

Gymnázium a Obchodní akademie, Orlová, p.o., Masarykova tř. 1313,
735 14 Orlová-Lutyně

Seminární práce ze semináře a cvičení z fyziky

Kolonizace Marsu

OBSAH

Úvod	3
1. Proč nám Země nemusí stačit	4
2. Organizace usilující o kolonizaci Marsu	5
2.1 SpaceX	5
2.2 NASA – National Aeronautics and Space Administration	5
3. Proč jsme si vybrali Mars	6
3.1 Podobnosti a odlišnosti Marsu a Země	6
4. Co je třeba vyřešit a vymyslet.....	7
4.1 Vysoké náklady na cestu a jak je snížit.....	7
4.1.1 Znovupoužitelnost raket	7
4.1.2 Jak na palivo do raket	7
4.2 Zajišťování životních potřeb	8
4.2.1 Zajištění pitné vody a potravy	8
4.2.2 Zajištění dýchatelného vzduchu a zahřátí atmosféry.....	9
4.2.3 Zajištění přístřeší	9
Závěr	11
Seznam použitých zdrojů.....	12
Obrázkové přílohy	14

ÚVOD

Kolonizace Marsu je dalším stupínkem a výzvou na cestě poznávání neznámého v otevřeném vesmíru.

Cílem této seminární práce je přiblížit čtenáři téma kolonizace Marsu a seznámit ho s překážkami, které mohou v průběhu snahy o osídlení této planety nastat, a s hrubým nastíněním průběhu případného stěhování na planetu, která je naší nadějí při snaze lidstva stát se meziplanetárním druhem.

Práce se dále zabývá původy snahy vymezit se závislosti na planetě Zemi a shrnuje nejznámější propagátory kolonizace Marsu. Popisuje možnosti snížení nákladů cesty na Mars, srovnává podmínky k životu Marsu s těmi na Zemi a zabývá se řešením zásadních rozlišností obou planet. Dále rozebírá postupy při zajišťování nezbytných potřeb k životu.

1. PROČ NÁM ZEMĚ NEMUSÍ STAČIT

K hledání nového domova a k tomu, abychom se stali rasou nezávislou na planetě Zemi, existuje několik dobrých důvodů. Pro budoucí vývoj lidstva se totiž nabízí pouze dvě možnosti.

První možností je zůstat na Zemi a čekat, co se bude dít dál. Na první pohled zcela v pořádku, ale může nastat plno případů, kdy nám zkrátka již Země stačit nebude. Rozeberme pár z nich.

Může se například stát, že lidstvo zachvátí celosvětová pandemie podobně, jako tomu bylo v roce 1918. V roce 1918 vypukla tzv. Španělská chřipka. Touto nemocí onemocnělo 50 % tehdejší populace a až 20 % nakažených zemřelo. [1]

Dalším důvodem je nevyhnutelné přelidnění planety. Do roku 2050 má vystoupat počet obyvatel na téměř 10 miliard. Do stejného roku má hranici 300 milionů obyvatel překonat 6 zemí světa. V daném časovém úseku, tj. 2019–2050, se má nejvíce navýšit počet obyvatel afrického kontinentu a Indie má populaci překonat Čínu. [2] (viz obr. 1 až 4) Tento trend a exponenciální růst světové populace se zdá být nevyhnutelným a jeví se jako zřejmé, že dříve nebo později nastane doba, kdy bude planeta jednoduše přelidněná.

V neposlední řadě může nastat jakákoli katastrofa, která způsobí vyhynutí lidstva. Z historického hlediska je to velmi pravděpodobná varianta a zdá se nereálné, že lidstvo bude na naší domovské planetě na věky věků. A po tom všem, jaké věci lidstvo dokázalo, jak dlouhým vývojem prošlo a na jakou technologickou úroveň se dostalo, by byla škoda, kdyby se vytratilo ze světa kvůli katastrofě, které se neumělo bránit, nebo ji předpovědět.

Druhou možností je tedy pokračovat ve snaze stát se meziplanetárním druhem. Vzhledem k tomu, kolik úsilí je v současné době vynakládáno na to, aby se tento scénář stal realitou, jeví se tento plán jako velmi pravděpodobná budoucnost. Tato touha, dostávat se dál a poznávat neznámé, je zakořeněná ve všech z nás. Tento instinkt, který nás nutí objevovat nové a být zvědavými, je totiž vrozený. Stejně jako se naši prapředci vydali před více než 200 000 let z afrického kontinentu do všech koutů celého světa, i my se chceme dále vyvíjet a rozšiřovat pole své působnosti. [3] (viz obr. 5) A jelikož zeměkouli již máme velmi podrobně zmapovanou, přesouvá se ohnisko zájmu do dalšího neznáma – do vesmíru.

2. ORGANIZACE USILUJÍCÍ O KOLONIZACI MARSU

Vlastní vesmírný program má mnoho zemí po celém světě, avšak jen některé společnosti se význačným způsobem věnují Marsu a jeho kolonizaci. Nejzvučnějšími jsou v tomto odvětví jednoznačně SpaceX a NASA. U obou se v zájmu dalších kapitol této seminární práce krátce zastavíme.

2.1 SpaceX

Společnost SpaceX založil Elon Musk v roce 2002 z peněz z prodaného podílu ve své firmě PayPal.

Cílem při zakládání společnosti bylo mimo jiné snížení nákladů na lety do vesmíru a dopravit lidi na povrch Marsu. Od roku 2010 se kolonizací Marsu zabývá jako svým hlavní cílem do budoucích let. V roce 2012 představila plán na vybudování kolonie na Marsu pro 80 000 lidí. Od roku 2013 plánuje tzv. Meziplanetární dopravní systém, který zahrnuje častější cestování mezi Zemí, Marsem a Měsícem, stejně jako vývoj znovupoužitelných raket, na kterých je tento systém z finančních důvodů závislý. [4] V roce 2016 potom Elon Musk prezentoval plán na kolonizaci Marsu, která má cestu na Mars umožnit a kde se znovu zmínil o tom, jak zásadní je pro snížení nákladu znovupoužitelnost raket. [5] Takový prototyp rakety společnost SpaceX již dokončila a na konci září roku 2019 představila. Jmenuje se Starship MK1 a na podzim roku 2019 by měla být vyslána do výšky 20 km a vrátit se zpět. Skutečná raketa Starship má být potom asi dvakrát delší, tj. 118 m, přepravovat náklad o hmotnosti až 100 tun a vlézt se do ní má až 100 lidí. [5]

