

Není to příliš velký skok pro lidstvo? (P Pudivítr)



Američané se chystají na Měsíc, a nakonec i na Mars. Většina odborníků se již před několika lety zmiňovala o tom, že jako nejlepší termín lze pro cestu na rudou planetu použít konec druhého desetiletí tohoto století (za americkou NASA to přednesl 9. května 2001 ředitel Daniel Goldin [1]). Pojdme se podívat na základní parametry cesty na Mars.

Zkoumání Marsu

Prvními dalekohledy byl Mars pozorován již roku 1611, ale až rok 1877 znamenal pro Mars obrovský nárůst popularity: italský astronom Giovanni Schiaparelli objevil na povrchu Marsu domnělé kanály, což vedlo k fantastickým domněnkám osídlení Marsu inteligentními bytostmi. Největší novodobé zvýšení zájmu o Mars se objevilo po tzv. fotkách tváře v oblasti Cydonia (velmi úspěšné mise **Viking** 1976), které bylo ovšem zklidněno novým snímkováním sondou **Mars Global Surveyor** (1996). Je nutné ještě připomenout loňský návrat Marsu na stránky novin a časopisů při jeho největším přiblížení k Zemi.

Od roku 1960 se o dosažení Marsu snažilo více než 30 sond, z toho pouze asi polovinu lze označit za úspěšné mise [2]. První úspěšnou misí byl přílet sondy **Mariner 4** (USA) do blízkosti Marsu dne 14. července 1965, která získala prvních 22 snímků marsovského povrchu. Vůbec celá řada sond Mariner (Mars zkoumaly sondy číslo 4, 6, 7 a 9) vytvořila již před Vikingy unikátní pozorování Marsu v průběhu let 1965 až 1971. Mariner 9 se stal v roce 1971 vůbec první umělou družicí Marsu. Na Mars měly letět i sondy číslo 3 a 8, avšak první z nich nedosáhla plánované dráhy Marsu kvůli ztrátě spojení, druhé se nepodařil start.

Počátky zkoumání Marsu se týkají i tehdejšího Sovětského svazu. Po neúspěchu dvou sond **Marsnik** z roku 1960, které skončily na selhání třetího stupně rakety, a sond **Sputnik 3I** a **Zond 2** nastartoval SSSR program **Mars**. Od roku 1961 do roku 1996 tak bylo na cestu k Marsu posláno celkem 8 sond, z toho 4 úspěšné. Sonda Mars 8, známá spíše jako **Mars 96 Mission**, skončila neúspěšným startem. Od té doby se nyní Rusko misím na Mars vyhýbá.

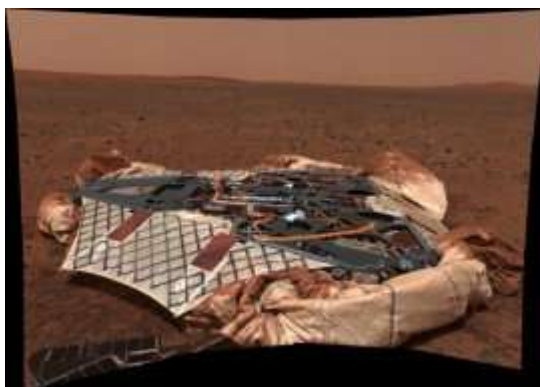
Než vyjmenujeme další úspěchy novodobých amerických misí, je nutné říci, že k Marsu vyslaly své sondy i Japonsko (neúspěšná **Nozomi** z roku 1998, se kterou bylo ztraceno spojení) a také Evropská kosmická agentura (sonda **Mars Express** s roverem Beagle II skončila také po přistání roveru neúspěchem, opět je důvodem nenavázání spojení).

