

Andrej Ivanuša

TAKOJ NA MARS

Odločili smo se, da gremo na Mesec! Odločili smo se, da gremo na Luno že v tem desetletju, ne zato, ker je lahko, temveč, ker je težko. Zato, da zmerimo svoje organizacijske sposobnosti, količino energije in sposobnosti, ker jo to izziv, ki ga želimo opraviti. Namenili smo se, da zmagamo ... To je akt zaupanja in vere, kljub temu, da ne vemo, kakšne koristi nas še čakajo ... Ampak vesolje je tam in naš namen je, da se dvignemo vanj.

---John F Kennedy, ameriški predsednik, 1962---

KAJ JE BILO Z MESECEM?

V šestdesetih letih prejšnjega stoletja je bila Amerika odločena, da spravi človeka na Mesec in ji je to uspelo. Ker so imeli cilj in vizijo in odločenost, da to naredijo. Ker so hoteli zmagati v vesoljski tekmi z Rusi in s Sovjetsko zvezo. Ta je prva poslala satelit v orbito, v vesolje je prva poslala živo bitje psičko Lajko in bila je prva, ki je v vesolje spravila človeka, Jurija Gagarina, leta 1961. Tako Američanom ni preostalo drugega kakor, da prvi pošljejo »osvajalce« na zemljin naravni satelit.

Še do konca istega desetletja jim je podvig uspel na krilih tekme in močne rakete nosilke Saturn V, ki jo je skonstruiral Werner von Braun. Ta je bil Nемец, ki je kot deček sanjal o raketah na Mesecu, ki je kot mlad inženir streljal rakete na London in mu je kot odraslemu uspelo uresničiti svoje sanje (za vsako ceno, seveda).



Naš naravni satelit, naša luna, Mesec

Američani so poslali nekaj posadk in potem je program zamrl. Zakaj? Ker je zmanjkalo cilja, programa in odločenosti (tudi dolarjev, jasno). Ko so pobrali nekaj kamnov, ni bilo več načrta, kaj naj z Mesecem storijo. Ali naj bo na njem raziskovalna postaja, rudnik ali celo stalna kolonija? V tistem času človeštvo Meseca ni potrebovalo za kaj drugega, kakor za osvetljevanje zaljubljenec. Ker je virov na Zemlji dovolj, pa tudi prebivalstvo ne narašča tako hitro, da bi bil potreben velik naselitveni prostor. A Luna je tudi neprijetno nebesno telo. Karkoli bi človek na njem zgradil, bi moralo biti bolj ali manj pod površino satelita. Tako bi bili prebivalci zaščiteni pred različnimi

žarčenja. Zemlja nas z zračnim plaščem in magnetnim poljem ščiti. Mesec pa nima nobene od teh dveh zaščit. Ali je kaj bolj primernega za naše osvajanje, kolonizacijo in poselitev?

PRIMERJAVA MED MARSOM IN ZEMLJO

Boljši je Mars. Je bolj prijazen za človeka kakor Venera, čeprav je ta malo bližje. Venera je podobno velika kakor Zemlja, a je zaradi goste atmosfere pregreta na skoraj 400°C. Absolutno prevroča in tudi žveplene kisline je v njeni atmosferi preveč za naš okus. Mars je boljši! Je četrti planet od Sonca in za okrog 50% dalje od centra našega Osončja kot Zemlja. Torej je tudi hladnejši planet kot je Zemlja. Dnevne temperature se na Marsu povzpnejo največ do 17 stopinj, nočne padejo tudi na -90 stopinj. Torej je povprečna temperatura ves čas pod točko zmrzovanja. A te temperature so za nas bolj obvladljive. Tekoče vode torej sploh ni na površju, mogoče je skrita v spodnjih plasteh marsovega plašča. Vsaj prve raziskave kažejo, da je res tako. Marsovski dan je podoben zemljinemu. Zemeljski traja 24 ur, marsovski pa 24 ur in 37 minut. Nagib zemljine osi je 22,5°, marsove pa 24°. Tako ima Mars podobne letne čase, le da trajajo enkrat dalje. Marsovo leto je namreč dolgo 669 marsovskih ali 686 zemeljskih dni (tu je tista razlika za 37 minut pri vsakem dnevu).



Planet Mars

Mars je tudi velikanski prostor. Njegov premer znaša le polovico zemljinega premera. A ker ni pokrit z oceani, je površina Marsa velika kot površina vse kopne zemlje. Zemlja in Mars krožita okrog Sonca po eliptičnih krožnicah. Zato se Mars Zemlji najbolj približa na 60 milijonov kilometrov, največja razdalja pa znaša 400 milijonov kilometrov. Mars ima tudi tanko atmosfero sestavljeno predvsem iz ogljikovega dioksida (CO₂). Njen pritisk je 7 milibarov, kar je 7% normalnega pritiska na Zemlji. Tudi kovin je tam veliko, saj površina planeta govori o vulkanizmu. S tem so bližje površju prisotne vse tiste kovine, ki jih najdemo na Zemlji. Še eno prednost ima Mars, na njem je mogoče najti določene izotope vodika (devterij), ki bi jih bilo mogoče uporabiti za izdelavo goriva za pogon plovil za potovanja do bližnjih zvezd v naši okolici, do polmera 20 svetlobnih let. Z nižjo gravitacijo Mars pripomore tudi k lažjemu izstreljevanju elementov s površja v krožnico.

GREMO NA MARS!

Vse to kar kliče, da se takoj odpravimo tja. Še več, po prvih navdušenih osvajanjih Meseca so predpostavljali, da bomo na Marsu najkasneje do leta 2000. Zdaj je leto 2010 in še vedno nič ne

kaže, da bomo na Mars stopili pred letom 2060 ali celo 2100. Ker je toliko ovir! A nobena ni tehnično - tehnološka, tudi denar za kaj takega ni največji problem. Ovire so samo v naših glavah. Načeloma bi lahko odpotovali na Mars takoj, kar pomeni najkasneje do leta 2016.

Osvajanje Marsa ni samo čisto tehnično vprašanje. Je predvsem izziv za našo civilizacijo, ki skuša radovedno odkrivati vedno nova obzorja. Na Zemlji smo dosegli vsa obzorja. Za nadaljnji zdrav razvoj človeške vrste je potrebno raziskati nova obzorja izven našega rodne planeta. Mars nam nudi še lahko dosegljive elemente - ogljik, dušik, vodik in kisik. Ti štirje elementi niso samo osnova za hrano in vodo, ampak tudi za plastiko, les, papir, oblačila in za - zelo pomembno - raketno gorivo. Pravzaprav so na Marsu dosegljivi vsi elementi, ki jih potrebuje in uporablja sodobna industrija na Zemlji. Mars je tudi edini planet, ki nudi možnost za izdelavo rastlinjakov na sami površini. Ti so tudi dovolj dobro osončeni. Ne nazadnje je Mars mogoče kolonizirati in kasneje celo teraformirati.

KAKO NA MARS?

Do Lune so z raketami Apollo potrebovali tri dni. Glede na sedanji razvoj vesoljskega pogona, potrebujejo naše vesoljske ladje okrog šest mesecev, da dosežejo Mars. Vendar je takšno dolgo potovanje izvedljivo. Včasih so morjeplovci iz Evrope do Avstralije tudi pluli šest in več mesecev.

Osnovna zamisel je bila, da zgradimo dovolj veliko vesoljsko plovilo, ki bo v obdobju leta in pol prestalo naporno vesoljsko potovanje in nudilo zavetje vsaj šestorici vesoljcev. Časovni plan je pol leta za vožnjo tja, pol leta za vožnjo nazaj in kakšne tri mesece za odpravo na površini Marsa. Pri tem niso problem bivalni prostori posadke in zaloga hrane, temveč velikanska količina goriva, ki je potrebna za zagon in zaviranje ter manevriranje plovila v marsovi krožnici. Potrebujemo gorivo za pot tja, za aktivnosti okrog in na Marsu ter za vrnitev nazaj. Gorivo predstavlja pri tem vsaj 90% vse mase plovila. Tako plovilo je preveliko, da bi lahko neposredno poletelo z Zemlje. Zato bi bilo potrebno najprej narediti vesoljski dok v krožnici nad Zemljo. Sledila bi gradnja medplanetarnega plovila. Naslednja faza je izdelava in tankanje velike količine goriva. Vesoljci bi sedeli na eksplozivnem sodu zelo mrzlega (kriogeničnega) goriva. Vsaka najmanjša napaka bi bila usodna za vesoljsko ladjo. Z inženirskega stališča je glavni problem torej - gorivo. Kako ga zmanjšati? Drugi problem je veliko število lansiranj za sestavo vesoljskega doka in za sestavo ladje v vesolju.

PREDLOG NASA



V orbiti sestavljena vesoljska ladja, v kateri 90% prostora zasedajo rezervoarji za gorivo (po predlogu NASA).

Leta 1989 je predsednik Bush zaprosil vesoljsko agencijo NASA za študijo o možnosti potovanja človeka na Mars. Pri agenciji so se na prošnjo odzvali z navdušenjem. Sklicali so svoje najboljše inženirje, podpornike in financirje. Rezultat dragega projekta »90-days report« je bil še dražji in popolnoma neuporaben. Po besedah Roberta Zubrina, enega od inženirjev pri partnerskem podjetju

Lockheed Martin, so izdelali »Temno zvezdo (Death Star)«, fantastično orožje iz filma Vojna zvezd. Bila je noro draga, velikanska in celo nevarna vesoljska ladja za potovanje med planeti našega Osončja. Njihova ideja je bila v tem, da se na nizki zemeljski orbiti sestavi velikanska vesoljska ladja. Pri tem je prva težava povezana s samim sestavljanjem ladje, saj je vsako lansiranje tvegano samo po sebi.

