvičil jsem s pěchotou ve Fort Lewis ve státě Washington a nevěděl

jsem, zda mě armáda nepošle bojovat do Vietnamu. Bylo vzrušující vědět, že se přímo před našima očima odehrála zlomová historická událost; zároveň mě však znepokojovala představa, že pokud zemřu na bitevním poli, nebudu se moci o vzpomínky na měsíční misi podělit se svými budoucími dětmi.

Po posledním startu rakety Saturn V roku 1972 se pozornost americké veřejnosti přesunula jinam. Válka proti chudobě byla v plném proudu a válka ve Vietnamu stravovala čím dál více peněz a životů. V době, kdy Američané kolem vás hladověli a další umírali v cizině, vypadala cesta na Měsíc jako luxus.

Astronomické náklady na vesmírný program byly neudržitelné. Začaly vznikat plány na dobu po Apollu. Na stole bylo několik návrhů. Podle jednoho měly být prioritou nepilotované lety. Tuto možnost prosazovali představitelé armády, byznysu a vědy, kteří se nezajímali tolik o heroické výkony jako o zhodnotitelný náklad. Další návrh kladl důraz na vyslání lidí do vesmíru. Bylo nepříjemným faktem, že k financování letu astronautů se Kongres a daňoví poplatníci vždy nechali přemluvit snáze než k zaplacení nějaké bezjmenné kosmické sondy. Jak to shrnul jeden člen Kongresu: „Jestli chcete peníze na nákladný spektakl, potřebujete hvězdného herce do hlavní role.“

Obě skupiny měly zájem o rychlý a snadný přístup do kosmického prostoru, ne o nákladné mise s mnohaletými rozestupy. Konečným výsledkem však byl podivný hybrid, který neuspokojil nikoho. Astronauti létali do vesmíru společně s nákladem.

Kompromis získal podobu raketoplánů programu Space Shuttle. Jednalo se o div techniky, který využil všechny dosavadní poznatky a vyspělé technologie

vyvinuté v uplynulých desetiletích. Raketoplány dokázaly vynést na oběžnou dráhu náklad o hmotnosti 27 000 kg a pak se spojit s Mezinárodní vesmírnou stanicí. Na rozdíl od kosmických modulů programu Apollo, jejichž provoz byl po jednom letu vždy ukončen, byly raketoplány navrženy tak, aby byly částečně znovu použitelné. Uměly dopravit sedm astronautů do vesmíru a pak se s nimi vrátit domů, jako letadla. Následkem toho vesmírné lety postupně začaly působit rutinně. Američané si zvykli na to, že vídají astronauty, jak na ně mávají při své další návštěvě Mezinárodní vesmírné stanice. Ta také představovala kompromis vyjednaný mezi mnoha státy, které ji financovaly.

Postupem času se začaly raketoplány potýkat s problémy. Zprvce, ačkoliv měly šetřit peníze, náklady prudce rostly, takže každá mise spolykala asi miliardu dolarů. Vynést raketoplánem cokoliv na nízkou oběžnou dráhu Země stálo asi 90 000 dolarů na kilogram, tedy zhruba čtyřikrát více než u jiných přepravních systémů. Společnosti si stěžovaly, že by bylo mnohem levnější jejich satelity dopravit do vesmíru pomocí konvenčních raket. Zadruhé pak lety probíhaly jen tu a tam, s mnohaměsíčními rozestupy. Tato omezení frustrovala dokonce i americké letectvo, které nakonec některé mise raketoplánů zrušilo ve prospěch jiných možností.

Fyzik Freeman Dyson z Institutu pokročilých studií na Princetonu má vlastní teorii, proč program Space Shuttle nedostal očekávání. Když se podíváme na dějiny železnice, vidíme, že nejprve sloužila k přepravě libovolného nákladu: jak osob, tak komerčních výrobků. Každá strana odvětví, komerční i spotřebitelská, měla vlastní priority a zájmy a nakonec se oddělily,

což zvýšilo efektivitu a snížilo náklady. U programu Space Shuttle však k tomuto rozštěpení nedošlo, nýbrž vždy zůstal rozkročený mezi zájmy byznysu a spotřebitelů. Místo toho, aby byl „vším pro všechny“, začal být „ničím pro nikoho“, zvláště vzhledem ke zpožděním a růstu nákladů.