2.2 NASA – National Aeronautics and Space Administration

Národní úřad pro letectví a kosmonautiku (přeloženo z anglického NASA) vznikl v roce 1958 jako americká vládní agentura. [6]

Poprvé se Marsem zabývala sonda Mariner 3, která ale po vyčerpání energie z akumulátorů přestala vysílat. [7] Úspěšnější byla sonda Mariner 4, která nám zařídila prvních 22 fotografií z bezprostřední blízkosti planety. [8] (viz obr. 6)

Dalším velkým úspěchem bylo přistání vozítka Sojourner mise Mars Pathfinder v roce 1997. Ve stejném roce dosáhla oběžné dráhy Marsu sonda Mars Global Surveyor. Podle posledních plánů, se NASA chystá vyslat první posádku na Mars v letech 2035-2040. [6]

3. PROČ JSME SI VYBRALI MARS

Možnosti lidstva osídlit jinou planetu naší Sluneční soustavy jsou velmi omezené. Merkur je kvůli své vzdálenosti ke Slunci a velkým teplotním výkyvům neobyvatelný a nepřipadá tedy v úvahu. Na Venuši nejsou podmínky k životu o nic lepší, spíše naopak. Venuše má velmi hustou atmosféru a mraky s dšťící kyselinu sírovou. Na Venuši je kvůli husté atmosféře téměř stále vyrovnaná teplota, která šplhá až na 500 °C. [9] Teoreticky bychom mohli na některý z měsíců Jupitera, ten už je ale velmi vzdálený a bylo by komplikované se k němu dostat. Dále bychom ještě mohli osídlit na Měsíc. Přece jen jsme již v minulosti dokázali se na Měsíc dostat, víme o něm mnohem více než o Marsu a je podstatně blíže. Nicméně Měsíc je mnohem menší než Mars a není tak bohatý na přírodní zdroje jako právě Mars. Plocha Měsíce je asi 3,82krát menší než plocha Marsu a nemá žádnou atmosféru. [10][11] S Jupiterem jsme se navíc dostali daleko od Slunce, a proto nám prakticky zbývá jediná možnost – Mars.

3.1 PODOBNOSTI A ODLIŠNOSTI MARSU A ZEMĚ

Obě zmíněné planety jsou si v mnoha ohledech velmi podobné. Vyskytují se také názory, že Mars kdysi vypadal velmi podobně jak Země. Existují ale i rozdíly, u kterých budeme muset vymyslet, jak je co nejvíc zmenšit.

Podobností Marsu se Zemí je spousta. Den na Marsu trvá asi 24 hodin a 40 minut. Velikost plocha Marsu se rovná 28,4 % té zemské. Zde je ale třeba si uvědomit, že podstatnou část plochy Země tvoří voda. Mars je tedy plochou pevniny menší zhruba jen o polovinu USA, tj. asi 4,1 milionů km. V procentech se tento rozdíl rovná asi 3, proto lze považovat velikost pevné plochy za podobnost. Rudá planeta má velmi srovnatelný sklon osy s tím zemským. Tím jsou zajištěny roční období podobná těm na Zemi. Rok na Marsu je asi 1,88krát delší. Mars má stejně jako Země atmosféru. Ta ochraňuje planetu před slunečním a kosmickým zářením a vesmírnou radiací. Tato atmosféra je však velmi tenká, tj. asi 0,7 % té zemské, a obsahuje 95 % oxidu uhličitého. Dá se tedy přirovnat k vakuu. Člověk, který by se na povrchu pohyboval bez skafandru by během 20 sekund ztratil vědomí. Dalším problémem je tlak, který je asi 145krát menší než na Zemi. Mars navíc nemá magnetické pole a nemůže se proto bránit před slunečním větrem. [5] [odstavec - 11]

4. CO JE TŘEBA VYŘEŠIT A VYMYSLET

Dnešní největší překážkou jsou bezpochyby finance. V současné době není možno na Mars letět ani, kdyby někdo vlastnil všechny prostředky světa. Taková služba není k dispozici. Až se dostaneme na technologickou úroveň, kdy toho budeme schopni, bude velmi důležité, aby se našli lidé, kteří budou chtít na Mars letět a zároveň si to budou moct dovolit. Je proto zásadní, aby bylo cestování vesmírem co nejvíce finančně dostupné. Dále je třeba vyřešit, čím se budou lidé na Marsu živit a co budou pít. Mimo to musíme oproti Zemi řešit také dýchatelný vzduch. A konečně potřebujeme také přístřeší, už jen kvůli tlaku, o kterém se psalo v minulé kapitole.

4.1 VYSOKÉ NÁKLADY NA CESTU A JAK JE SNÍŽIT

Snižování nákladů na vesmírný program není jednoduchý proces, avšak zdá se, že existují cesty a možnosti, kterými lze dosáhnout velkého pokroku.

4.1.1 ZNOVUPOUŽITELNOST RAKET

Se znovupoužitelností je to stejné jako s jakýmkoliv jiným dopravním prostředkem. Kdyby například bylo auto, které se dnes běžně používají, pouze na jedno použití, jeho cena by byla tak vysoká, že by si ho skoro nikdo nemohl dovolit. Tím, že auto nemusíme po každém použití sešrotovat, ale používat víckrát, výrazně snižujeme cenu jedné cesty. Stejný princip by mohl fungovat i raket. Společnost SpaceX na takových raketách pracuje již velmi dlouho a v roce 2019 představila první znovupoužitelnou raketu Starship (viz kapitolu 2.1). Do této rakety se vejde až 100 lidí, což je také velmi důležitým faktorem. Čím více lidí se do lodě vejde, tím levnější bude cesta na osobu. SpaceX počítá s tím, že Starship půjde použít až 12krát. [5]

Nicméně zajisti plnou znovupoužitelnost raket je obtížné, protože na Mars můžeme letět pouze jednou za 26 měsíců, když je k nám Mars nejbližší. [11]