Americká NASA je tak jedinou zemí, která v posledních letech sklízí úspěchy (ale i neúspěchy) zkoumání Marsu. V tabulce vidíte mise od roku 1992:

1992	Mars Observer	neúspěch
1996	Mars Global Surveyor	snímkování vybraných oblastí
1996	Mars Pathfinder	vozítko (3 měsíce práce)
1998	Mars Climate Orbiter	neúspěch
1999	Mars Polar Lander	neúspěch
2001	2001 Mars Odyssey	výzkum (až do července 2004)
2003	Mars Exploration Rover A	vozítko Spirit
2003	Mars Exploration Rover B	vozítko Opportunity (plánované přistání na povrchu 25.1.2004)

Sonda 2001 Mars Odyssey, která pracuje na oběžné dráze Marsu, má 4 hlavní vědecké úkoly: (1) zjistit, zda na Marsu byly podmínky pro život, charakterizovat (2) počasí a (3) geologii Marsu a také (4) připravit pilotovaný průzkum Marsu [3]. Oba rovery (Spirit i Opportunity) mají mimo jiné provádět charakterizaci hornin a půd, a to zejména v souvislosti s možností dřívější existence vody na povrchu, kalibrace a ověřování pozemních průzkumů, hledání geologických stop po okolních přírodních podmínkách [4].

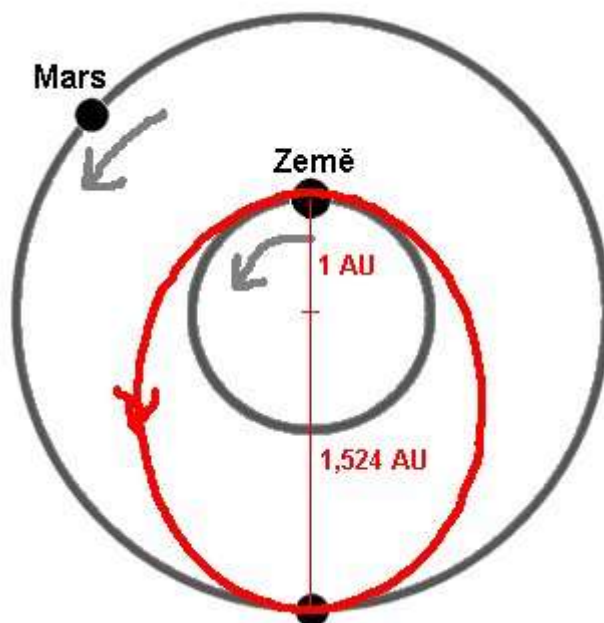
NASA navíc plánuje i další sondy: **Phoenix** (2007), **Mars 2009** a **Mars 2011**.



Nejnovější snímek roveru Spirit z Marsu (viz <http://origin.mars5.jpl.nasa.gov/home/>)

Cesta na Mars

Při plánování pilotovaného letu na Mars se vždy objeví následující program mise: půlroční let, jeden a půl roku pobytu na planetě a půlroční let zpátky. Můžeme si vlastně spočítat, jak dlouho by trvala cesta na Mars, a jak dlouho budeme čekat na zpáteční let? Ač by se reálná expedice odehrávala na trochu složitější trajektorii, s využitím znalosti třetího Keplerova zákona, Hohmanovy trajektorie (energeticky nejvýhodnější trajektorie mezi dvěma planetami) a trochou matematiky elipsy se nám to podaří.



Předpokládejme situaci z obrázku: Země i Mars obíhají ve stejné rovině po kruhových drahách kolem centrálního Slunce (raději ho do obrázku nekreslit). Poloměr dráhy Země je 1 AU (astronomická jednotka = asi 150 miliónů kilometrů), poloměr dráhy Marsu 1,524 AU. Pokud víme, že Země oběhne jednou kolem dokola za 1 rok, potom z Keplerova třetího zákona vyplývá, že