Věci se navíc zhoršily po tragédiích raketoplánů Challenger a Columbia, které si vyžádaly životy čtrnácti statečných astronautů. Tyto katastrofy oslabily veřejnou, soukromou i vládní podporu vesmírného programu. Jak napsali fyzikové James a Gregory Benfordovi: „Kongres začal vnímat NASA primárně jako program tvorby pracovních míst, ne výzkumnou agenturu.“¹⁰ Poznamenali také, že „na vesmírné stanici se neprovozovalo mnoho užitečné vědy... Zaměřovala se na výlety do vesmíru, ne na život v něm.“

Bez větru studené války v plachtách vesmírný program rychle ztratil financování a energii. Za vrcholných časů programu Apollo se vyprávěl vtip, že pokud NASA chtěla peníze, stačilo přijít do Kongresu a říct jediné slovo „Rusko!“ Členové Kongresu pak vytáhli šekovou knížku a zeptali se: „Kolik?“ Tahle doba však už byla dávno pryč. Jak řekl Isaac Asimov, vstřelili jsme první branku – a pak jsme sebrali míč a odešli domů.

Krise konečně vyvrcholila v roce 2011, když bývalý prezident Barack Obama přikázal nový „masakr na svatého Valentýna“. Jediným škrtem pera zrušil jak program Constellation (nástupce programu Space Shuttle), tak projekty cest na Měsíc a Mars. Aby ulehčil daňovým poplatníkům, zastavil těmto projektům financování v naději, že ztrátu vynahradí soukromý sektor. Dvacet tisíc veteránů vesmírného programu bylo náhle propuštěno, čímž NASA přišla o kolektivní

moudrost svých nejlepších a nejchytřejších členů. Největší potupou bylo, že američtí astronauti poté, co desetiletí soupeřili se svými ruskými protějšky, nyní měli být pasažéry na palubě ruských strojů. Zdálo se, že zlatý věk kosmických letů je za námi; klesli jsme na úplné dno.

Celý problém lze shrnout jediným slovem: *peníze*. Vynést jeden kilogram libovolného nákladu na nízkou oběžnou dráhu stojí přes 20 000 dolarů. Představte si, že by celé vaše tělo bylo z ryzího zlata. Asi tolik zlata byste potřebovali, abyste zaplatili svou cestu na oběžnou dráhu. Cena dopravy na Měsíc může snadno přesáhnout 200 000 dolarů na jeden kilogram. A přepravit náklad na Mars stojí více než 200 milionů dolarů na kilogram. Dostat astronauta na Mars by podle odhadů celkem stálo 400 až 500 miliard dolarů.

Žiju v New York City. Když se ve městě objevil jeden z raketoplánů programu Space Shuttle, byl to pro mě smutný den. Ačkoliv se podél jeho trasy shromáždili turisté a radostně pokřikovali, když kolem nich projížděl, událost symbolizovala konec jedné éry. Vystavená vesmírná loď nakonec zakotvila poblíž mola na Čtyřicáté první ulici. Jelikož žádná náhrada nebyla na dohled, zdálo se, že jsme rezignovali na vědu, a tím na svou budoucnost.

Když se ohlížím za tímto temným obdobím, občas si vzpomenu na to, co se v 15. století přihodilo velké čínské císařské flotile. V té době byli Číňané jasnými lídry ve vědě a bádání. Vynalezli střelný prach, kompas a tiskařský lis. Jejich vojenská síla a technika neměly konkurenci. Středověkou Evropu zatím sužovaly náboženské války, inkvizice, čarodějnické procesy a pověry. Velcí vědci a vizionáři jako Giordano Bruno

a Galileo Galilei byli často páleni zaživa nebo zavíráni v domácím vězení a jejich díla byla zakazována. Evropa tehdy technologie spíše dovážela, než vyvážela, nebyla zdrojem inovací.

Čínský císař tehdy pověřil admirála Čeng Chea, aby vedl nejambicióznější námořní výpravu všech dob. Na moře vyplulo celkem 28 000 námořníků na palubě 317 obřích lodí, z nichž každá byla pětkrát delší než loď Kryštofa Kolumba. Dalších čtyři sta let svět neměl poznat nic podobného. Admirál Čeng Che procestoval mezi lety 1405 až 1433 celý známý svět ne jednou, ale celkem sedmkrát. Plavil se po jihovýchodní Asii, kolem Blízkého východu a nakonec dorazil až do východní Afriky. Existují staré dřevořezy zobrazující, jak před dvorem defilují podivná zvířata, třeba žirafy, které Čeng Che přivezl ze svých objevných cest.