4.1.2 JAK NA PALIVO DO RAKET

Palivo tvoří podstatnou část hmotnosti každé rakety. V roce 2016 tedy představil Elon Musk světu svůj nápad, týkající se „znovunatankování“ na oběžné dráze. (viz obr. 4) Pokud by byl schopný doplnit palivo na oběžné dráze, mohl by zmenšit nádrž rakety a zvětšit tím její efektivitu. Celý proces by měl probíhat následovně. Nejprve odstartuje raketa, kterou vynese na oběžnou dráhu tzv. booster. Ten se poté od rakety oddělí a vrátí se zpět na Zemi, aby mohl odstartovat další raketu. Znovupoužitelnost boosteru se

pohybuje okolo 1000 použití. Na oběžné dráze se do rakety načerpá palivo z tankerů, které se po vyčerpání paliva také mohou vrátit na Zemi. Tankery doplňující raketám palivo na oběžné dráze mohou být použity až 100krát. Raketa poté dále pokračuje na Mars. [5] (viz obr. 8)

Kritickým bodem v ceně a efektivitě je důležitá správná volba hnacího paliva. Je obzvláště důležité, aby palivo zbytečně nezvětšovalo velikost raket a tankerů, bylo cenově přijatelné a šlo produkovat na Marsu. V úvahu připadají tři možnosti – letecký petrolej, tekutý vodík a metan. Nejlepší volbou z těchto tří pohonných hmot vzhledem k požadavkům je jednoznačně metan. Není prostorově náročný, je cenově nejpríjemnější a dá se velmi dobře produkovat na Marsu. [5] (viz obr. 9)

Pro budování kolonizace by nedávalo smysl, kdyby rakety létaly pouze na Mars. Po nějaké době by byl přeplněn raketami a je proto důležité, aby létaly také zpět, což souvisí s kapitolou 4.1.1. Aby toto bylo možné je třeba zajistit zdroj pohonné hmoty také na Marsu. Je nereálné dopravit si palivo na cestu zpět s sebou. To je na Marsu dost dobře možné díky velkému množství oxidu uhličitého v atmosféře. Díky tomuto složení je možné produkovat metan – CH_4 a kyslík – O_2 . Ten se může následně zkapalnit a uložit do tankerů. [5] (viz obr. 10)

4.2 ZAJIŠŤOVÁNÍ ŽIVOTNÍCH POTŘEB

Dosažením povrchu Marsu starosti o přežití zdaleka nekončí. Je bezpodmínečně nutné, aby byly zajištěny základní životní potřeby. Jak již bylo zmíněno v úvodu kapitoly, jedná se o pitnou vodu, dýchatelný vzduch, potravu a přístřeší.

4.2.1 ZAJIŠTĚNÍ PITNÉ VODY A POTRAVY

Je notoricky známo, že základní složkou života je voda. Zajištění pitné vody na Marsu není nepřekonatelným problémem. Od roku 2007 NASA na Marsu odhaduje takové množství vody, že kdyby roztála pouze jižní polární oblast, celá planeta by byla zatopena 11m vrstvou. [13] Voda se na Marsu vyskytuje převážně ve formě ledu, ale i v tekuté formě. To ukázal průzkum NASA v roce 2015. [14] (viz obr. 11) Kromě ledu a tekuté formy, se voda také vyskytuje v permafrostu anebo jako součást podzemní vody. [16] To vše jsou případné dostupné zdroje vody.

Potrava je dalším problémem, se kterým se na Marsu, budeme muset vypořádat. Do té doby, než na Marsu poteče voda, budeme muset pěstovat potravu hydroponicky. To znamená, že se bude pěstovat bez půdy, v živném roztoku. [17] Touto cestou ale

budeme schopni vyprodukovat pouze 15 % - 20 % potřebného množství. Zbytek bude muset dorazit ze Země v usušené podobě. [18]

4.2.2 ZAJIŠTĚNÍ DÝCHATELNÉHO VZDUCHU A ZAHŘÁTÍ ATMOSFÉRY

Zajištění dýchatelného prostředí může být již znatelně náročnější úkol, stejně jako zajištění ohřívání Marsu. Atmosféra na Marsu, jak již bylo v předchozích kapitolách zmíněno, moc člověku do karet nehraje. Je velmi tenká a z 95 % tvořena CO_2 . [19] Atmosféru bychom však mohli zahřátím Marsu rozšířit. Tím by se nejen zvětšila atmosféra, ale roztál by také led, který je na povrchu zmrzlý a tím by se vytvořili na Marsu vodní plochy. Kromě ledu je na povrchu Marsu také tzv. suchý led – zmrzlý oxid uhličitý. Ten by zahřátím sublimoval do atmosféry a spustil by skleníkový efekt, který by byl schopný planetu dále zahřívát. Tímto rozšířením atmosféry bychom postupně zvětšovali tlak na planetu. Poté bude možné vysadit rostliny schopné fotosyntetizovat, což také velmi napomůže přeměně tamější atmosféry. Tímto bychom postupně získali ozonovou vrstvu. Sluneční radiace totiž rozkládá O_2 a tvoří plyn ozon. To by zajistilo ochranu před UV zářením ze Slunce. Nápadů, jak zajistit prvotní zahřátí Marsu ale moc není. Jedním z nich je vyslat na oběžnou dráhu Marsu velké zrcadlo, které by odráželo sluneční svit na planetu v oblasti asi jednoho čtverečního kilometru. Taková dodatečná energie by byla schopna zahřát povrch asi na 20 °C, tedy teplotu dostatečnou k tomu, aby roztály čepičky tvořené zmrzlou vodou. [20] (viz obr. 12)

Řešením dýchatelného prostředí se zabývala i NASA. Vědec Michael Hecht z MIT, který s NASA spolupracuje, vyvinul zařízení, které je schopné produkovat kyslík z oxidu uhličitého. Toto zařízení se nazývá MOXIE a v roce 2020 ho NASA otestuje přímo na Marsu. (viz obr. 13) Je spočítáno, že malá verze tohoto zařízení, kterou posádka dalšího velkého roveru, který na Mars poletí, udrží na živu jednoho člověka po celou dobu mise. MOXIE je navrženo tak, aby se dalo zvětšit v poměru 1:100. Zařízení nasaje atmosféru Marsu (převážně CO_2) a vyprodukuje O_2 , tedy kyslík. [21] Zařízení je ovšem teprve ve fázi testování a na to, zda je možno použít ve velkém rozsahu, si budeme muset počkat do roku 2020.