Ladja bi naj bila opremljena s konstrukcijskimi vozili, posebnimi orodji, kriogenskimi tanki in prostori za posadko. Nekaj ducat lansiranj bi bilo potrebno, da se ladja v orbiti tudi sestavi. Variante načrta so pri tem predvidevale tudi vmesni postanek te ladje v orbiti Meseca. Tam bi nanj poslali posebne tovarne za pridobivanje goriva iz mesečevih skal. Šele nato bi vkrcali posadko in se odpravili na pot na Mars. Pri tem večina tehnologije ne bi bila na voljo vsaj do leta 2003, ko je bilo predvideno lansirno okno (Mars najbližje Zemlji).

Ko bi prispela vesoljska ladja v Marsovo orbito, bi nanj spustili manjši pristajalni čoln z največ tremi člani posadke. Ti bi tam ostali okoli 30 dni. Malo bi se sprehajali, zapičili kakšno zastavo in nabrali nekaj kamenja. Potem bi se vrnili na orbitirajočo vesoljsko ladjo. Ta bi se vrnila nazaj na Zemljo po dolgem potovanju. Na poti nazaj bi naj odmetavala nepotrebne sestavne dele. Isto vesoljsko ladjo bi ne bilo mogoče uporabiti za ponovno potovanje. Skupni stroški so bili predvideni v višini 450 milijard dolarjev. Grozljivo!

MARSOVSKO RAZMIŠLJANJE

Tako ne gre! Moramo razmisliti po »marsovsko«. Kako pa bi oni potovali na Zemljo? Ali bi uvozili gorivo z Zemlje? Načeloma ne! Ker imajo na voljo vse potrebne kemične elemente, bi naredili gorivo kar sami doma! Za povratek nazaj pa bi kupili gorivo na Zemlji. Presenetljivo! Na Marsu je torej mogoče izdelati gorivo? Seveda! Za njegovo izdelavo potrebujemo samo osnovno znanje kemije in že dolgo znano tehnologijo iz 19. stoletja.

Prav to zelo preprosto dejstvo je osnova programa »Mars Direct«, ki ga je razvil Robert Zubrin. Robert Zubrin je bil leta 1990 vesoljski inženir pri podjetju Lockheed Martin. Ko je videl Nasin projekt, se je odločil, da pripravi svoj načrt za osvajanje Marsa. K projektu je pristopil z inženirskega stališča in poskušal utemeljiti tudi ekonomičnost podviga. Njegov največji prispevek je briljantna ideja o izdelavi goriva na Marsu. S tem se izredno zmanjša količina goriva, saj ga plovilo potrebuje le za popravke smeri med potjo ter za zaviranje in manevriranje v orbiti Marsa. Marsova atmosfera, čeprav zelo redka, vsebuje CO₂. Potrebujemo le nekaj vodika H₂, ki ga pripeljemo s seboj, in iz marsove atmosfere pridobimo gorivo. Johnson Space Center je leta 1990 namenil 47.000 dolarjev sredstev za izdelavo testne tovarne. Zubrin jo je zgradil v treh mesecih in tovarna je popolnoma avtonomno proizvedla raketno gorivo s 94% učinkovitostjo. Pri tem nobeden od sodelujočih ni bil strokovnjak na kemičnem področju.

Zubrin je na podlagi tega izračunal, da za pot na Mars potrebujemo manj težko in močno raketo, kot je bila Saturn V, ki je ponesla vesoljce na Mesec. Predvidel je skupne stroške v višini 20 milijard dolarjev ali 22,5-krat manj kot NASA, oz. 4,5% njihove cene.

IZDELAVA GORIVA NA MARSU

Marsova atmosfera se sestoji iz ogljikovega dioksida CO₂. Je tanka in nežna, saj je njen pritisk le 7 milibarov na površini Marsa. Vendar je količina nam zanimivega plina kljub temu velika. Na voljo imamo postopek, da CO₂ razbijemo na ogljikov monoksid CO in kisik O₂. Če uporabimo mešanico ogljikovega monoksida in kisika, že dobimo gorivo. A je tukaj veliko težav. Proces pridobivanja je zelo nepraktičen (keramične cevi, temperatura izdelave nad 1000 stopinjami Celzija, itd.) in zahteva človekovo prisotnost. Poleg tega ni kaj posebej učinkovito, saj je njegovi specifični impulz ISP=270 sekund. ISP ali specifični impulz pove, koliko sekund en funt (okrog 2,5 kg) goriva proizvaja funt potiska. Višja je vrednost, boljše je. Nemške V-2 rakete so imele ISP=230 sekund. Sedanji motor Pratt and Whitney RL-10, ki uporablja mešanico vodika in kisika (glavni pogon spaceshuttle), ima ISP=450 sekund. Potisni (buster) raketi s trdim gorivom pa okrog ISP=700. Če bi uporabili najnovejšo znano tehnologijo za pogon, bi po dosedanjih raziskavah uspeli doseči max. ISP=900 sekund.

Alternativo predstavlja pogon rakete na metan CH₄ in kisik in O₂. Takšen motor bi imel ISP=380 sekund. Ker je gravitacijska privlačnost Marsa manjša od Zemljine, bi to ustrezalo. Trenutno ni na

voljo nobenega motorja na podobno mešanico. Po izjavah konstruktorjev, pa bi ne bilo velikih stroškov in inženirskih zahtev, če bi spremenili motor Pratt and Whitney RL-10 na to gorivo. Problem je le vodik H_2 , ki ga je na Marsu malce težje najti. Če pa bi ga že, bi potrebovali tovarno za njegovo proizvodnjo. Že leta 1976 je Robert Ash z Old Dominion University in s sodelavci iz JPL pripravil načrt izdelave tovrstnega goriva na Marsu. Kot osnovo je vzel vodo H_2O , kar pa še vedno predstavlja problem, saj prostih količin vode na Marsu še niso odkrili.



Raketa ARES, ki na Mars poleti neposredno z Zemlje
(po predlogu Zubrina).

Zubrin je opazil, da so s tem projektom želeli doseči, da bi VSE gorivo proizvedli na Marsu. Po njegovi ideji pa na Mars s seboj pripeljemo vodik. To velika ni težava, ker potrebujemo le 5% njegove teže od celotne teže proizvedenega goriva. Torej, če želimo imeti 100 enot goriva, potrebujemo 95 enot ogljikovega dioksida iz marsove atmosfere in 5 enot vodika, ki ga dostavimo na Mars. Po zagotovilih kriogenih strokovnjakov, bi ne bilo nobena težava izdelati varno skladišče za 6 ton vodika, ki bi vzdržalo šest mesecev vesoljskega poleta na Mars. Tukaj je vključena 15% rezerva, ker bi med vožnjo vodik po malem tudi izpareval in to ni mogoče preprečiti za razumno vsoto sredstev. Raje vzamemo nekaj vodika več, kot pa ga dejansko potrebujemo. Sam proces ne zahteva človeške prisotnosti.

KAKO TOREJ NA MARS?

Že na začetku je jasno, da sestavljanje vesoljske ladje v orbiti nima pravega smisla. Vse je povezano z izrednimi stroški in z velikimi nevarnostmi. Če pa že človek potuje na Mars, bo tam ostal verjetno dalj časa. Pot tja in nazaj je dolgotrajna in nima smisla, da bi ostali raziskovalci na Marsu le mesec dni. Zaradi dolgotrajnega potovanja je nujno kar v najboljši meri izkoristiti orbite Zemlje in Marsa. Na vsaki dve leti se odpre bolj ali manj ugodno lansirno okno, ki omogoča potovalni čas okrog 180 dni (6 mesecev). Zubrin predlaga, da se potovanje na Mars opravi v dveh korakih v roku dveh let. Vsaka posadka tako ostane na Marsu dve leti.

2014: Prvo lansiranje

Pošlje se avtomatsko vozilo za pregled predvidenega področja pristanka in organiziranja baze.

2016: Odpre se novo lansirno okno.

Raketa Ares I poleti na Mars iz vesoljskega izstrelišča Cape Canaveral v ZDA. Na krovu ima vozilo ERV (Earth Return Vehicle) ali vozilo za vrnitev na Zemljo. Vozilo ERV je brez posadke. Njen namen je, da se z njim vrnejo prvi obiskovalci Marsa nazaj na Zemljo. Če bo vse potekalo v redu, seveda! Vozilo leti s hitrostjo 27 kilometrov na sekundo proti Marsu in nanj prispe po šestih mesecih. Na krovu je tudi 6 ton tekočega vodika. Z njegovo pomočjo in po principih kemije iz 19. stoletja bo avtomatizirana tovarna, ki je v sestavu vozila, na Marsu proizvedla gorivo za vrnitev nazaj. Ko tovarna pristane na Marsu prične ob pomoči pripeljanega vodika pretvarjati z ogljikovim dioksidom bogato atmosfero Marsa v vodo H_2O , kisik O_2 , metan CH_4 in vodik H_2 . Ko bodo prispeli ljudje na Mars, jih bodo pričakala polna skladišča goriva in cisterne z vodo.

2017: Po šestih mesecih delovanja je ERV pripravljen za polet nazaj na Zemljo.

Kemična tovarna je pridelala 108 ton tekočega goriva ... sorazmerje surovina proti izdelku je 18:1(!). Specialisti na Zemlji preverijo, če je bilo vse v redu opravljeno in dajo zeleno luč za prvo človeško odpravo na Mars. Marsomobili MSV, ki se tudi nahajajo v vozilu ERV, se odpravijo na svojo prvo avtomatizirano misijo. Najti morajo primerno pristajno mesto. Poleg tega vzamejo vzorce zemlje in naredijo zemljevid okolice. Održejo tudi nekaj radijskih signalnikov, ki bodo človeški posadki omogočili lep in natančen pristanek.