Když však císař zemřel, noví vládcí dospěli k názoru, že jim objevování nových světů k ničemu není. Dokonce zakázali obyvatelům Číny vlastnit lodě. Sama flotila byla ponechána napospas hnilobě nebo ohni a záznamy o velkých úspěších admirála Čeng Chea byly vymazány z dějin. Následující císaři fakticky přerušili kontakty mezi Čínou a zbytkem světa. Čína se uzavřela do sebe, což mělo katastrofální důsledky. Nakonec tento obrat vedl k rozkladu, naprostému kolapsu, občanské válce a revoluci.

Občas přemýšlím o tom, jak snadno stát po desetiletích strávených na výsluní propadne sebeuspokojení a zkáze. Věda je motorem prosperity, takže země, které se k vědě a technice obrátí zády, se nakonec dostávají do sestupné spirály.

Podobně potkal úpadek i americký vesmírný program. Nyní se však politická a ekonomická situace

mění. Vůdčích rolí se ujímají noví protagonisté. Odvážné astronauty nahrazují šviháčtí podnikatelé s miliardovým jměním. Tuto obrodu pohánějí nové myšlenky a nová energie. Podaří se však soukromým investo-
rům ve spolupráci s veřejným sektorem vydláždít cestu ke hvězdám?

NOVÝ ZLATÝ VĚK KOSMICKÝCH LETŮ

Můj duch se rodí z tvého světla. Ty jsi mým sluncem, měsícem a všemi mými hvězdami.

— E. E. Cummings

Zatímco úpadek čínské námořní flotily trval celá staletí, americký program vesmírných letů s lidskou posádkou zažívá obrodu po pouhých několika desetiletích nezájmu. Situace se mění vlivem několika faktorů.

Jedním je přísun zdrojů od podnikatelů ze Silicon Valley. Vzácná kombinace soukromého a veřejného financování umožňuje vznik nové generace raket a díky klesající ceně vesmírných cest zároveň začíná celá řada projektů vypadat proveditelně. Veřejná podpora vesmírných cest rovněž dramaticky vzrostla. Američané opět nacházejí zálibu v hollywoodských filmech a televizních pořadech o průzkumu kosmu.

A co je nejdůležitější, NASA opět nabyla dřívější cílevědomosti. Osmého října 2015 po letech zmatku, kolísání a nerozhodnosti konečně ohlásila svůj dlouhodobý cíl: vyslat astronauty na Mars. Dokonce pro sebe načrtla přibližný seznam cílů, začínající návratem na

Měsíc. Ten však není konečnou destinací, nýbrž odrazovým můstkem k dosažení ambicióznějšího cíle cesty na Mars. Agentura NASA, dříve bezcílná jako loď bez kormidelníka, najednou měla jasné směřování. Analytikové toto rozhodnutí chválili coby projev toho, že se NASA znovu ujala vůdčí role v dobývání kosmu.

Podívejme se tedy nejprve na cestu k našemu nejbližšímu nebeskému sousedovi, Měsíci, a následně se vydejme do vzdálenějších koutů vesmíru.

NÁVRAT NA MĚSÍC

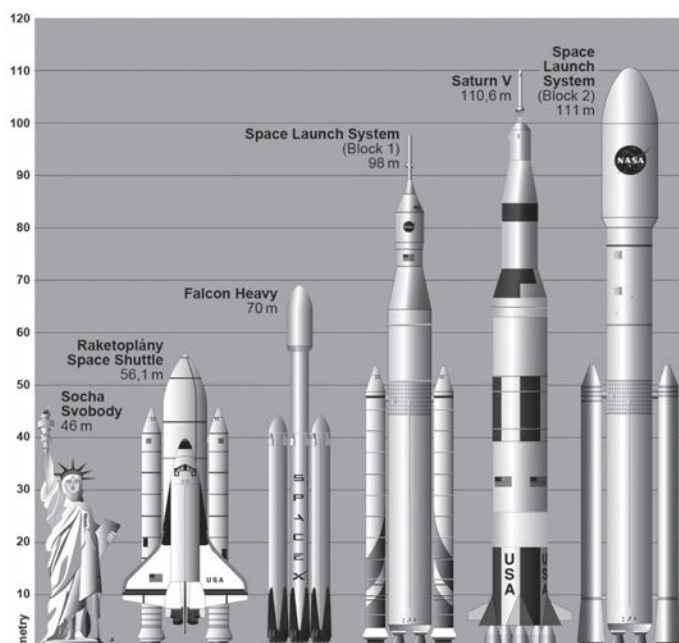
Páteří snah agentury NASA o návrat na Měsíc je spojení masivní rakety Space Launch System (SLS) a kosmické lodi Orion. Raketa i loď osiřely po rozpočtových škrtech prezidenta Obamy z počátku druhé dekády 21. století, kdy byl zrušen program Constellation. NASA však dokázala zachránit vesmírnou loď z tohoto programu, totiž právě Orion, a také raketu SLS, která tehdy existovala jen na rýsovacím prkně. Oba stroje, původně vyvinuté pro úplně odlišné mise, byly slepeny dohromady a utvořily základní startovací systém agentury NASA.