4.2.3 ZAJIŠTĚNÍ PŘÍSTŘEŠÍ

Zajištění přístřeší opět není triviálním problémem. Je třeba zajistit takové místo, které by nás chránilo před sluneční radiací a před nízkým tlakem. První lidská posádka, která na Mars dorazí bude muset přežívat v raketě, kterou přiletěli. Nebudou zde ale moci

zůstat příliš dlouho kvůli zmíněné radiaci, před kterou je raketa neuchrání. Lidé budou muset přežívat pod povrchem, v jeskyních, nebo lávových tunelech. Díky výzkumům již dnes víme, že na Marsu jich opravdu spousta, jen je není lehké najít, jelikož jsou pod povrchem. [22] Lávové tunely jsou, místa, kudy kdysi proudilo magma. Dnes tvoří lávové tunely obrovské prostory pod povrchem, které by mohly být obyvatelné. [23] (viz obr. 14) Chrání totiž nejen před sluneční radiací ale také před výkyvem teplot.

Pod povrchem bychom ale asi nechtěli žít věčně. Dle průzkumu NASA je půda Marsu perfektní k vypalování cihel. To je velmi důležité, je to totiž další položka, kterou na Mars nebude třeba dopravit ze Země. Z těchto cihel bychom mohli postavit obydlí také na povrchu. Dostatečně tlusté stěny by nás tak chránily před sluneční radiací. [18]

Tým NASA také plánuje vystavět na povrchu průhledné nafukovací kupole, připomínající skleníky. NASA se také domnívá, že mnohem pravděpodobnější je varianta, kdy se na Mars vyšle posádka robotů, která té lidské připraví obydlí k životu. Lidská posádka by tak po přiletu na Mars měla již základní přístřeší připravené. [22]

Do té doby, než na Marsu vytvoříme tlustší atmosféru, která pomůže zvětšení tlaku na povrchu této planety, budou všechna obydlí muset být natlakovaná. To je důvod, proč musí být relativně malá, jejich průměr se může pohybovat v řádech desítek, maximálně stovek metrů. To bude na dlouhou dobu jediný způsob, jak na povrchu Marsu přežít. [22] Doba, kdy na Marsu budeme moci přežívat bez speciálně natlakovaných přístřeší a speciálních skafandrů, je zatím vzdálená.

ZÁVĚR

V práci byly rozebrány hlavní body a nejdůležitější aspekty kolonizace Marsu. Čtenář se dozvěděl o překážkách, které v cestě na Mars a jeho kolonizaci stojí, a byly mu předloženy možnosti řešení těchto překážek.

Jeví se jako velmi pravděpodobné, že se v budoucnu skutečně začnou stěhovat první lidé a zakládat na Marsu kolonie. Nyní jen záleží na tom, jak rychle se v této oblasti vývoje bude postupovat. Všechny otázky, které lidstvu Mars doposud položil, jsme byli schopni zodpovědět. Teď je na řadě chystat lidstvo a technologie na další krok – cestu na rudou planetu s cílem kolonizovat.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

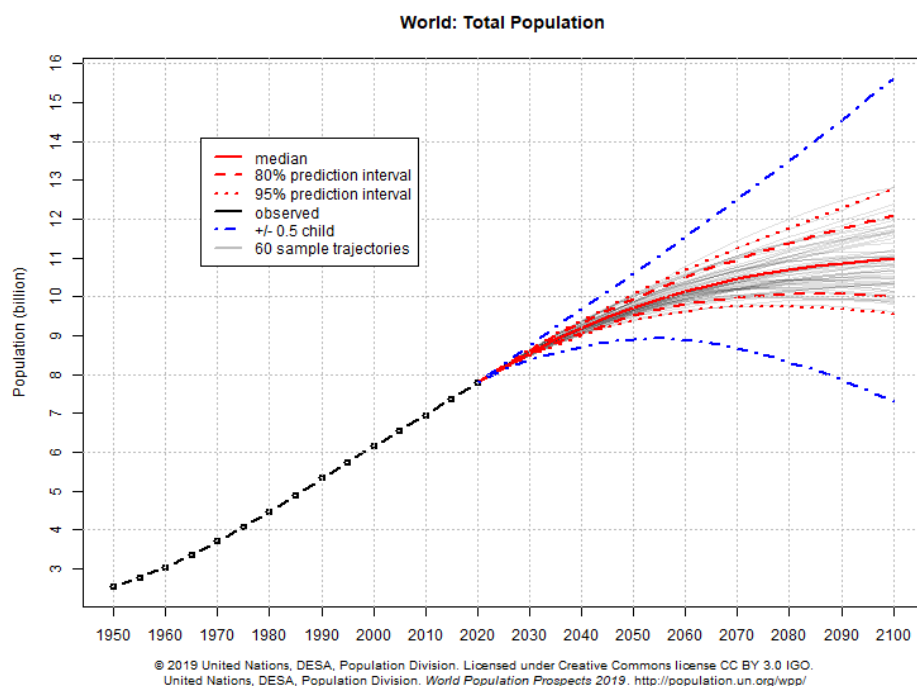
1. Spanish flu, Wikipedia.org
https://en.wikipedia.org/wiki/Spanish_flu
2. V roce 2050 bude na světě 10 miliard lidí, Ekolist.cz
<https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/v-roce-2050-bude-na-svete-10-miliard-lidi-neni-jasne-jak-se-lidstvo-uzivi>
3. Člověk moudrý, Wikipedia.org
https://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8Clov%C4%9Bk_moudr%C3%BD
4. Elon Musk / SpaceX, Wikipedia.org
https://en.wikipedia.org/wiki/Elon_Musk#SpaceX
5. Making Humans a Multiplanetary Species, Youtube.com – SpaceX
https://www.youtube.com/watch?v=H7UyfqI_TE8
6. NASA, Wikipedia.org
<https://en.wikipedia.org/wiki/NASA>
7. Mariner 3, Wikipedia.org
https://en.wikipedia.org/wiki/Mariner_3
8. Mariner 4, Wikipedia.org
https://en.wikipedia.org/wiki/Mariner_4
9. Venuše, Wikipedia.org
[https://cs.wikipedia.org/wiki/Venu%C5%A1e_\(planeta\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Venu%C5%A1e_(planeta))
10. Měsíc, Wikipedia.org
<https://cs.wikipedia.org/wiki/M%C4%9Bs%C3%ADc>
11. Mars, Wikipedie.org
[https://cs.wikipedia.org/wiki/Mars_\(planeta\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Mars_(planeta))
12. Kolonizace Marsu, Wikipedia.org
https://cs.wikipedia.org/wiki/Kolonizace_Marsu
13. Mars' South Pole Ice, NASA
https://www.nasa.gov/mission_pages/mars/news/mars-20070315.html
14. NASA Confirms Evidence Of Liquid Water on Mars, NASA
<https://www.nasa.gov/press-release/nasa-confirms-evidence-that-liquid-water-flows-on-today-s-mars>