$$\frac{a_{Země}^3}{T_{Země}^2} = \frac{a_{Mars}^3}{T_{Mars}^2}$$

$$a_{Země} = 1 \text{ AU}$$

$$a_{Mars} = 1,524 \text{ AU}$$

$$T_{Země} = 1 \text{ rok}$$

$$T_{Mars} = ?$$

$$\frac{1^3}{1^2} = \frac{1,524^3}{T_{Mars}^2}$$

$$\Rightarrow T_{Mars} = \sqrt{1,524^3} \cong 1,88 \text{ roku}$$

Hohmanova trajektorie je elipsa, která se dotýká obou dvou trajektorií planet (na obrázku červeně). I pro ni platí Keplerův zákon, a tedy čas potřebný na cestu na Mars je polovinou oběhu po Hohmanově trajektorii, neboli

$$\frac{a_{Země}^3}{T_{Země}^2} = \frac{a_{Hohman}^3}{T_{Hohman}^2}$$

$$a_{Hohman} = \frac{a_{Země} + a_{Mars}}{2} = 1,262 \text{ AU}$$

$$\frac{1^3}{1^2} = \frac{1,262^3}{T_{Hohman}^2}$$

$$\Rightarrow T_{Hohman} = \sqrt{1,262^3} \cong 1,42 \text{ roku}$$

Cesta takovou trajektorií tedy trvá asi 0,7 roku, tedy zhruba 8,5 měsíce.

Pro další úvahy si budeme potřebovat určit úhlové rychlosti obou planet. Úhlová rychlost Země je $360^\circ/\text{rok}$, to je v přepočtu asi $0,986^\circ/\text{den}$, úhlová rychlost Marsu je $360^\circ/1,88 \text{ roku}$, tedy $0,524^\circ/\text{den}$. Víme tedy také, že Země "uteče" Marsu za jeden den o $0,462^\circ$. Pro cestu zpátky budeme potřebovat, aby se planeta Země nacházela opět za Sluncem. Během cesty na Mars Země oběhla $255,6^\circ$ - do návratu za Slunce (360°) tedy musí urazit $104,4^\circ$. Jednoduše lze tedy zjistit, že z Marsu lze odstartovat zpět po Hohmanově trajektorii za $104,4/0,462$ dnů, tedy asi 226 dní.

Pokud jste pochopili celý výpočet až sem, nebude pro vás problém odpovědět na následující otázku:

Pokud se nám nepodaří odstartovat na Mars, za jak dlouho můžeme opět vystartovat po Hohmanově trajektorii?

Odpověď: 2,14 roku.

Podmínky na Marsu

Ze všech dalších planet ve sluneční soustavě je planeta Mars tou nejvhodnější pro vznik a vývoj života. Ty úplně nejzákladnější podmínky pro badatelské týmy na Marsu se dají shrnout do následující tabulky [5]:

vlastnost	hodnota	vzhledem k Zemi
tíhové zrychlení	3,69 m.s ⁻²	1/3 zrychlení na Zemi
tlak atmosféry na povrchu	690 - 900 Pa	0,08 % hodnoty na Zemi v nadm. výšce 95 km!
denní rozsah teplot	-86 °C až -31 °C	rozdíl asi - 78 °C!
rychlost větru	průměrná hodnota 25 km.h ⁻¹	běžná i na Zemi

Pokud se tedy někdy člověk vydá na Mars, dobré by byly zkušenosti z možné základny na Měsíci, minimálně však zkušenosti s dlouhodobým pobytem člověka na Mezinárodní kosmické stanici.



Výřez z prezidentského panorama Marsu (<http://www.astro.cz/apod/ap000514.html>)

Etapy kolonizace - plány

Už před projevem G. Bushe [6] byla NASA na cestu na Mars teoreticky připravena. Stanovila si i základní etapy kolonizace:

1. Nejprve je nutné **dostavět Mezinárodní kosmickou stanici**. Na této stanici je možné dělat základní výzkum života při mikrogravitaci, testovat nové materiály využitelné pro kosmické základny na dalších tělesech.
2. Výzkum se také musí zabírat **dlouhodobým pobytem člověka v kosmu**. Tzv. astrobiologie se tedy stane jednou z hlavních vědeckých oblastí výzkumu na ISS.
3. Před vlastní cestou člověka na Mars je nutné **provést nepilotovanou simulaci letu posádky** na tuto planetu.
4. Předstupněm cesty (která bude nejen dlouhá při vlastní cestě, ale i pobytem na planetě), je zvládnout dlouhodobý pobyt člověka na Měsíci. Základem úspěchu je tedy **postavit a provozovat základnu na Měsíci** - našem nejbližším sousedu.
5. Konečně přichází **vlastní cesta na Mars**.