Podle současného plánu má raketa SLS/Orion v polovině dvacátých let 21. století vykonat pilotovaný oblet Měsíce.

Tím prvním, čeho si na systému SLS/Orion všimnete, je to, že se vůbec nepodobá svým bezprostředním předchůdcům, raketoplánům programu Space Shuttle. Zato však připomíná raketu Saturn V. Po asi pětáctiřicet let byla raketa Saturn V muzeálním exponátem. V jistém smyslu však nyní ve formě rakety SLS zažívá vzkříšení. Při pohledu na systém SLS/Orion má člověk pocit dějà vu.

98 metrů vysoká, podobně jako Saturn V. Astronauti nesedí v lodi po straně rakety, jako tomu bylo u raketoplánů, nýbrž v kabině umístěné přímo na její špičce, tak jako se na špičce rakety Saturn V nacházela loď Apollo. Systém SLS/Orion je na rozdíl od raketoplánu určen především k přepravě astronautů, nikoliv nákladu. Nadto není navržen tak, aby vystoupal jen na nízkou oběžnou dráhu Země, nýbrž má stejně jako Saturn V dosáhnout únikové rychlosti z povrchu Země.

Loď Orion je určena k přepravě čtyřčlenné až šestičlenné posádky, zatímco loď Apollo pojala jen tři osoby. Tak jako v Apollu je i uvnitř Orionu těsno. Má pět metrů na šířku, osm na délku a váží dvacet šest tisíc



Obrázek porovnává původní raketu Saturn V, která vynesla naše astronauty na Měsíc, a raketoplány Space Shuttle s ostatními raketami, jež se nyní testují.

kilogramů. (Protože prostor je nedostatkové zboží, bývají astronauti obvykle nevelké postavy. Například Jurij Gagarin měřil jen metr pětasedmdesát.)

A konečně, na rozdíl od rakety Saturn V, která byla navržena zvlášť k cestě na Měsíc, raketa SLS vás může dopravit takřka kamkoliv – na Měsíc, na asteroidy, ba i na Mars.

Dnes nastupují na scénu miliardáři, kteří už mají dost pomalého tempa byrokratů z NASA a chtějí poměrně brzy vyslat astronauty na Měsíc, a dokonce i na Mars. Tito mladí podnikatelé se nechali zlákat návrhem bývalého prezidenta Obamy, aby program pilotovaných letů do vesmíru převzal soukromý sektor.

Obhájci NASA tvrdí, že její opatrné tempo je dáno starostmi o bezpečnost. Slyšení v Kongresu, která následovala po tragédiích raketoplánů Challenger a Columbia, téměř vedla ke zrušení jejího vesmírného programu, tehdy velmi nepopulárního. Další pohroma podobných rozměrů by mohla znamenat jeho konec. Dále zastánci agentury upozorňují, že NASA se v devadesátých letech 20. století pokusila přijmout mantru „Rychleji, lépe, levněji“. Když se však kvůli prasknutí palivové nádrže roku 1993 ztratila sonda Mars Observer, zrovna když měla začít obíhat kolem Marsu, mnozí se domnívali, že NASA možná misi uspěla, a slogan „Rychleji, lépe, levněji“ byl v tichosti opuštěn.

Je tedy zapotřebí najít střední cestu mezi dychtivostí horkých hlav, které chtějí tempo urychlit, a opatrností nervózních byrokratů, kteří si lámou hlavu s bezpečností a náklady spojenými s případným neúspěchem.