15. Water on Mars, Wikipedia.org
https://en.wikipedia.org/wiki/Water_on_Mars
16. Hydroponie, Wikipedie.org
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Hydroponie>
17. Stephen Petranek - Your Kids Might Live On Mars., Youtube.com/TED
<https://www.youtube.com/watch?v=t9c7aheZxls>
18. Atmosféra Marsu, Wikipedia.org
https://cs.wikipedia.org/wiki/Atmosf%C3%A9ra_Marsu
19. Space mirrors could create Earth-like haven on Mars, NewScientist.com
<https://www.newscientist.com/article/dn10573-space-mirrors-could-create-earth-like-haven-on-mars/>
20. MOXIE, Wikipedia.org
https://en.wikipedia.org/wiki/Mars_Oxygen_ISRU_Experiment
21. Building Shelter | How To Survive On Mars, Youtube.com/NationalGeographic
<https://www.youtube.com/watch?v=A3crw903HU0>
22. Lávový tunel, Wikipedia.org
https://cs.wikipedia.org/wiki/L%C3%A1vov%C3%BD_tunel

OBRÁZKOVÉ PŘÍLOHY

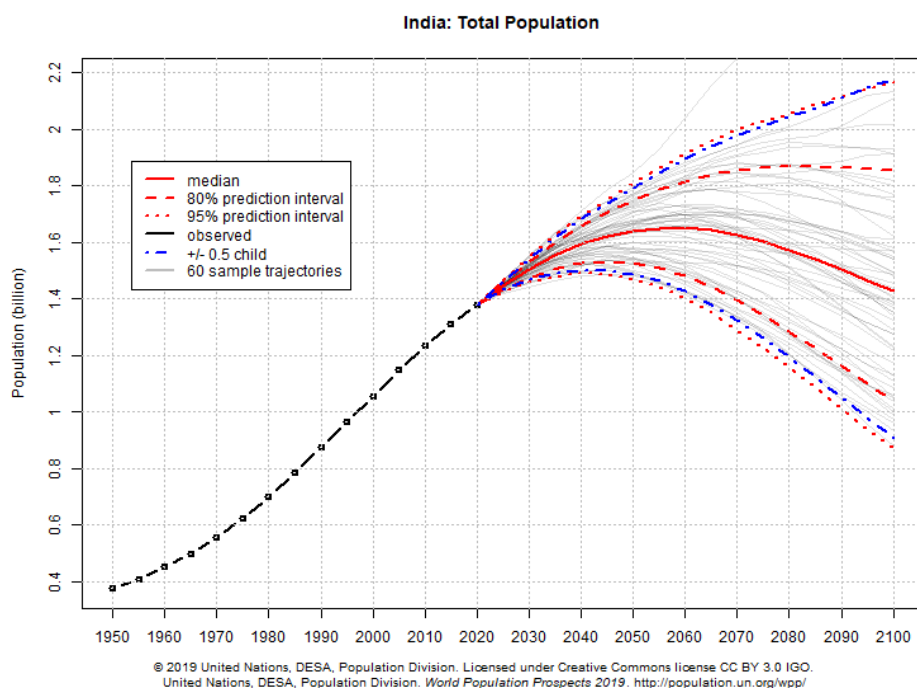
1. Predikce celkové světové populace do roku 2100 (OSN)

<https://population.un.org/wpp/Graphs/Probabilistic/POP/TOT/900>



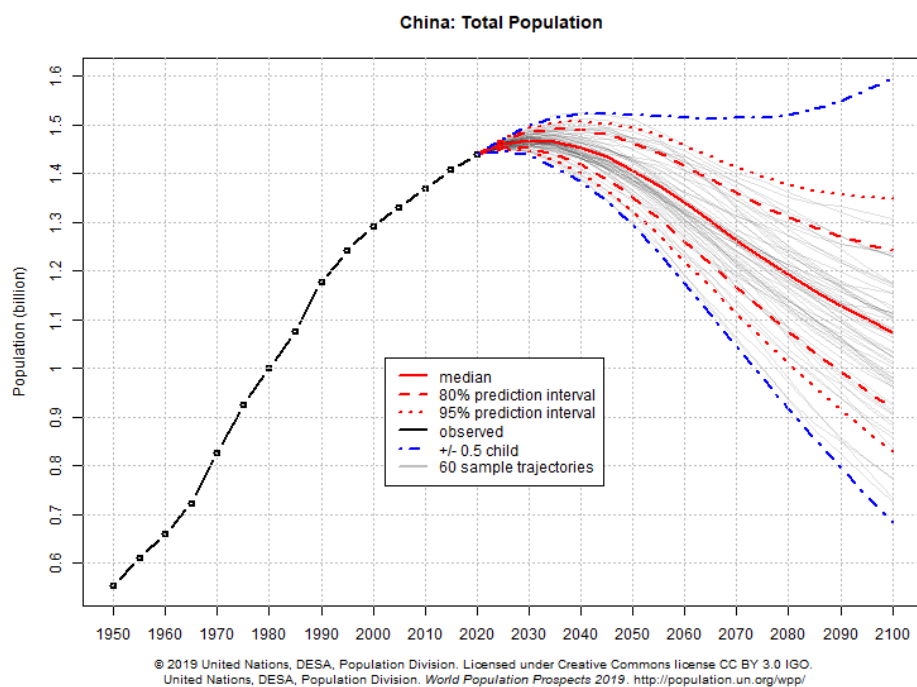
2. Predikce populace Indie do roku 2100 (OSN)