Fantastické nápady teramorfizace planety Mars, což je vlastně dlouhodobý proces přeměny planety Mars na pro člověka bez skafandru příhodnou planetu, se zdají být opravdu doménou sci-fi snů.



Futuristické vize přistání astronautů na Marsu (NASA)

Co nám cesta na Mars přinese?

Proč se vydávat na Mars? Jedním z hlavních důvodů (pro Američany) je určitě podpora průmyslu ve státech, ve kterých se nacházejí kosmické závody. Taková vize může přinést velký nárůst výroby. Dalším důvodem (a to pro Bushe Jr.) je jistě možnost porovnat se s bývalým prezidentem J.F. Kennedym, který něco podobného (včetně úspěchu, kterého se nedožil) udělal v 60. letech 20. století. A politicky by to bylo i vítězství celého klanu Bushů - Bush starší prohlásil za svého prezidentství, že by se rád dočkal v roce 2019 nového velkého kroku pro lidstvo (přesně 50 let po vyvrcholení programu Apollo).

Vědecky by byl takový krok jistě také velký. Každé dobytí nového prostoru znamená rozvoj. ("Jen" objevením Ameriky se mimo jiné dostaly do Evropy nové druhy plodin.) Co znamenalo pro lidstvo dobytí Měsíce [7]?

- Nové technologie materiálů: nové speciální oceli o vysoké pevnosti, kvalitní slitiny (včetně titanových slitin), technika lepení kovů (dobré pro letecký a automobilový průmysl), ohnivzdorné lamináty, vývoj pěnových polyuretanů (vhodných pro izolaci ve stavebnictví ale i v ortopedii!).
- Miniaturizace a vývoj počítačových komponent.
- Přínos pro biologii a lékařství: vývoj zařízení pro přenos dat z těl astronautů do pozemského řídicího střediska přinesl pokrok diagnóz a zpracování. Kosmická technologie přispěla k vývoji umělého srdce a ledvin. Nové kryogenní techniky umožňují zmrazování v chirurgii, ale i při skladování krve, tkání a plazmy.
- Užití družic přineslo úspěchy v sestavování map geotermální aktivity, v předpovědích počasí, zjišťování center lesních požárů i zemětřesení. Měření ze sítě čtyř na Měsíci umístěných seismometrů odhalila desetitisíce otřesů a také pádů meteoritů.
- Základním výsledkem bylo jistě zjištění, že Země a Měsíc vznikly z téhož materiálu. To dosvědčuje stejné zastoupení izotopů kyslíku v horninách Země i ve vzorcích dovezených z Měsíce.
- S pomocí doposud funkčních pasivních laserových odrážeců z Apolla 11, 14 a 15 (dodnes funkčních) zkoumáme vzdalování Měsíce od naší planety, a tím upřesňujeme poznatky o pohybech Země i Měsíce.

Investice do kosmického dobývání se tedy několikanásobně vrátí. Stejně to zatím vypadá tak, že lidstvo si cestou na Mars určitě nepoložilo nespílitelné plány, jednotlivé kosmické projekty tím spíše dostaly cíl směřování. Jak kdosi poznamenal, je lepší dát peníze na cestu na Mars, než je poslat armádě. (Ač byla podle některých historiků druhá světová válka opravdovým boomem pro moderní technologie.)

Poznámka:

Text je úpravou přednášky, přednesené v listopadu 2003 jako *Cesta na Mars* zájmovému kroužku na Gymnáziu Ch. Dopplera v Praze.