2018: Odprto je naslednje lansirno okno.

Sedaj starta Ares II. Na njem se nahaja tudi medplanetarna vesoljska ladja Beagle s človeško posadko. Sestavljena je iz štirih marsonavtov. Živijo v rotirajoči kupoli, ki omogoča umetno težnost in jih ščiti pred ubijalsko sončevo radiacijo. Ko pridejo v marsovo krožnico, najprej preverijo vremenske pogoje. Lekcija je bila naučena na podlagi bolečih izkušenj ruskih marsovskih sond Mars 2 in 3, ki ju je uničil večji marsovski peščeni vihar leta 1976. V kolikor bodo prisiljeni pristati daleč v stran od ERV 1, lahko uporabijo marsomobil MSV in se z njim podajo tudi 1000 kilometrov daleč. Če bi bili prisiljeni pristati na drugi strani Marsa, je mogoče kasneje, ko se pogoji uredijo, z ERV 2 primanevirirati bližje k mestu pristanka ERV 1. A četudi vse to odpove, ima posadka v svojem bivališču dovolj hrane in materiala, da preživi 3 leta na površju Marsa. Ko so rešene težave s pristajanjem, se posadka loti svojih nalog. Seveda te niso posebej opredeljene, saj je na voljo nešteto možnosti za raziskave, eksperimente in napeto dogajanje. Posadka mora preživeti 550 dni (1,5 leta) na Marsovi površini. S tem bo naše znanje o Marsu, o našem mestu v vesolju in še o čem, izredno razširjeno in obogateno.

2019: Posadka se vkrca v ERV 1

in odleti proti Zemlji, ki jih že časti kot heroje. ERV 2 ostane na Marsu in prične s proizvodnjo goriva za naslednjo posadko. Druga posadka z ERV 3 pa že pričinja s pripravami na naslednje potovanje na Mars in tja poleti naslednje leto, ko se znova odpre lansirno okno.

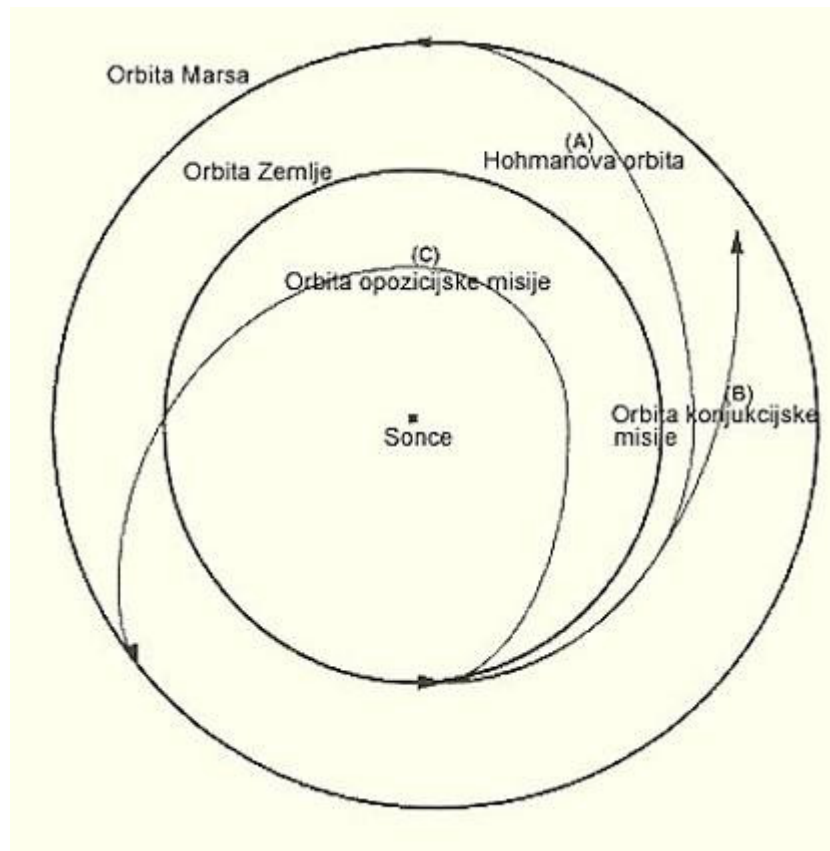
NAJKRAJŠA POT NA MARS

Do Marsa traja potovanje s sedanjimi raketami šest mesecev. Pri načrtovanju tako dolgega potovanja moramo najprej izbrati pot in način prevoza. Tako je tudi s potovanjem na Mars. Mnogo ljudi meni, da je to praktično neizvedljivo, ker je Mars tako daleč od Zemlje. Zato pravijo, da bi bilo bolje počakati, da iznajdemo hitrejše rakete, ki nas bodo prej pripeljale do rdečega planeta. A vseeno preglejmo, kakšne so možnosti s sedanjo tehnologijo.

Mars je zares zelo daleč v stran. Ko je najbližji Zemlji, torej v opoziciji, je razdalja med planetoma 56 milijonov kilometrov. Ko je najdalje stran, torej v konjukciji, je medsebojna razdalja 400 milijonov kilometrov.

Človeštvo ne pozna nobene tehnične rešitve, ki bi omogočile potovanje pravokotno na krožnico Zemlje, ko sta si planeta najbližja. Zemlja kroži s hitrostjo 30 km/s okrog Sonca. Ko izstrelimo raketo, ima tudi ta začetno krožno hitrost Zemlje. Zato bi morali uporabiti ogromno količino goriva, da bi izničili začetno krožno hitrost in poslali raketo naravnost na Mars. Če želimo za pot porabiti kar najmanj goriva, je potrebno upoštevati račune nemškega matematika W. Hohmana iz leta 1925.

Najmanjša poraba goriva je takrat, če raketo izstrelimo v trenutku, ko sta si planeta najbolj vsaksebi, torej, ko sta v konjukciji. To je najboljša pot ali trajektorija, saj tukaj porabimo najmanj goriva in je tehnično raketo najlažje usmeriti na Mars. Raketa v tem primeru potuje od Zemlje na Mars po eliptični poti. Ta se tangencialno dotika Zemljine krožnice na začetku in Marsove krožnice na koncu potovanja.



Prikaz različni trajektorij za pot na Mars.

Na ta način so potrebni najmanjši napori pri usmerjanju vesoljskega plovila na Mars in poraba goriva je tudi nizka. Če uporabimo nekaj več goriva, potem je mogoče eliptično pot skrajšati in raketa se bo prej srečala z rdečim planetom. Čim več goriva uporabimo, tem manjša je eliptična krožnica rakete. To lahko počnemo toliko časa, dokler potrošnja goriva ne preseže koristi časovnih prihrankov na poti. Tako dobimo dejansko trajektorijo ali orbito rakete. A tudi v tem primeru bo morala raketa preleteti 400 milijonov kilometrov dolgo pot od Zemlje do Marsa. Grozljivo velika razdalja! Do našega Meseca je samo 400.000 kilometrov. Torej je pot do Marsa 1000-krat daljša od poti na Mesec. Astronavti iz Apolla so potrebovali tri dni, da so prispeli na mesec. Ali to pomeni, da bodo potrebovali astronavti za pot na Mars 3.000 dni ali več kot 8 let?

Na srečo, ne! Apollo je brzel proti luni s hitrostjo 1,5 km/s. Ta hitrost bi lahko bila zaradi rakete Saturn V tudi do trikrat večja. Hitrost je bila določena zaradi geometrije potovanja. Tako bi lahko potovali s hitrostjo 4,5 km/s in prišli na luno v enem dnevu. A zato bi plačali zelo visoko ceno. Sploh se ne bi mogli ustaviti in bi zdrveli mimo našega nebesnega spremljevalca. Ker ima Luna zelo šibko gravitacijsko privlačnost, bi morali uporabiti zelo močne in energetske požrešne rakete, da bi lahko Apollo zavrtli in utirili v lunino orbito. Avto ustavimo z zavorami, ki hitrost zmanjšajo s pomočjo sil trenja. V vesolju pa trenja ne moremo ustvariti. Zato moramo uporabiti proti-potisno silo, da vozilo zaustavimo. Apollo je imel le toliko goriva, da se je zmožeg utiriti v lunino orbito. Če bi le malo preseegli hitrost 1,5 km/s, bi naš Mesec zgrešili.

Za zaviranje je mogoče uporabiti tudi atmosfero. Saj ta s svojim uporom tudi ustvari določeno proti-potisno silo. Tako lahko pri Marsu uporabimo njegovo atmosfero, čeprav je tanka in znaša le 1% zemljine, in njegovo kar močno gravitacijo, ki znaša 0,38 zemljine. Torej lahko pošljemo na Mars vozilo z večjo lastno hitrostjo, a se bo vseeno uspel utiriti v marsovo krožnico.

Začetna hitrost vesoljskega plovila za Mars, za katero bi porabili umerjeno količino goriva, bi lahko bila 3 km/s. To hitrost imenujejo tudi hiperbolična hitrost. Vendar to ne pomeni, da bi raketa skozi vesolje potovala s tako majhno hitrostjo. Njena hitrost bi bila seštevek zemljine obkrožne hitrosti okoli Sonca 30 km/s in začetne hitrosti rakete 3 km/s, kar skupaj znese 33 km/s. Zemlja v tem primeru deluje kot hitro gibajoča se izstrelitvena ploščad. Tako bi raketa potovala proti Marsu dvajsetkrat hitreje kot Apollo na Luno. Ker se giblje naša luna skupaj z Zemljo, tega efekta pri potovanju Zemlja-Mesec ne moremo uporabiti.