Objevili se nicméně dva miliardáři, kteří se postavili do čela snah o urychlení vesmírného programu: Jeff Bezos, zakladatel Amazonu a majitel deníku

Washington Post, a Elon Musk, zakladatel PayPalu, Tesly a SpaceX.

Tisk v této souvislosti už nyní mluví o „bitvě miliardářů“.

Bezos i Musk by chtěli dostat lidstvo do vesmíru. Zatímco Musk uvažuje v dlouhodobějším horizontu a zaměřuje svůj pohled na Mars, Bezos má bezprostřednější vizi cesty na Měsíc.

ZE ZEMĚ NA MĚSÍC

Lidé z celého světa se houfně vypravili na Floridu v naději, že na okamžik spatří kapsli, která dopraví první lidi na Měsíc. Tři astronauti se v ní chystají vykonat cestu, jaká v lidských dějinách nemá obdoby, cestu na jiné vesmírné těleso. Let potrvá asi tři dny a astronauti během něj zažijí věci, které nikdo před nimi nezažil, jako stav beztlíže. Po heroické výpravě loď bezpečně dopadne do Tichého oceánu a její pasažéři budou oslavováni jako hrdinové, kteří otevřeli novou kapitolu lidských dějin.

Všechny propočty byly provedeny s použitím Newtonových zákonů, což zajišťovalo přesnost letu. Je zde však jeden problém. Toto vše je ve skutečnosti příběh vylíčený Julesem Vernem v jeho prorockém románu *Ze Země na Měsíc*, vydaném roku 1865, těsně po skončení americké občanské války. Organizátory kosmické cesty nejsou vědci NASA, nýbrž členové baltimorského Gun-Clubu.

Je opravdu pozoruhodné, že Jules Verne více než sto let před prvním přistáním na Měsíci dokázal předpovědět mnoho charakteristik skutečné cesty na Měsíc. Správně odhadl velikost kapsle, místo startu i metodu přistání zpět na Zemi.

Jediným významným nedostatkem knihy je použití ohromného kanonu k vystřelení astronautů na Měsíc. Náhlé zrychlení při startu by bylo asi dvacet tisíckrát větší než gravitační zrychlení Země, takže by určitě všechny členy posádky zabilo. Před nástupem raket na tekutý pohon však Verne jinou metodu k dispozici neměl.

Verne také tvrdil, že astronauti by se ocitli ve stavu beztíže, ale jenom na okamžik, v půli cesty mezi Zemí a Měsícem. Neuvědomil si, že se v něm budou nacházet během celého letu. (Dokonce i dnes komentátoři v otázce stavu beztíže občas chybují, například když prohlašují, že je zapříčiněn absencí gravitace ve vesmíru. Ve skutečnosti je ve vesmíru gravitace spousta, tolik, že nechává obří planety typu Jupiteru obíhat kolem Slunce. Zážitek stavu beztíže je vyvolán faktem, že všechno padá stejnou rychlostí. Astronaut uvnitř loď tedy padá stejnou rychlostí jak jeho loď, a proto se mu zdá, že gravitace zmizela.)

Pohonem nových vesmírných závodů dnes není soukromé jmění členů baltimorského Gun-Clubu, nýbrž šekové knížky magnátů jako Jeff Bezos. Bezos nechtěl čekat, až mu NASA dovolí vybudovat rakety a odpalovací rampu za peníze daňových poplatníků, a místo toho založil vlastní společnost Blue Origin, aby je mohl stavět sám za vlastní úspory.

Projekt už opustil fázi plánování. Společnost Blue Origin vyvinula vlastní raketový systém nazvaný New Shepard (podle Alana Sheparda, prvního Američana, který se vznesl do vesmíru v suborbitální raketě). Jedná se vlastně o první suborbitální raketu na světě, která úspěšně přistála zpět na své původní odpalovací rampě. (Těsně porazila raketu Elona Muska Falcon, která

byla první znovu použitelnou raketou, jež opravdu dopravila náklad na oběžnou dráhu Země.)