Literatura:

- [1] Pacner K.: *Lidé na Mars: začátek nových kolumbovských cest*. Deník MF Dnes 18. května 2001 (str. Věda 1-2).
- [2] Chronologie dobývání Marsu (http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/chronology_mars.html).
- [3] Malá encyklopedie kosmonautiky (<http://mek.kosmo.cz>).
- [4] Mars Exploration Rover Mission (<http://origin.mars5.jpl.nasa.gov/home/>).
- [5] Heuseler, H. a kolektiv: *MARS - Pathfinder, Sojourner a dobývání rudé planety*. Mladá Fronta, Praha, 1999.
- [6] [projev George W. Bushe \(14/01/2004\)](#).
- [7] Lončák, O.: *Proč je dobré být na Měsíci*. Letectví a kosmonautika 9/1970 (http://mek.kosmo.cz/pil_lety/usa/apollo/lkb.htm).

Dodatek - Základní teze projevu George W. Bushe:

Bush nejprve vyjmenoval základní úspěchy vesmírného programu:

- Zkvalitnění předpovídání počasí.
- Zkvalitnění světové komunikační sítě (satelitní komunikace a GPS).
- Prohloubení poznatků v počítačových a vyhledávacích vědách, v robotice a elektronice.
- Prohloubení lékařských technologií (původ výzkumu počítačové tomografie a magnetické rezonance je spojen s kosmickým výzkumem).

Nemohl vynechat ani úspěchy více než sta misí raketoplánu, výstavbu mezinárodní kosmické stanice, objevy extrasolárních planet novými dalekohledy či nedávný úspěch NASA v podobě roveru *Spirit* na Marsu. Přesto zůstává mnohé k objevování. Jak sám řekl: *"V posledních třiceti letech nevstoupil žádný člověk na jiný svět, nedostal se do vesmíru dále než na vzdálenost 386 mil, což je vzdálenost mezi Washingtonem, D.C. a Bostonem v Massachusetts. Za poslední čtvrtstoletí Amerika nevyvinula žádný nový dopravní prostředek pro zkvalitnění výzkumu vesmíru."*

Hlavním obsahem projevu bylo nastínění nového plánu dobývání vesmíru a rozšíření působení člověka ve sluneční soustavě. Komise, jejímž předsedou se stal šéf *Air Force* Pete Aldrich, bude mít za úkol do čtyř měsíců po první schůzce předat prezidentovi zprávu o zapojení veřejného i soukromého sektoru do následujících cílů:

1. **Dostavět mezinárodní kosmickou stanici do roku 2010.** *"Dokončíme, co jsme začali."*
Ke splnění tohoto cíle je potřeba co nejdříve obnovit lety raketoplánu, a to tak, aby vyhovovaly novým bezpečnostním předpisům a doporučením vyšetřovací komise po tragédii raketoplánu *Columbia*.
2. **Vyrobít a otestovat nový dopravní prostředek (Crew Exploration Vehical - CEV) do roku 2008.**
"Půjde o první kosmický dopravní prostředek tohoto druhu po řídicím modulu Apollo ."
Cílem je samozřejmě nahradit raketoplán a uskutečnit člověkem řízenou misi do roku 2014.
3. **Vrátit se na Měsíc do roku 2020...** *"...jako prostředku pro mise do ještě vzdálenějších světů."*
Od roku 2008 má být posláno velké množství sond na měsíční povrch, aby tam zkoumaly, a vlastně tak připravily budoucí lidskou misi. Od roku 2015 má být využito CEV pro mise astronautů směrem k Měsíci.

Na závěr svého výčtu citoval George Bush posledního člověka na Měsíci Eugena Cernana, který řekl: *"Opouštíme Měsíc tak, jak jsme na něj přišli, a dá-li bůh, opět se na něj vrátíme. V míru a s nadějí pro celé lidstvo."* V projevu se objevila i myšlenka člověkem řízené mise na Mars: *"Měsíc je pouze logickým krokem k dalšímu pokroku a úspěchu. Se znalostmi a zkušenostmi z Měsíce budeme připraveni na další kroky dobývání vesmíru: vyslání člověka na Mars a další světy."*