Ker se raketa oddaljuje od Sonca, ji ta nekaj kinetične energije pretvori v potencialno s svojo gravitacijsko privlačnostjo in jo s tem tudi upočasni. Ob dosegu marsove poti okoli Sonca bi znašala njena hitrost 24 km/s. Mars kroži okrog Sonca s hitrostjo 21 km/s v praktično tisti smeri kot potuje raketa. Tako raketa prehiteva Mars s hitrostjo 3 km/s, kar je udobna hitrost za utirjenje rakete v marsovo krožnico. Ko vesoljsko plovilo doseže marsovo orbito, je prepotovalo 1000x večjo razdaljo od razdalje Zemlja-Mesec. Vendar je porabilo 20x manj časa kot Apollo. Če torej delimo 1000 z 20, dobimo faktor 50. Tega pomnožimo s tremi dnevi za pot Zemlja-Mesec in dobimo rezultat 150 dni. To je približen čas, ki bi ga raketa potrebovala za pot od Zemlje do Marsa. Uporabili bi lahko tudi staro raketo Saturn V (nosilna raketa za Apollo), ki bi omogočila takšen podvig. Če uporabimo idealno Hohmanovo trajektorijo, bi potovanje trajalo 258 dni. A dodatno ceno in težo goriva, ki bi omogočilo krajši čas potovanja, bi zlahka upravičili in tehnično izvedli.

A pot tja pomeni le polovico opravljenega potovanja. Mars in Zemlja se enakomerno hitro gibljeta po svojih krožnicah okoli Sonca in kot smo videli, vsak s svojo hitrostjo. Zato kar naprej spreminjata medsebojni položaj in razdalje. Zato moramo izbrati najboljšo trajektorijo za vrnitev. Ta pa ni na voljo v vsakem trenutku. Za pot nazaj moramo načrtovati točen trenutek, ko je vrnitev sploh možna. Izračuni kažejo, da imamo na razpolago dvoje ugodnih možnosti, eno imenujejo konjukcijska, drugo pa opozicijska možnost. Tabela podaja tipične parametre vsake od njih.

Opis	Konjukcija	Opozicija
Čas potovanja tja	180 dni	180 dni
Čas potovanja nazaj	180 dni	430 dni
Čas bivanja na Marsu	550 dni	30 dni
Skupni čas ekspedicije	910 dni	640 dni
Razlika potovalne hitrosti ΔV	6,0 km/s	7,8 km/s
Mimolet Venere	ne	da
Povprečna prejeta doza radiacije	52 remov	58 remov
Izpostavljenost breztežnemu stanju	360 dni	610 dni
Stroški ekspedicije	nizki	visoki
Možnost uspešnega zaključka	visoka	nizka
Tveganje	nizko	visoko

Energetsko najugodnejša je konjukcijska misija po dvojni Hohmanovi trajektoriji na Mars in nazaj. Bila bi vsekakor najcenejša pri porabi goriva, a trajala bi po 258 dni v eno smer. Ta je najbolj ugodna za tovarne rakete. Če bi bila na krovu posadka, bi morali vse skupaj malce pospešiti. Poraba goriva se pri pospešeni trajektoriji ne poveča bistveno, čas potovanja 150 dni pa je vsekakor ugodnejši. Zato jo je Zubrin tudi predlagal pri svojem projektu. A če uporabimo ta načrt, potem morajo vesoljci ostati na Marsu 550 dni, preden se spet odpre ugodno izstrelitveno okno za vrnitev na Zemljo. Torej bi bil čas celotne odprave 910 dni ali 2 leti in šest mesecev.

Pri opozicijski misiji je potovanje proti Marsu enako kot pri konjukcijski misiji. Pot nazaj pa je drugačna. Tukaj porabimo gorivo zato, da usmerimo vesoljsko plovilo preko zemljine krožnice do Venere. Venera s svojo gravitacijsko privlačnostjo doda plovilu dodaten pospešek, ki ga usmeri nazaj na Zemljo. S tem se izstrelitveno okno odpre kmalu po prispetju na Mars. Čeprav traja potovanje nazaj kar precej časa, se skupni čas ekspedicije zmanjša na 600 dni ali 1 leto in 7 mesecev.

V Nasinem projektu »90-days report« je predvidena takšna opozicijska misija na Mars. Mnogi znanstveniki celo trdijo, da je to edina mogoča misija. A preveriti moramo, če je takšna misija sploh smiselna. Opozicijska misija ima zelo veliko spremembo hitrosti ΔV (7,8 km/s) in s tem

zahteva tudi nekaj dodatnega goriva za upočasnitev plovila. ΔV je sprememba hitrosti, ki je potrebna da premaknemo plovilo iz ene orbite v drugo. Pri opozicijski misiji potrebujemo dvakrat več goriva za zaviranje kot pri konjukcijski. Ker se s tem poveča velikost plovila, to postane tudi neprimerno za atmosfersko zaviranje (aerobrake) ali je to celo onemogočeno. Potem potrebujemo dodatno gorivo, da dosežemo vsaj zelo stisnjeno eliptično krožnico plovila okrog Marsa. Tako so v »90-days report« prišli do zaključka, da bi potrebovali zelo velike količine goriva za zaviranje pri Marsu, za start z Marsa ter še potem za zaviranje v zemljini krožnici. Zato bi morali pripraviti nuklearno-termalni potisni sistem, ki ima dvakrat večjo potisno moč od sedanjega na vodik-kisik. Ta je še v razvoju in še nekaj časa ne bo v redni uporabi.

Toda zakaj bi zmanjšali dolžino trajanja celotne ekspedicije? Zagovorniki kratke misije pravijo, da zato, da bi bili vesoljci kar najmanj izpostavljeni radiaciji in breztežnemu stanju. A prav opozicijska misija z dolgim potovanjem po vesolju povečuje tveganje prejete radiacijske doze in podaljšuje čas izpostavljenosti breztežnemu stanju. Po ocenah, bi naj vesoljci prejeli v vesolju 4x večje doze radiacije kot na Marsu. Saj tam marsova atmosfera in material marsovih tal zagotavljata večjo stopnjo zaščite kot tanke stene vesoljskega plovila. Večja poraba goriva zahteva tudi večje vesoljsko plovilo. Po izračunih bi ga morali sestaviti v zemljini orbiti. Veliko vozilo zahteva tudi večjo zaviralno silo in s tem spet več goriva. Masa se povečuje, stroški pa tudi.

Večja količina goriva poveča tudi čas izgorevanja in delovanja pogona. S tem se seveda povečuje obremenitev materialov in število možnih napak. Čas trajanja poleta v opozicijski misiji je mnogo daljši in potrebni so bolj zanesljivi in dalj časa trajajoči sistemi za podporo življenju posadke v vesoljski ladji. Čas prebit v vesolju v konjukcijski misiji je 180 dni, v opozicijski pa 430 dni. Ker se vesoljsko plovilo vrača na Zemljo mimo Venere, ga je potrebno dodatno zaščititi pred sončnim sevanjem. To je dvakrat višje pri Veneri kot je pri Marsu.

Pomemben je še čas bivanja na Marsu. Pri opozicijski misiji bodo vesoljci potovali 610 dni, da bi preživel 30 ali še manj dni na Marsu (index 0,049). Pri konjukcijski misiji bi potovali 360 dni in preživel na Marsu 550 dni (index 1,528). V prvem primeru bi bilo dovolj časa le za nabiranje nekaj malega vzorcev skal in za zapikovanje zastave v marsovska tla. Če bi se prav v tistem času razdivjal kakšen marsovski vihar, bi sploh ne mogli pristati. V drugem pa bi na nek način že kolonizirali Mars in bilo bi dovolj časa za resnejše znanstvene raziskave in eksperimente. Če bi nastopil vihar ob prihodu, bi lahko počakali, da se pesek poleže in potem pristali. Predlog, ki ga je podala NASA pri svojem enormno dragem projektu, je podoben počitnikarju, ki devet dni potuje na Havaje. Potem pa gre lahko na plažo za pol dneva, če vreme dovoljuje. Popolnoma nesmiselna zadeva.

Če se odločimo za konjukcijsko vrsto misije, je na voljo kar nekaj različic potovanja na Mars. Če upoštevamo Hohmanovo trajektorijo, je to najcenejša verzija z najmanjšo porabo goriva in z najmanj tehničnimi težavami pri zaviranju in utirjanju v marsovo orbito. Slaba stran je daljši čas potovanja. Kot sem že omenil, je ta verzija najboljša za dostavo tovora z avtomatiziranimi raketami. Pospešena trajektorija je optimalnejša za posadko. Poraba goriva je sicer nekaj večja, je pa čas trajanja potovanja najkrajši in s tem je tudi posadka manj časa izpostavljena breztežnemu stanju in možnim radiacijskim sevanjem. Zmanjšajo se sistemi in zaloge za preživetje posadke, s tem se zniža tudi skupna teža vesoljskega plovila. Zato je možno ob isti teži vozila povečati zaloge ali podvojiti, potrojiti ali celo početrveriti nujne sisteme za življenje in zaščito posadke. Poleg tega je možno preračunati določene začetne hitrosti, ki omogočajo prekinitev poleta proti Marsu in hitrejšo vrnitev na Zemljo, če bi se zgodilo karkoli nepredvidenega. Pri tem velja, da nižje začetne hitrosti poenostavijo in olajšajo predčasno vrnitev.