<https://population.un.org/wpp/Graphs/Probabilistic/POP/TOT/356>



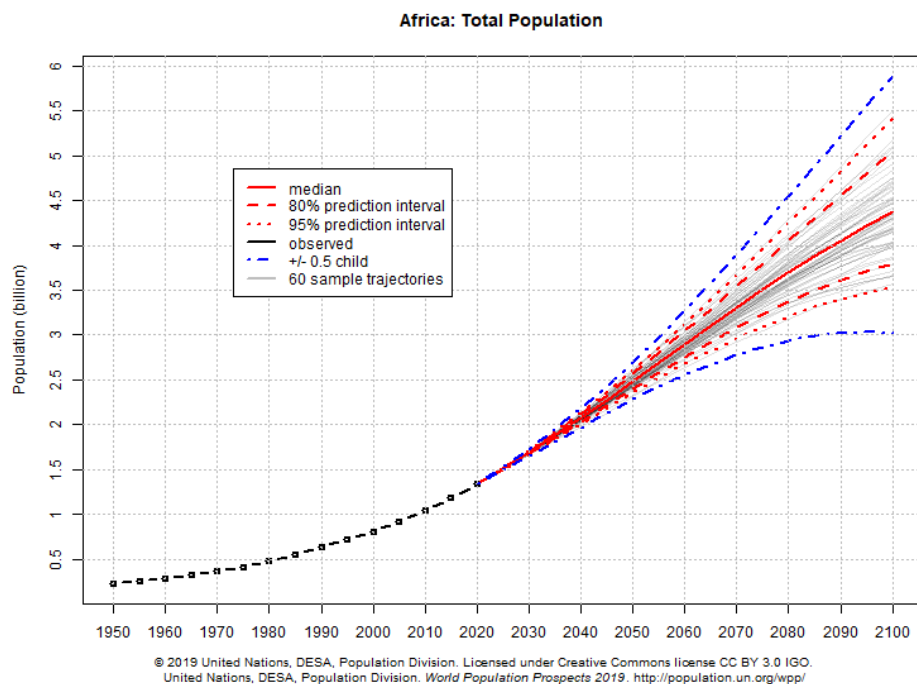
3. Predikce populace Číny do roku 2100 (OSN)

<https://population.un.org/wpp/Graphs/Probabilistic/POP/TOT/156>



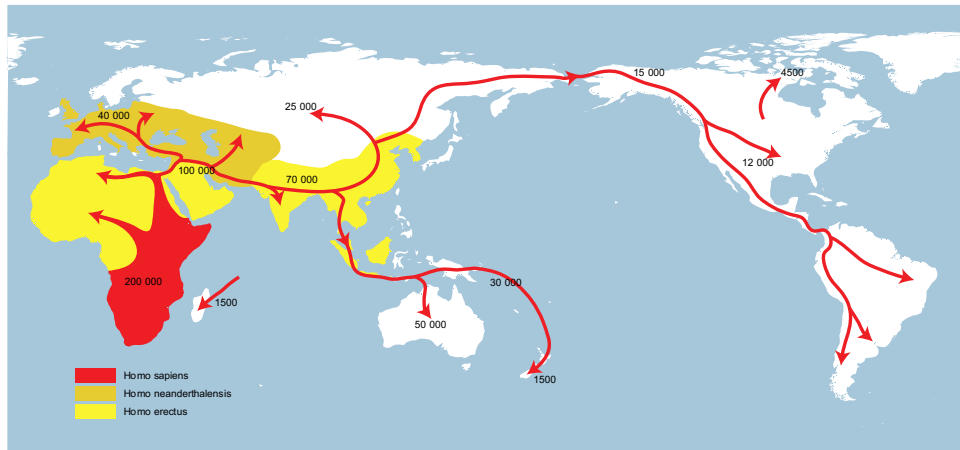
4. Predikce populace afrického kontinentu do roku 2100 (OSN)

<https://population.un.org/wpp/Graphs/Probabilistic/POP/TOT/903>



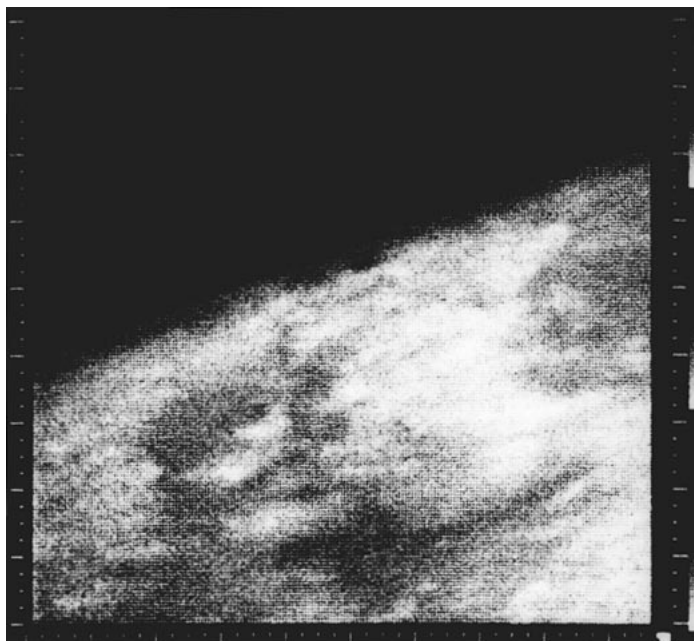
5. Vývoj osídlení planety Člověkem moudrým (Wikipedia.org)

https://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8Clov%C4%9Bk_moudr%C3%BD#/media/Soubor:Spreading_homo_sapiens_la.svg