Bezosova raketa New Shepard je pouze suborbitální, což znamená, že nedokáže dosáhnout rychlosti dvaceti devíti tisíc kilometrů za hodinu a vystoupat na nízkou oběžnou dráhu Země. Nevynesete nás na Měsíc, ale může být první americkou raketou, která bude turistům běžně nabízet vyhlídkový výlet do kosmu. Společnost Blue Origin nedávno zveřejnila video hypotetického letu na raketě New Shepard, který připomíná cestu první třídou na luxusní lodi. Když vstoupíte do kosmické kabiny, okamžitě vás ohromí její rozměry. Nijak se nepodobá přeplněným ubikacím, které známe ze sci-fi filmů. Spolu s pěti dalšími turisty se budete moci vnořit do přepychových sklápěcích sedadel s potahy z černé kůže a dívat se ven z velkých oken, širokých asi 0,7 metru a vysokých jeden metr. „Každé místo je místem u okna – a jsou to zatím největší okna ve vesmíru,“ tvrdí Bezos. Vesmírné cestování nikdy nebylo tak úchvatné.

Jelikož se chystáte vydat do kosmického prostoru, je zapotřebí provést určitá bezpečnostní opatření. Dva dny před cestou odletíte do města Van Horn v Texasu, kde má společnost Blue Origin svůj kosmodrom. Tam se setkáte s ostatními turisty a vyslechnete si krátké poučení od členů posádky. Cesta je plně automatizovaná, takže vás posádka do vesmíru nedoprovází.

Instruktor vám vysvětlí, že celý let potrvá jedenáct minut. Nejdříve se vznesete rovně nahoru do výše sta kilometrů, až dosáhnete hranice mezi atmosférou a kosmickým prostorem. Nebe za okny se nejprve zbarví do tmavě fialova a pak zčerná jako inkoust. Jakmile kabina vyletí do vesmírného prostoru, budete si smět

odepnout bezpečnostní pás a zakusit čtyři minuty stavu beztíže. Poplavete prostorem jako akrobat, osvobození od pout gravitace.

Některým lidem se ve stavu beztíže dělá špatně a zvrací, ale to podle tvrzení instruktora nebude vzhledem ke krátkosti letu problém.

(Pro trénování astronautů používá NASA „zvratko-metu“ [vomit comet], což je letadlo KC-135, které dovede simulovat stav beztíže. Zvratkometa vždy prudce vystoupá nahoru a pak náhle na asi třicet vteřin vypne motory a klesne zase dolů. Astronauti jsou na chvíli jako kámen vržený do vzduchu – nacházejí se ve stavu volného pádu. Když letoun zapne motory, dopadnou astronauti zpět na podlahu. Tento proces se opakuje po několik hodin.)

Na konci letu kapsle vypustí padáky a pak jemně dosedne na zem s použitím vlastních raket. Není zapotřebí přistávat do moře. A na rozdíl od raketoplánů Space Shuttle je kabina vybavena únikovým systémem, který ji odnese pryč od rakety, pokud při startu dojde k havárii. (Raketoplán Challenger takový bezpečnostní systém neměl a zemřelo v něm sedm astronautů.)

Firma Blue Origin zatím nezveřejnila, kolik bude tento suborbitální výlet stát, ale analytici se domnívají, že na začátku by mohl vyjít asi na 200 000 dolarů na pasažéra. Právě tolik stojí cesta konkurenční suborbitální raketou, kterou vyvíjí Richard Branson, další miliardář, který se zapsal do historie vesmírných letů. Branson je zakladatel společností Virgin Atlantic a Virgin Galactic a financuje projekty leteckého inženýra Burt Rutana. Roku 2004 se Rutanův raketoplán SpaceShipOne dostal na první stránky novin, když vyhrál cenu Ansari X Prize, dotovanou 10 miliony dolarů.

Raketoplán SpaceShipOne vyletěl do výšky sto deseti kilometrů, takže dosáhl hranice atmosféry. Ačkoliv roku 2014 raketoplán tragicky havaroval při letu nad Mohavskou pouští, Branson jej plánuje nadále testovat a přispět k tomu, aby se vesmírná turistika stala skutečností. Až čas ukáže, který z raketových systémů potká komerční úspěch. Zdá se však nepochybné, že kosmická turistika tu s námi už zůstane.

Bezos staví ještě další raketu, která lidi dopraví na oběžnou dráhu Země. Jde o raketu New Glenn, pojmenovanou po astronautovi Johnu Glennovi, prvním Američanovi, který obletěl zeměkouli. Raketa bude mít až tři stupně, bude 95 metrů vysoká a bude mít tah 17 milionů newtonů. Ačkoliv raketa New Glenn je stále ve fázi návrhů, Bezos už naznačil, že plánuje postavit ještě pokročilejší raketu s názvem New Armstrong, která by mohla opustit oběžnou dráhu Země a doletět až na Měsíc.