Začetna hitrost	Čas potovanja tja in nazaj	Čas potovanja pri predčasni prekinitvi	Čas za pot na Mars	Marsovsko atmosfersko zaviranje
A 3,34 km/s	1,5 leta	3 leta	250 dni	enostavno
B 5,08 km/s	2,0 leta	2 leti	180 dni	sprejemljivo
C 6,93 km/s	3,0 leta	3 leta	140 dni	nevarno
D 7,93 km/s	4,0 leta	4 leta	130 dni	nemogoče

Varianta A je torej najbolj primerna za dostavo tovora in manj primerna za potovanje posadke. Varianta B je za posadko najbolj sprejemljiva. Varianti C in D pa predstavljata sicer krajše čase

potovanja, a sta energetska potratni in obstaja nevarnost, da pri zaviranju na Marsu nastopi napaka in raketa odleti mimo.

Sklep se pojavi sam od sebe. Najboljša začetna hitrost z Zemlje na Mars je do 5,08 km/h in nič več za raketo s posadko in 3,34 km/s po Hohmanovi energetska varčni trajektoriji za tovarne rakete. Z Marsa je najboljša začetna hitrost 4 km/s pri vračanju posadke na Zemljo. A najpomembnejše je to: takšne hitrosti in zahtevano težo tovora zmorejo že sedanje rakete in torej s tega stališča ni problema, da bi ne poslali ekspedicije na Mars neposredno z Zemlje.

VESOLJSKA LADJA NA JEKLENICI

Eden od problemov potovanja po vesolju je breztežno stanje. To povzroča metabolične spremembe v človeškem telesu, ki zmanjšujejo kostno in mišično maso. Potovanje na Mars traja po šest mesecev v vsako smer. Mars ima sicer manjšo gravitacijsko privlačnost kot Zemlja, vendar so tudi ti procesi manj izraziti in ne predstavljajo problema kot potovanje samo. Vesoljci so v breztežnem stanju na vesoljskih postaji preživeli skoraj 18 mesecev, kar je daleč nad časom, ki bo potreben za pot na Mars in nazaj. Na mednarodni vesoljski postaji ISS je dolžina ene izmene 3 do 6 mesecev. Seveda je potrebno dnevno telovaditi po posebnem programu in na posebnih napravah tudi več kot 3 ure, da se presežejo težave povezane z učinki odsotnosti gravitacije (slabljenje kosti, manjšanje mišične mase, itd.). Po povrnitvi na Zemljo je potrebno dva do tri dni za osnovno adaptacijo na pogoje težnosti. Kasneje pa še kakšnih 6 mesecev, da se povrne človeško telo v začetno stanje. Seveda je to za posadko, ki potuje na Mars, nesprejemljivo. Zato je potrebno pripraviti v vesoljskem plovilu umetno gravitacijo s pomočjo centrifugalne sile.

Umetno gravitacijo dosežemo z rotacijo celotnega plovila ali pa samo bivalnih prostorov. Osnovna formula za preračun se glasi:

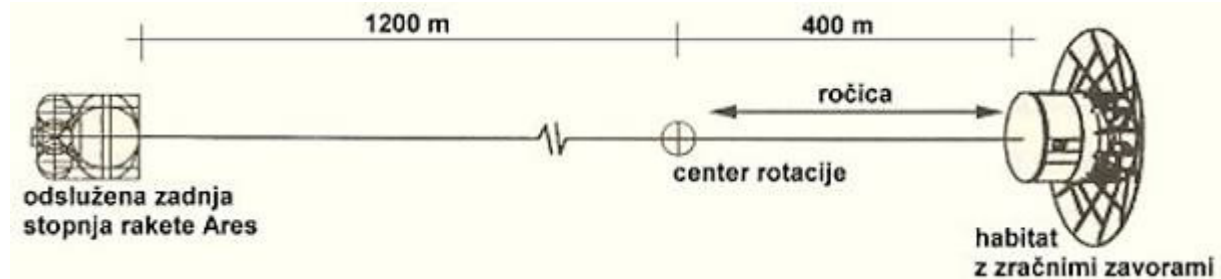
$$F = (0,0011)W^{2R}$$

F je centrifugalna sila, W je število obratov na minuto, R pa je dolžina ročice v metrih. Čim večje je število obratov, tem manjša je lahko ročica. A pri majhni ročici se človek počuti kot na vrtiljaku. Torej bi morala biti ročica čim daljša, da je hitrost rotacije čim manjša in so s tem težave kar najmanjše. Človeško telo mora biti obremenjeno s takšno gravitacijsko silo, kot jo ima Mars, da lahko deluje ustrezno na Marsu. Pri marsovi gravitacijski privlačnosti 0,38g (sila F) in enem obratu na minuto, bi morala biti ročica dolga 345 metrov. Po raziskavi Nase iz 1960-tih let, se človek lahko prilagodi za delo v okolju, kjer je 6 obratov na minuto. Če vzamemo gornji izračun, je potem ročica lahko dolga le 10 metrov.

Problem nastopi, ker je pri majhnih razdaljah rotacijske roke čutiti razliko med centrifugalno silo v nogah in v glavi. Pri 6 obratih in ročici dolgi 10 metrov, je razlika med občutkom teže v nogah in v glavi celo za 80%. Pri dveh obratih in ročici dolgi okrog 100 metrov je razlika le 2%, kar bi verjetno človek le težko zaznal. Pri hitrem gibanju se pojavijo še Coriolisove sile. Te nastanejo, ko želimo iti naravnost in nastane konflikt z dejstvom, da se tla ne samo gibljejo, temveč tudi neprestano menjajo smer z gibanjem okrog središča rotacije. Pri 6 obratih na minuto so zelo močne, pri dveh pa šibko zaznavne. Torej bi bilo želeno plovilo, ki počasi rotira na izredno dolgi ročici. V prvem trenutku pomislimo na model, ki ima izredno masivno ročico. Jasno, tudi teža vozila bi daleč preseгла na začetku zamišljeno težo in onemogočila neposredni start vesoljskega plovila z Zemlje. Takšno vozilo je na primer prikazano v filmu *Odiseja 2001* Stanleya Kubricka.

Rešitev je v izdelavi plovila na jeklenici. Na eni strani jeklenice bi bilo plovilo s človeško posadko in z vso opremo, na drugi strani pa bi rotirala izrabljena zadnja stopnja rakete Ares. Lahko bi sem postavili tudi rezervoar z gorivom ali vodikom ali še s čem. Vendar bi bil ta del rakete težko dosegljiv. Zato je najbolj primerna zadnja uporabljena raketna stopnja. Ta ni več nevarna ali potrebna za karkoli in je lahko odlična protiutež. Sistem bi rotiral okrog centrifugalnega centra nekje na jeklenici. Jeklenica je v projektu tudi natančno razdelana in opisana. Sistem z jeklenico sta pripravila inženirja Robert Forward in Bob Hoyt in februarja 1996 je bil z Shuttlem izstreljen testni satelit na jeklenici, ki je pokazal izvedljivost projekta. Naučili so se tudi, da jeklenica ne sme vsebovati nobenih električnih ali komunikacijskih vodov, ker ti povzročajo napake na sistemu.

Zubrin je razdelal tudi način, kako bi s tako rotirajočo vesoljsko ladjo na jeklenici izvedli popravke smeri. Največkrat se uporabljajo premiki po 20 metrov na sekundo. Podobno so uspešno premikali rotirajoče satelite Pioneer Venus Orbiter in Pionir Venus Probe Carrier. Pravzaprav zadeva niti ni tako zamotana. Rotirajoči sistem se namreč obnaša kot žiroskop in poskuša zadržati vse skupaj v ravni rotacije in v smeri začetnega impulza. S smernimi raketami potisnemo del s posadko v smeri popravka vsakič, ko sistem zarotira v to smer. Pri tem ne sme biti potisna sila večja od centrifugalne sile in jeklenica mora biti vedno napeta. Po osnovnem izračunu, kjer sistem rotira s hitrostjo 1 obrat na minuto in je na eni strani okrog 30 ton težek bivalnik (HAB) ter je na drugi strani okrog 10 ton težka zadnja nerabna stopnja rakete Ares, bi bila dolžina jeklenice okrog 1600 metrov.



Jeklenica je sestavljena iz več ovojev, plasti in posameznih jeklenih vrvi. Na ta način se prepreči pretrganje zaradi izrednih tenzijskih napetosti, prav tako pa bi tudi morala biti narejena tako, da bi preživela udarce mikro meteoritov in vesoljskih smeti.

KAKO SESTAVITI POSADKO?

Izbrati moramo posadko in določiti njeno število. Številčnost posadke določa velikost vseh sestavnih delov rakete in končno tudi njeno težo. Zato posadka ne sme biti preštevilna. S psihološkega stališča je tudi dobro, da je številčno majhna. Po drugi strani ni nobenih zadržkov, da bi na dolgi poti ne vzdržal en človek, dva, trije ali katerokoli drugo število ljudi. Zato moramo preveriti kakšni so cilji misije in katere strokovnjake sploh potrebujemo. Glede na dolžino ekspedicije lahko pričakujemo, da bo tu in tam odpovedal kakšen sistem (pogon, kontrola, podpora življenju). Zato najprej pomislimo na mehanika(co). Recimo mu tudi inženir poleta (flight engineer). Najbolje je, če je takšna oseba (moški ali ženska), ki ima nos, da morebitne težave predvidi že v naprej. Pri servisiranju sistemov je najlažje, če ima še kakšnega pomočnika, ki se na to področje spozna skoraj tako kot on. Za popravila je namreč potrebno skoraj vedno dvoje oseb. Ker je potovanje dolgo, je servisiranje zelo pomembna zadeva in je drug mehanik (engineer specialist) tudi zato upravičen. Pa še posebna znanja ima lahko za stroje, ki so že na Marsu.