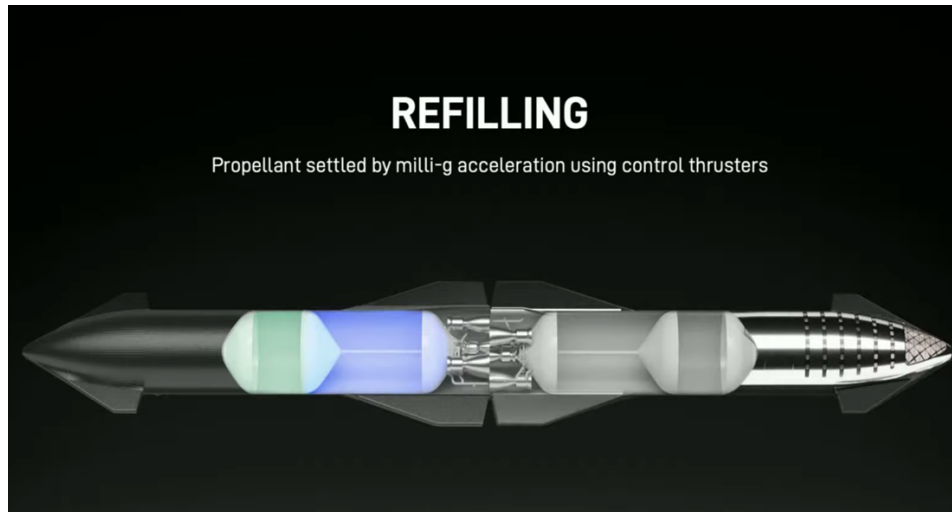
6. První snímek Marsu ze sondy Mariner 4 (NASA)

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Mariner_4#/media/Soubor:Mars_\(Mariner_4\).jpg](https://cs.wikipedia.org/wiki/Mariner_4#/media/Soubor:Mars_(Mariner_4).jpg)



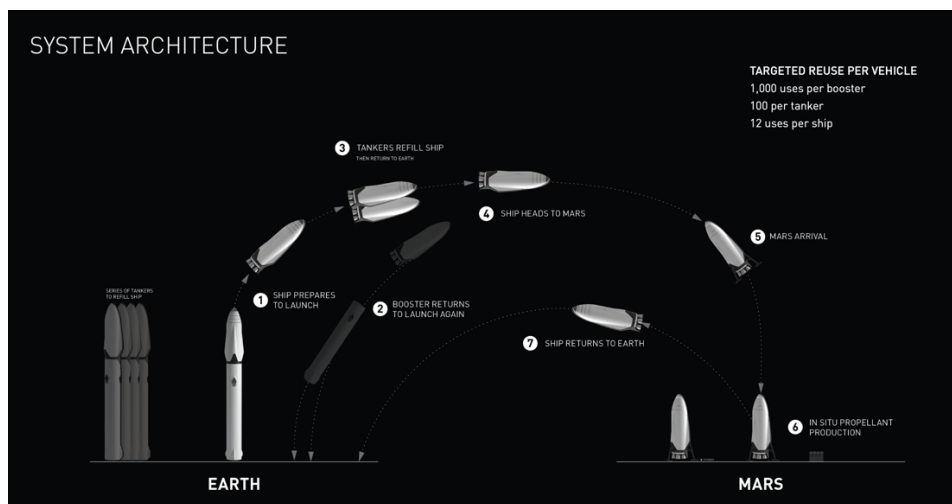
7. Systém znovunatankování paliva na oběžné dráze (webový archiv, SpaceX)

https://web.archive.org/web/20160928040332if_/http://www.spacex.com/sites/spacex/files/mars_presentation.pdf



8. Plánovaný systém boosterů, tankerů a raket (webový archiv, SpaceX)

https://web.archive.org/web/20160928040332if_/http://www.spacex.com/sites/spacex/files/mars_presentation.pdf



9. Přehled pohonných hmot pro raketu Starship (webový archiv, SpaceX)

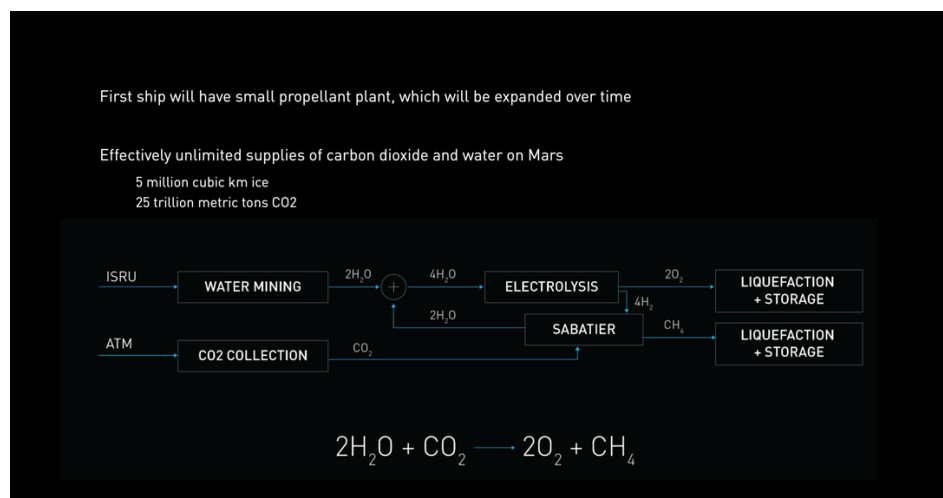
https://web.archive.org/web/20160928040332if_/http://www.spacex.com/sites/spacex/files/mars_presentation.pdf

	$C_{12}H_{22.4}/O_2$ KEROSENE	H_2/O_2 HYDROGEN/OXYGEN	CH_4/O_2 DEEP-CRYO METHALOX
VEHICLE SIZE	●	●	●
COST OF PROP	●	●	●
REUSABILITY	●	●	●
MARS PROPELLANT PRODUCTION	✗	●	●
PROPELLANT TRANSFER	●	●	●

● GOOD
 ● OK
 ● BAD
 ✗ VERY BAD

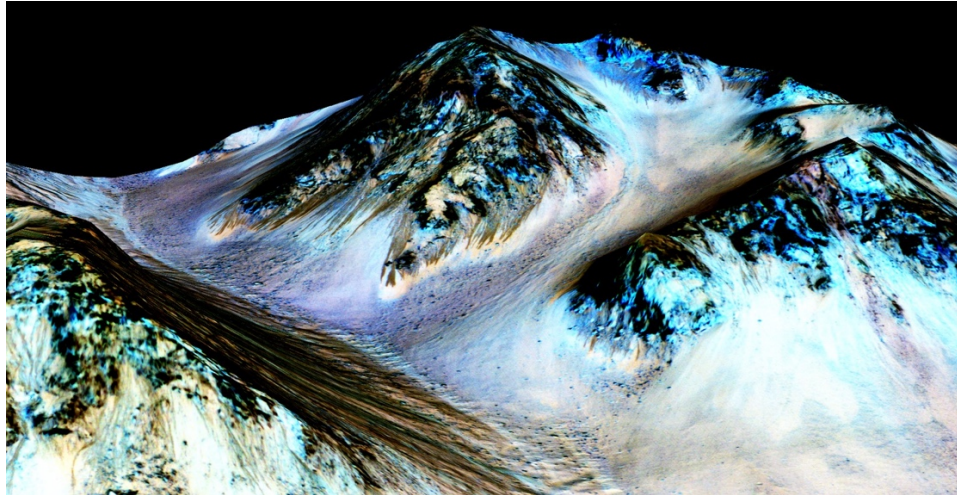
10. Popis procesu produkce CH_4 a O_2 (webový archiv, SpaceX)

https://web.archive.org/web/20160928040332if_/http://www.spacex.com/sites/spacex/files/mars_presentation.pdf