Když byl Bezos malý, představoval si, že se vydá do vesmíru, nejlépe spolu s posádkou lodi Enterprise ze seriálu *Star Trek*. V roli Spocka, kapitána Kirka, ba i palubního počítače účinkoval v divadelních hrách na motivy seriálu. Na konci střední školy, v době, kdy většina teenagerů sní o prvním autě nebo maturitním plesu, vypracoval Bezos vizionářský plán pro nadcházející století. Jak sám řekl, chtěl „postavit vesmírné hotely, zábavní parky, jachty a kolonie pro dva nebo tři miliony lidí, kteří budou žít na oběžné dráze Země“.

„Jádrem celé myšlenky je uchování Země. (...) Cílem je, abychom dokázali lidi evakuovat. Planeta se změní v park,“ napsal Bezos.¹¹ Podle jeho mínění by se průmyslová výroba, která Zemi znečišťuje, nakonec mohla přesunout do vesmíru.

Aby nezůstalo jen u slov, v dospělosti založil Bezos společnost Blue Origin, která má postavit rakety budoucnosti. Jméno firmy („modrý původ“) odkazuje k planetě Zemi, jež při pohledu z vesmíru vypadá jako modrá koule. Cílem společnosti je „zpřístupnit vesmírné cestování platícím zákazníkům. Její vize je velmi prostá. Chceme, aby miliony lidí žily a pracovaly ve vesmíru. To je vzdálený cíl, ale myslím si, že stojí za námahu.“

Roku 2017 Bezos ohlásil krátkodobý plán na zřízení přepravního spojení mezi Zemí a Měsícem. Představuje si rozsáhlý systém, který by po vzoru firmy Amazon, jež na stisknutí jednoho tlačítka rychle rozesílá nejrůznější výrobky, převážel na Měsíc strojní zařízení, stavební materiály, zboží a služby. Měsíc, kdysi považovaný za osamělou výspu ve vesmíru, by se stal rušným průmyslovým a finančním centrem se stálými základnami s lidskou posádkou a továrnami.

Tyto lehkovážné řeči o městech na Měsíci bychom za normálních okolností mohli považovat za pouhé blouznění excentrika. Když je však pronáší jeden z nejbohatších lidí na planetě, člověk, jemuž naslouchá prezident, Kongres i redaktoři listu *Washington Post*, bere je člověk velmi vážně.

STÁLÁ MĚSÍČNÍ ZÁKLADNA

Protože tyto ambiciózní projekty bude nutné nějak ufinancovat, zkoumají astronomové fyzikální a ekonomické aspekty těžby surovin na Měsíci. Všímají si přitom alespoň tři potenciálních přírodních zdrojů, které stojí za probádání.

V devadesátých letech vědce překvapil objev velkého množství ledu na jižní polokouli Měsíce.¹² Tam, ve stínu

velkých pohoří a kráterů, panuje stálá tma a teploty zůstávají pod bodem mrazu. Zdrojem ledu jsou pravděpodobně komety, které do Měsíce narážely v počátcích sluneční soustavy. Komety se skládají především z ledu, prachu a kamení. Když tedy kometa dopadne do těchto stinných oblastí Měsíce, může za sebou zanechat ložisko vody a ledu. Vodu pak lze rozdělit na kyslík a vodík (shodou okolností hlavní součásti raketového paliva). Tak by se z Měsíce mohla stát kosmická čerpací stanice. Dále lze vodu vyčistit, aby se dala pít, nebo ji použít ke zřízení malých zemědělských farem.

Jiná skupina podnikatelů ze Silicon Valley skutečně založila společnost, jejímž cílem je zahájit těžbu ledu na Měsíci. Tato společnost s názvem Moon Express jako vůbec první dostala od vlády povolení, aby s tímto komerčním podnikem začala. Její předběžný cíl však je skromnější. Nejprve na Měsíc umístí lunární vozítko, které bude systematicky vyhledávat ložiska ledu. Na tento projekt už nyní získala ze soukromých zdrojů dostatek financí. Nic tedy nebrání tomu, aby mise odstartovala.