Ker gremo raziskovati Mars, potrebujemo še raziskovalca(ko) (field scientist). Njegova ali njena naloga je, da določi cilje raziskav in vodi ekspedicijo na marsovi površini. Tudi tukaj bi bilo dobro, da mu/ji dodamo partnerja. Lahko je specialist na kakšnem drugem področju, vendar je v osnovi enako usposobljen. Pri tako dolgem poletu se lahko pripeti veliko stvari in seveda potrebujemo nadomestno osebo, če se prvi kaj pripeti. Eden od obeh bi moral biti geolog (Gea=zemlja, torej raziskovalec zemeljskih tal, za Mars si bomo šele morali izmisliti nove pojme), ki bo znal oceniti geološke vire in razumel geološko zgodovino Marsa. Drugi bi moral biti biokemik (scientist specialist), ki bi dobro poznal procese življenja in izvajal eksperimente s katerimi bi raziskoval kemično in biološko toksičnost marsovskih gradiv na zemeljske rastline in živali. Raziskati bi moral pogoje pod katerimi bi lahko ustvarili rastlinjake na Marsu.

In to bi bilo dovolj. Z dvema mehanikoma in dvema raziskovalcema bi lahko tvorili po dve mešani skupini. Dvojica v skupini bi vedno delala skupaj in si pomagala pri morebitnih težavah. Za ekspedicijo na Mars ne potrebujemo »poveljnika ekspedicije«, »pilota« ali »zdravnika«. Seveda potrebujemo poveljujočega, a to z lahkoto prevzame eden od štirih, ko je potrebno hitro odreagirati. Pri ostalih odločitvah je lahko odločanje demokratično. Kot pilota lahko v vsakem trenutku funkcionirata oba mehanika, pa tudi oba znanstvenika. Večino časa raketa leti avtomatično in pod kontrolo z Zemlje. Načeloma je lažje geologa naučiti pilotirati kot obratno. Pilotske sposobnosti pridejo do izraza le v nekaj trenutkih in še to večinoma za nadzor sistemov, če bi ti v kritični fazi odpovedali in bi bilo potrebno operacijo dokončati ročno.

Največ ugovorov je pri zdravniku. Kar nekaj ljudi bi zagovarjalo idejo, da je zdravnik na takšnem poletu nujno potreben. A vprašajmo se, kaj lahko zdravnik naredi? Svojih pacientov ne more operirati pri resnih težavah, saj nima na voljo vse potrebne medicinske opreme. Pri manjših težavah lahko prav tako uspešno funkcionira eden od naštetih štirih članov posadke, ki je opravil ustrezen medicinski dodatni tečaj. Tukaj je kot najprimernejši raziskovalec-biokemik. Ostali člani pa bi bili usposobljeni za dajanje prve pomoči. Medicinsko pomoč pri težavnih zadevah bi opravili ob asistenci z Zemlje. Ker bi pred odhodom podrobno pregledali zdravstveno stanje vse posadke, bi z Zemlje odpotovali praktično 100% zdravi vesoljci. Verjetno bi si še pred potovanjem dali odstraniti slepiče in urediti zobovje. Ti dve zdravstveni nevarnosti sta najbolj verjetni pri daljšem potovanju in jih je najbolje preprečiti. Na Marsu je največja verjetnost zlom okončine ali večja rana. Biokemik bi bil dovolj usposobljen in bi imel ustrezno opremljeno zdravstveno postajo, da bi uspešno uredil tudi takšne težave.

Torej, za pot na Mars potrebujemo dva pilota in dva znanstvenika, skratka posadko štirih moških in/ali žensk.

TEŽA IN MERE PLOVILA ARES

Koliko bi vozilo ARES tehtalo? Ker je predvidena posadka s štirimi osebami, je njena poraba naslednja:

ident	Potreba/človek-dan	Procent recikliranja (kg)	Izguba/človek-dan	ERV 200dni (kg)	Bivalnik 200dni (kg)	Bivalnik 600dni površje	Bivalnik skupno (kg)
Kisik	1,0	0,8	0,2	160	160	0	160
Suha hrana	0,5	0,0	0,5	400	400	1200	1600
Vsa hrana	1,0	0,0	1,0	800	800	2400	3200
Pitna voda	4,0	0,8	0,0	0	0	0	0
Tehnična voda	26,0	0,9	2,6	2080	2080	0	2080
SKUPAJ	32,5	0,87	4,3	3440	3440	3600	7040

Gornji račun upošteva 800-dnevno misijo, čeprav je osnovna dolžina dve leti ali 730 dni. Po pristanku na Marsu bi ERV imel s seboj 6,3 tone vodika. Tovarna bi proizvedla 94 ton metana in kisika ter še 9 ton vode. Od 94 ton goriva, bi uporabili 82 ton za pogon ERV iz Marsa nazaj na Zemljo, 12 ton pa bi porabili za porabo na licu mesta in za pogon marsomobilov.

Teža sistemov:

Vozilo za vrnitev na Zemljo (ERV)	tone	Bivalnik (HAB)	tone
ERV kabinska struktura	3,0	HAB struktura	5,0
Sistemi za podporo življenju	1,0	Sistemi za podporo življenju	3,0
Potrošni material	3,4	Potrošni material	7,0
Proizvodnja električne energije (solarna krila 5kWe)	1,0	Proizvodnja električne energije (solarna krila 5 kWe)	1,0
Kontrola reakcijskega sistema	0,5	Kontrola reakcijskega sistema	0,5
Komunikacije, informatika	0,1	Komunikacije, informatika	0,2
Pohištvo in oprema	0,5	Laboratorijska oprema	0,5
EVA oblačila (4)	0,4	Posadka	0,4
Rezerve (16%)	1,6	EVA oblačila (4)	0,4
ERV kabina SKUPAJ	11,5	Pohištvo in oprema	1,0
Zračne zavore (pristanek na Mars)	1,8	Odpri roverji (2)	0,8
Lahek marsomobil	0,5	Rover pod pritiskom	1,4
Nadomestni vodik	6,3	Znanstvena oprema za zunanje raziskave	0,5
ERV manevrirni sistemi	4,5	Rezerve (16%)	3,5
Tovarna za proizvodnjo goriva na Marsu	0,5		
Reaktor za proizvodnjo energije (80 kWe)	3,5		
ERV celota SKUPAJ	28,6	HAB SKUPAJ	25,2

Prva raketa ARES I brez človeške posadke ponese na Mars le ERV in njen koristni tovor bi tehtal 28,6 tone. Druga raketa ARES II, ki ponese bivalno enoto s človeško posadko, bi morala dvigniti koristni tovor 25,2 tone. Saturn V je lahko dvignil skupno (koristni tovor + lastna teža) 140 ton v orbito, ruska Energija zmore 100 ton, nova različica bi naj zmogla 200 ton. Američani imajo na voljo več različnih raket, ki zmorejo od 80 do 250 ton. Raketa Ares razvita iz Shuttla bi zmogla od 121 do 135 ton, kar bi zadostovalo za predvideni koristni tovor. Torej so praktično že zdaj na voljo rakete, ki bi brez večjih preoblikovanj zogle poslati človeka na Mars.

MARSOVSKE SIRENE IN POŠASTI

Marsovske sirene in pošasti predstavljajo dejanske in mogoče nevarnosti, ki prežijo na člane posadke na poti na Mars, med bivanjem na rdečem planetu in pri vrnitvi na Zemljo.

RADIACIJSKA NEVARNOST

Na Soncu na vsake toliko časa izbruhnejo protuberance, ki v vesolje izstrelijo na milijone ton hitro letečih radiacijskih delcev. Nekaj za človeka škodljive radiacije prihaja tudi iz drugih smeri v vesolju. Zemeljski magnetni ovoj in zračni plašč nas ščitita pred temi delci. Vendar je človek obremenjen z radiacijo tudi na Zemlji. Letna naravna radiacijska doza, ki jo prejmemo je 150 miliremov (0,015 rema). Ljudje, ki živijo na višjih legah pa prejmejo tudi do 300 miliremov letno. Do 75 remov letno je doza, ki na krajši rok ne kaže nobenega znaka vpliva na človekovo zdravje, na daljši rok učinki niso dovolj dobro raziskani. Radiacijsko slabost čuti 5-50% oseb pri ožarčenju z dozami od 75 do 200 remov. Pri 300 remih jo občutijo vsi. Nekateri tudi umrejo. Ko doseže doza sevanja 600 remov, umre 80% ožarčenih, skoraj nihče ne preživi pri ožarčenjih več kot 1000 remov. Po ožarčenju telo skuša popraviti napake, zato ni vseeno ali smo prejeli dozo v kratkem časovnem intervalu ali počasi skozi daljše obdobje.

Kozmično sevanje je zelo konstantno in ni zelo veliko. Glede na sedanje vesoljske polete domnevajo, da bi astronauti prejeli 20 do 50 remov letno. Sončni izbruhi lahko povzročijo sevanje nekaj sto remov v krajših časovnih intervalih. To pa lahko povzroči radiacijsko slabost in tudi smrt. Izkušnje imamo z velikimi izbruhi februarja 1956, novembra 1960 in avgusta 1972. Na podlagi teh so ugotovili, da vsaka zaščita zmanjša moč radiacije, ki jo na koncu prejme vesoljec. Običajna stena vesoljske postaje, pohoštv, oprema, energetski sistemi, fitingi in drugi objekti zmanjšajo moč prejete doze. Če je letna doza izpostavljenosti na odprtem 50 remov, je za steno vesoljske ladje že 38 remov. V vesoljskem bivalniku je Zubrin predvidel tudi centralni zaščitni prostor z večplastno zaščito, kot jo poznajo tudi na ISS. V njem se letna doza zmanjša 8 remov. Na samem Marsu pa že tanka atmosfera iz ogljikovega dioksida predstavlja zaščito. Letna prejeta doza v okolju na Marsu bi bila 10 remov na prostem in 3 reme v bivališču.