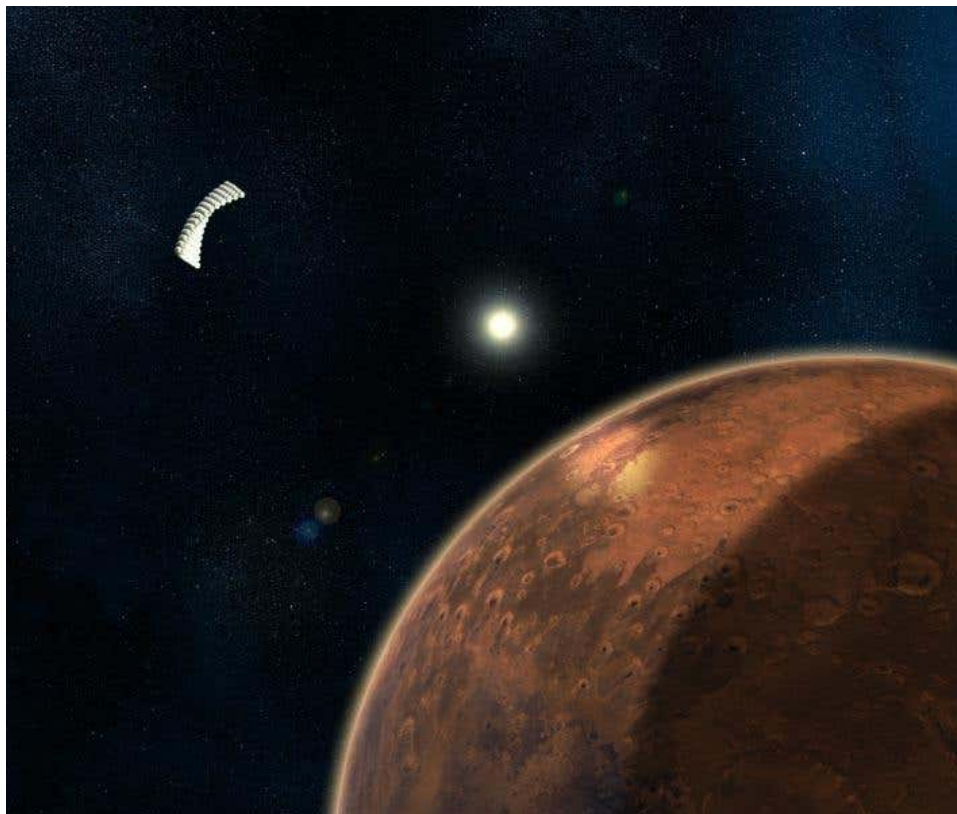
11. Proudící voda na povrchu dnešního Marsu, NASA

<https://www.nasa.gov/press-release/nasa-confirms-evidence-that-liquid-water-flows-on-today-s-mars>



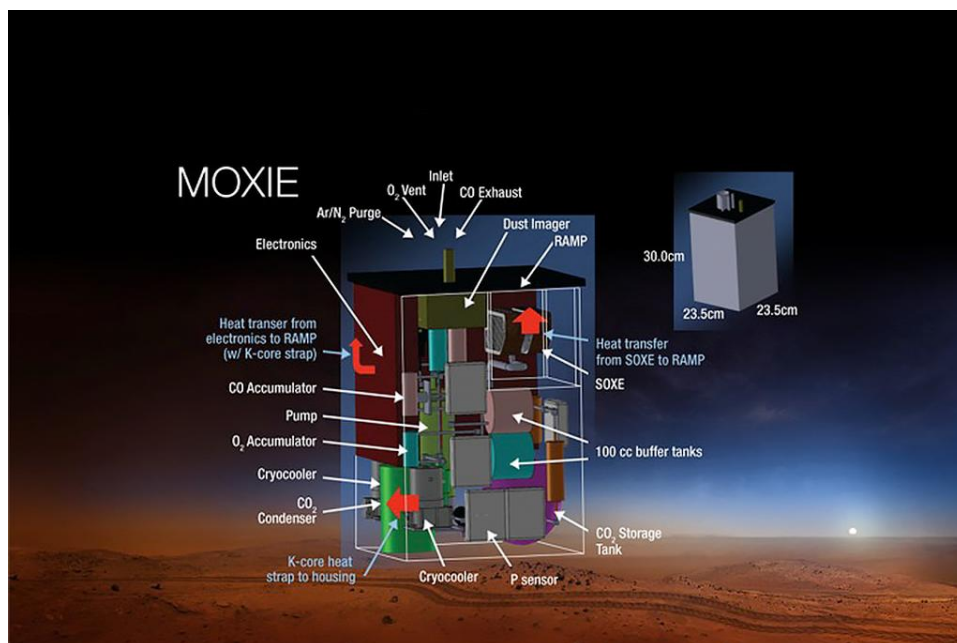
12. Koncept obrovské odrazné plochy na oběžné dráze Marsu, NewScientist.com

<https://www.newscientist.com/article/dn10573-space-mirrors-could-create-earth-like-haven-on-mars/>



13. Popis MOXIE – generátoru O₂, Wikipedia.org

https://en.wikipedia.org/wiki/Mars_Oxygen_ISRU_Experiment#/media/File:MOXIE_O2_generator.jpg



14. Lávový tunel, Wikipedia.org

https://cs.wikipedia.org/wiki/L%C3%A1vov%C3%BD_tunel#/media/Soubor:Thurston_Lava_Tube.jpg