Vědci analyzovali měsíční horniny, které přivezli astronauti z Apolla, a domnívají se, že na Měsíci mohou být další ekonomicky zajímavé suroviny. Prvky vzácných zemin, které mají klíčový význam pro elektronický průmysl, se z většiny vyskytují v Číně. (V malém množství se nacházejí všude, ale světový obchod se vzácnými zeminami ovládá z 97 procent čínský průmysl. Čína má asi 30 procent celosvětových zásob.) Před několika lety málem vypukla mezinárodní obchodní válka, když čínští dodavatelé najednou zvýšili ceny těchto nepostradatelných prvků a svět si náhle uvědomil, že postavení Číny je skoro monopolní.

Odhaduje se, že v nadcházejících desetiletích začnou zásoby docházet. Bude tudíž naléhavě nutné najít alternativní zdroje. Vzácné zeminy byly objeveny v měsíčních horninách, takže se jednoho dne možná vyplatí těžit je na Měsíci. Dalším prvkem důležitým pro elektronický průmysl je platina a přítomnost minerálů podobných platině, možná pozůstatků dávných nárazů asteroidů, byla na Měsíci taktéž detekována.

Nakonec existuje možnost, že na Měsíci najdeme helium-3, užitečné pro fúzní reakce. Když se vodík zahřeje na extrémně vysokou teplotu, za níž tyto reakce probíhají, jádra jeho atomů se slučují za vzniku helia a velkého množství energie a tepla. Tuto nadbytečnou energii pak lze využít k pohánění strojů. Během popsaného procesu však zároveň vzniká množství nebezpečných neutronů. Výhoda fúze využívající helia-3 spočívá v tom, že se při ní místo toho uvolňují snáze zvládnutelné protony, které lze odchýlit pomocí elektromagnetických polí. Fúzní reaktory jsou zatím velmi experimentální záležitost a žádné na Zemi neexistují. Jestliže však budou úspěšně vyvinuty, bylo by možné na Měsíci těžit helium-3, a dodávat tak palivo fúzním reaktorům budoucnosti.

Zde však také narážíme na obtížný problém: Je legální těžit na Měsíci? Nebo vznášet nárok na jeho území?

V roce 1967 Spojené státy, Sovětský svaz a mnoho dalších států podepsaly Kosmickou smlouvu, která státům zakázala nárokovat si vlastnictví vesmírných těles, jako je Měsíc. Zakázala přítomnost jaderných zbraní na oběžné dráze Země, Měsíci i jinde ve vesmíru. Testování těchto zbraní bylo rovněž zakázáno. Tato smlouva, první a jediná svého druhu, dodnes platí.

Nic však neříká o soukromém vlastnictví měsíční

půdy nebo používání Měsíce pro komerční účely. Její autoři si totiž nejspíš mysleli, že soukromí jednotlivci nikdy na Měsíc doletět nedokážou. S těmito otázkami je však nutné se brzy vypořádat, zvláště nyní, kdy ceny vesmírných cest klesají a miliardáři chtějí vesmír komercionalizovat.

Číňané oznámili, že dostanou své astronauty na Měsíc do roku 2025.¹³ Jestliže tam vztyčí svou vlajku, bude to mít hlavně symbolický význam. Co se však stane, pokud si území Měsíce bude nárokovat nějaký soukromý developer poté, co na něj dorazí na své soukromé vesmírné lodi?

Až tyto technické a politické problémy vyřešíme, další otázka bude znít: Jaké to bude, až lidé skutečně budou žít na Měsíci?

ŽIVOT NA MĚSÍCI

První astronauti strávili na Měsíci jen krátký čas, většinou pár dní. Máme-li vybudovat první základny s lidskou posádkou, budou tam astronauti muset žít delší dobu. Budou se muset adaptovat na měsíční životní podmínky, a ty se, jak si dovedete představit, od těch pozemských velmi liší.

Dobu, již astronauti mohou strávit na Měsíci, omezuje v první řadě dostupnost jídla, vody a vzduchu, neboť zásoby, které si s sebou přivezou, vyčerpají v řádu týdnů.¹⁴ Na začátku by se všechno muselo dopravovat ze Země. Nepilotované měsíční sondy by musely přivážet další zásoby každých pár týdnů. Tyto dodávky by pro astronauty byly životně důležité, takže jakákoli nehoda by mohla znamenat krizovou situaci. Jakmile astronauti vybudují měsíční základnu, třebaš dočasnou, jedním z jejich prvních úkolů by byla výroba kyslíku