Predvidene radiacijske doze:

	Konjukcija (rem)	Opozicija (rem)
Kozmično žarčenje med poletom	31,8	47,7
Sončni izbruhi med poletom	5,5	9,6
Kozmično žarčenje na Marsu	10,6	0,8
Sončni izbruhi na Marsu	4,1	0,3
Skupaj letna doza sevanja	52,0	58,4

Iz teh ocen je razvidno, da je ta »pošast« obvladljiva ob primerni izdelavi zaščitnih sistemov, pri napovedovanju sončnega vremena in ob ustrezni pripravljenosti posadke, da izvaja samozaščito pred sevanji pri vseh opravilih, ki jih opravlja med potovanjem in na sami površini Marsa.

ČLOVEŠKI FAKTOR

Eden od ugovor za ekspedicijo na Mars je ta, da bi ljudje »znoreli«, če bi bili tako dolgo skupaj in ločeni od preostalega človeštva. Bivalnik obsega 101 kvadratni meter bivalne površine v dveh etažah, kar za štiri člansko posadko predstavlja kar udobno bivališče. Na vesoljskih postajah Spacelab, Mir in ISS so vesoljci prebivali tudi po več kot šest mesecev skupaj v paru ali v troje. Po pristanku na Marsu bi posadka na njem preživela leto dni in pol. pri tem bi se ukvarjala z različnimi dejavnostmi in raziskavami. Na povratku bi preživela v ERV plovilu, ki bi bilo po površini za polovico manjše od bivalnika. Z Zemljo bi bila v stiku preko različnih vrst komunikacij. Zaradi tega, ker

potujejo signali s hitrostjo svetlobe, bi bil zamik komunikacije za 40 minut, ko bi bili na Marsu. Pri vračanju, bi se ta zamik seveda zmanjševal.

Na Marsu ni bolezenskih klic, ki bi povzročale bolezni. Seveda bi sestavili psihološko in sociološko uravnoteženo posadko sestavljeno iz dveh pilotov-tehnikov in dveh specialistov-znanstvenikov. Eden od članov posadke bi bil priučen za drobne zdravstvene in kirurške posege. Prav tako bi bila zdravstveno pregledana in zdrava. Na Zemlji imamo poklice, ki so stresno in zdravstveno mnogo zahtevnejši od poklica vesoljca - raziskovalca Marsa. Recimo, če vzamemo posadko atomske podmornice, ki preživi več kot šest mesecev brez stika s kopnim in svojci.

Ta »pošast« je ena izmed najmanj strašnih, je obvladljiva in zanjo poznamo ustrezne postopke, da jo zmanjšamo, preprečimo ali zdravimo.

PEŠČENI VIHARJI

V redki marsovi atmosferi se redno zakuhajo peščeni viharji. Največji opazovani doslej, je prekril celotno površino Marsa leta 1971. Ker predstavlja ta le 1% zemljine atmosfere, je tudi pritisk vetra mnogo manjši. V kolikor imamo viharni veter s hitrostjo 100 km/h na Marsu, je njegova dinamična sila tolikšna kot pri sapici s hitrostjo 10 km/h na Zemlji.

Edini doslej ugotovljeni problem bi bil, če bi uporabili kot vir energije sončne celice. Med viharjem bi se njihova učinkovitost zmanjšala do 50%, kar bi ogrozilo delovanje postaje na Marsu. Zato je predvideno, da bi na Marsu v glavnem uporabili nuklearni ali radioizotopni generator kot glavni vir energije in solarne celice kot pomožni. Pa še te predvsem za pogon raziskovalnih poljskih laboratorijev in naprav. Za pogon vozil pa bi se uporabil metan, ki ga proizvede avtomatska tovarna goriva. So pa izkušnje dveh roverjev na Marsu pokazale, da veter sam večkrat očisti zaprašene sončne celice in s tem pomaga pri ohranjanju njihove učinkovitosti.

Problem seveda predstavlja še pristanek s pomočjo padal sredi peščenega viharja. A že sam program odprave na Mars predvideva najprej vtirjenje v orbito, pregled mesta pristanka in pristanek v najbolj ugodnih pogojih.

Tudi ta »pošast« je obvladljiva in bo verjetno največjo težavo predstavljal najbolj fin pesek, oziroma marsovski prah. A tudi tukaj bodo z nadaljnji odpravami našli ustrezne rešitve na podlagi »marsovskih« izkušenj.



Tipična marsovska pokrajina (foto marsovski rover Spirit)

MARSOVCI NAPADAJO

Nekateri gledajo slabe znanstveno-fantastične filme in razmišljajo o morebitnih bakterijah, ki so osnova življenja na Marsu. Kaj se bo zgodilo, če te bakterije napadejo vesoljce? Kaj, če jih ti nehoti prinesejo nazaj na Zemljo? Kaj bo z zemeljskimi bakterijami, se bodo spremenile v neobvladljive pošasti?

Vse to so filmske neumnosti. Že milijarde let obstaja izmenjava materiala med planeti v našem sončnem sistemu. Na Zemljo vsako leto pade povprečno 500 kilogramov meteoritov, ki izvirajo z Marsa. Prav gotovo nekaj sto kilogramov zemeljskih meteoritov prejme tudi Mars. Ne glede na to, da so bili ti kamni izvrženi z Marsa ob trku z večjim meteorjem, da so potovali nekaj stotisoč ali milijonov let skozi vesolje, da so zgojevali v našem ozračju, jih vse to ni popolnoma steriliziralo.

Drugi argument je to, da mi ne zbolevalo za boleznimi dreves in da drevesa ne dobijo človeškega prehlada. Bakterije in virusi, ki povzročajo bolezni, se morajo prilagoditi svojemu gostitelju. Prilagoditev pa je dolgotrajen proces, ki traja nekaj milijonov let. Drevesne in živalske bakterije so si tako različne, da ni mogoč prehod. Če bi bile marsovske bakterije, bi bile tako drugačne, da sploh ni pomisliti za preskok na človeka. Zemeljske bakterije bi lahko obstale v marsovskem »ekosistemu«, vendar bi bilo potrebno za spremembe kar nekaj stotisoč let. Razmišljanje o tem je podobno, kot če bi preselili morske pse na afriške savane in potem pričakovali, da bodo kot primarni mesojedci zamenjali leva.

Ta »pošast« je torej posledica slabih ZF filmov in ne dejanskega stanja. Kar dokazujeta še roverja, ki se vozita po Marsu že nekaj let.

KAJ JE BOLJE - DODATNO ZAVAROVANJE ALI PREKINITEV POLETA?

Naslednji premislek pa res predstavlja najbolj neprijetno »pošast«. Pri načrtovanju ekspedicije na Mars se lahko soočimo z raznimi težavami, ki predvidevajo predčasno prekinitev poti na Mars. To se lahko zgodi prej, preden pridemo tja, lahko tudi, ko je plovilo že v krožnici okoli Marsa. Zdaj je nujno potrebno nekaj narediti. Prvi razmislek pravi, da se takoj vrnemo domov na Zemljo. Seveda je Zubrin v projektu pregledal vse možne scenarije katastrofe in načine vrnitve vesoljskega plovila na Zemljo.

Vsi ti scenariji predvidevajo konjukcijsko pot, saj ne moremo čakati na ustrezno izstrelitveno okno, ki bi nas po opozicijski poti vrnila na Zemljo. Povedali smo, da je ta pot nazaj dolga 430 dni. Do Marsa pa smo potovali 180 dni. Če je bila načrtovana opozicijska pot, potem je na vesoljski ladji premalo goriva in hrane ter ostalih potrebščin za podporo življenja. Načrtovano je bilo 180 dni za vrnitev nazaj, za vračanje pa potrebujemo 430 dni. Tudi če bi posadka uporabljala vire zelo racionalno, bi umrla od lakote vsaj 100 do 150 dni prej, preden bi prispela nazaj. Seveda lahko povečamo zaloge hrane, a se s tem povečuje teža vozila, za to potrebujemo več goriva, kar da spet več teže. In na koncu smo tam, kjer smo bili na začetku.

A prej si zastavimo vprašanje: ali je Zemlja res edino varno zavetišče? Res je, da je domače in prijetno. A kot zavetišče prav tako lahko uporabimo kar - Mars. Ne bo sicer zelo udobno, a življenje si bomo rešili. Tako razmišljanje nas pripelje do zaključka, da ne smemo načrtovati ekspedicije na Mars z mislijo na prekinitev poleta, če pride do težav. Temveč je potrebno misijo načrtovati tako, da ponuja dodatna zavarovanja, če do težav pride. Mars se uporabi kot varno zavetišče, če se za to pokaže potreba.

Poglejmo torej vse možne scenarije predčasnega ali nenačrtovanega zaključka ekspedicije. Raketa je uspešno startala in utirila raketo v orbito okoli Zemlje (LEO). Naslednji korak je pospeševanje rakete za pot na Mars. ΔV za hitro eliptično pot (trajanje potovanja 180 dni) je 4,3 km/s. A za počasno Hohmanovo eliptično pot (250 dni) je $\Delta V = 3,7$ km/s. Če raketa doseže to hitrost, se lahko vseeno odpravi na pot proti Marsu. Če je ne doseže, bo raketa odšla le na zelo ozko eliptično krožno pot okoli Zemlje. Pri ponovnem približevanju Zemlji bi posadka s pomočjo pogonskega sistema na bivalniku (HAB) toliko spremenila hitrost in krožnico, da bi se plovilo pričelo usmerjati v gostejše zemeljske atmosferske plasti. Z aero-zaviranjem bi se plovilo po nekaj obkrožitvah toliko upočasnilo, da bi ga bilo mogoče doseči s z drugim plovilom in rešiti posadko. Naslednja možnost je, da doseže plovilo hitrost ΔV med 3,3 in 3,7 km/s. Tudi tukaj lahko uporabijo bivalnikov pogonski sistem. Ta ima največjo ΔV 0,7 km/s, a je to dovolj, da s proti-potisno silo zaustavijo plovilo in mu zmanjšajo eliptično krožnico ter se vrnejo na Zemljo.

Na poti do Marsa imajo vedno dovolj možnosti, da se potovanje prekine in se s pomočjo raznih potisnih sistemov vrnejo na Zemljo. Od oddaljenosti od Zemlje je odvisno, koliko časa je potrebno, da se vrnejo nazaj. Vse to je možno v 95% dolžine potovanja.

V zadnjih 5% poti postane zadeva zamotana, ker se takrat vesoljska ladja že usmerja v eliptično krožnico okoli Marsa. V tem primeru bi bilo potrebno ta manever izvesti do konca. Šele potem bi bilo mogoče izvesti dolgotrajen povratak po konjukcijski poti mimo Venere na Zemljo. V prvih 175 dneh potovanja je vedno mogoče prekiniti potovanje in se vrniti po opozicijski poti nazaj na Zemljo. Potovanje nazaj tako traja največ 180 dni. V zadnjih 5 dneh pa se zadeve zakomplicirajo.



Marsomobil in raziskovalci na Marsu.

Pri načrtu potovanja na Mars ni predvideno dvodelno vesoljsko plovilo, kjer bi en del ostal v orbiti, drugi pa pristal. Zato nagib in položaj eliptične orbite niti ni bistven. Če bi imeli dvojni sistem, bi to vplivalo na izračun utirjenja pristajalnega dela in njegove kasnejše združitve z orbitalnim delom. Pomembna je le poravnava na področje, kjer se že nahaja tovarna goriva na Marsu in ladja za vrnitev na Zemljo (ERV). Ta je bila na Mars poslana že pred letom dni in pol. Sistem na Marsu je poln goriva, kisika in vode. Prav tako vsebuje hrano in sisteme za podporo življenju. Logičen sklep je torej ta, da posadka vseeno pristane na Marsu, saj je tam drugo najboljše možno zavetišče v vsem Osončju. Prvo je seveda Zemlja.

Možno je tudi, da ERV poleti avtonomno z Marsa in pride naproti. Posadka se prekrca nanj v orbiti in se vrne na Zemljo. S tem niso izkoriščene vse variante orbitalne rešitve vrnitve na Zemljo.

Če ni težav s pristankom na Marsu, potem je zagotovo najbolje, da se ekspedicija nadaljuje tako, kakor da se ni nič zgodilo. Posadka ima rezervno raketo (ERV) za vrnitev na Zemljo na voljo. Možno je, da z Zemlje že leti proti Marsu rezervna raketa, ki bo prispela v naslednjih 180 dneh in omogočila posadki vrnitev. Ker je na Marsu že dve leti avtomatizirana tovarna z robotiziranimi vozili, je mogoče z njimi raziskati površino okoli ERV in najti najustreznejše mesto za pristanek bivalnika. Poleg tega je mogoče postaviti aktivni sistem za vodenje pristanka in tako se lahko ta izvede z zelo veliko natančnostjo in previdnostjo.

Ker so pristali s bivalnikom, ki ima dobre, večkratno varovane sisteme za podporo življenja, je njihova možnost za preživetje mnogo večja, kakor če bi pristali le z raziskovalnim zaklonom, kot ga predvideva NASA v svojem »90-days report«. Rover, ki je prispel z avtomatizirano raketo, ima doseg preko 1000 kilometrov in lahko premaga razdaljo, ki loči avtomatizirano tovarno in ERV ter bivalnik zaradi popolnoma zgrešenega pristanka.

Posadka je tako na Marsu večkratno zavarovana. Prva varovalka je bivalnik, ki je popolnoma opremljen za dvoletno bivanje na Marsu, druga varovalka je vozilo za vrnitev na Zemljo (ERV), ki je popolnoma funkcionalno in polno goriva. Tretja varovalka je možnost, da jih doseže rover v krogu 1000 km od avtomatizirane tovarne. Četrta možnost je, da se ERV avtomatizirano po hiperbolični poti prestavi čez polovico planeta do mesta njihovega pristanka. Peta je možnost, da ob naslednjem izstrelitvenem oknu z Zemlje pošljejo dodatno avtomatizirano raketo z opremo in z dodatnim sistemom za vrnitev na Zemljo.

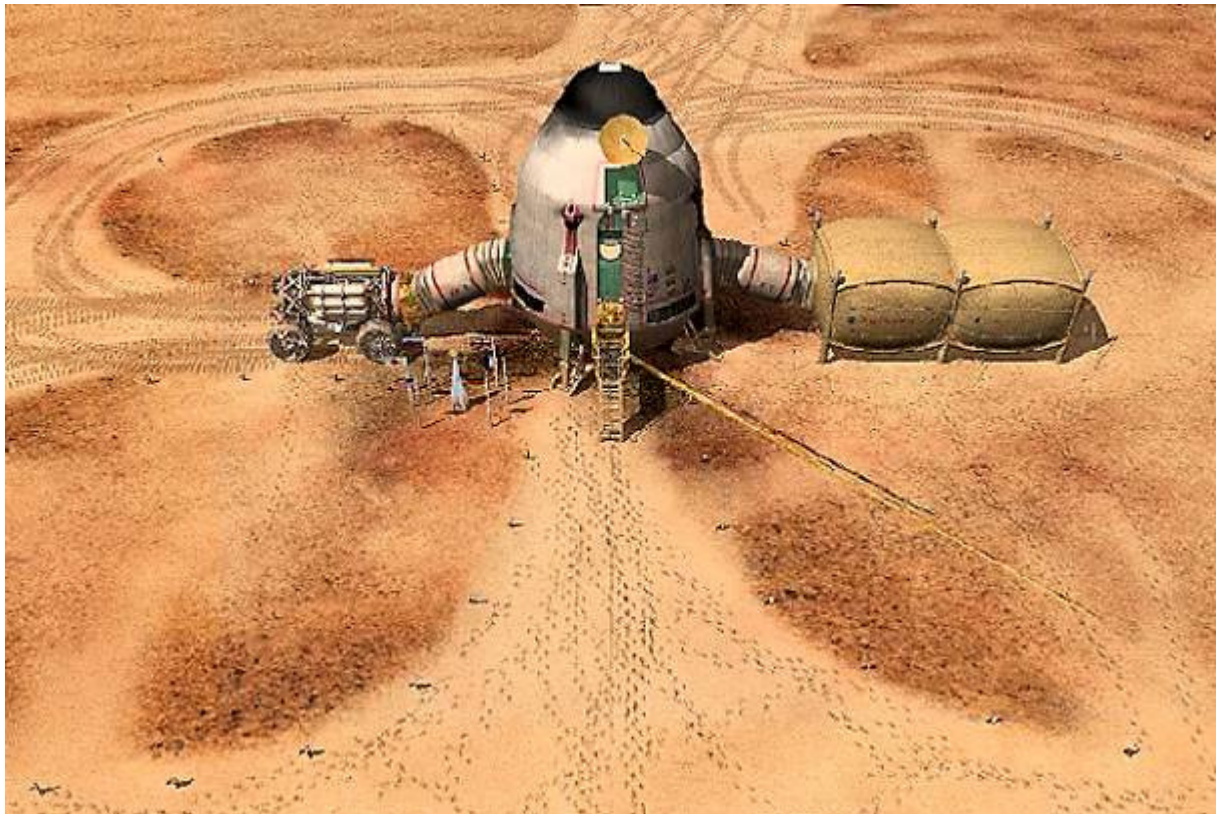
Vsekakor je najbolj kritičen pristanek na Marsu. A tudi tukaj je možnih več različnih scenarijev. Glavna prednost tega projekta je v tem, ker je pristanek bivalnika dokončen in struktura ne doživlja ponovnega stresa pri startu z Marsa. Količina goriva pri pristanku je minimalna, saj sistem ne bo več poletel. Posadka ima na drugi strani na voljo ERV, ki je v odličnem stanju, saj je bilo preverjeno

preden so astronauti sploh poleteli na Mars. Kasnejše posadke imajo na voljo še več opreme, ki so jih pustile predhodne ekspedicije in s tem še več možnosti za uspešen povratek na Zemljo.

Iz povedanega sklepamo, da je boljše nadaljevati polet do Marsa in tam počakati ali celo organizirati vrnitev.

SMO NA MARSU IN KAJ ZDAJ?

Bivalnik (HAB) je praktično že skonstruiran in se ga preizkuša na treh lokacijah na Zemlji. Ker bi naj »naseljenci« in »kolonizatorji« živeli na Marsu okrog 550 dni (18 mesecev), je potrebno tudi podrobno obdelati ta obdobje ter pripraviti vse potrebne elemente za tako dolgo bivanje. Seveda pa je potrebno vse skupaj še nadgraditi.



Marsovska baza Diomedes

V programu je predvideno, da bi se baza imenoval Diomedes. O tem in o vsem drugem bom spregovoril v enem od naslednjih prispevkov.