

# ELEKTRIČNO TRODELNO VOZILO ZA ISPITIVANJE MARSA

*B.T. Fijalkovski, J.W. Krosnicki*  
Politehnika Krakowska, Poljska

M.G. Bekkero dedicatum

**1. Rezime** *Vanzemaljsko potpuno električno trodelno vozilo za ispitivanje Marsa (MRV) "Beker"-ovog tipa biće napravljeno za prelasku svih uzvišenja unutar uskih grebena i sa stabilnošću u pogledu prevrtanja na strmim nagibima. Ovo MRV će biti početak razvoja za dva do tri vozila na elektromehanički pogon i spojnicama sa mekatroničkim prekidačkim logičkim upravljanjem na pojedinačnim elektromehaničkim spojnicama i/ili upravljačkim mehanizmima.*

*Autori razvijaju treću generaciju samohodnih VAP (Very Advanced Propulsion) sfera kao jedan od glavnih delova programa njihove samohodne tehnologije i automatizacije (ATA). Glavni naponi ispitivanja i razvoja (R&D) samih autora dostigli su najviši nivo dizajna i konstrukcije na novim eksperimentalnim planetarnim elektromehaničkim motorizovanim vozilima bez prenosa sa gumama od isprepletane žice sa DC elektromehaničkim makrokomutatorima za felna motore koji su primenjeni u samohodnom pogonu.*

*Osnova elastičnosti točka od isprepletane žice se sastoji u jednoj ili više kružnih traka od isprepletane žice napravljenih od vrlo jakih kompozitnih vlakana sa malim transvezalnim vijugama u obliku bureta, koji pokazuje svoje prednosti – gladak rad, mala masa unutar koncepta velike mobilnosti sa integrisanim oprugama u vešanju, veliki otisak i odlično savladavanje prepreka.*

*Ovaj rad takodje opisuje dizajn i konstrukciju novog koncepta planetarnih elektromehaničkih vozila bez prenosa sa gumama od isprepletane žice kao kompaktnim, sa velikim torzionim momentom, VAP sferama za vanzemaljska električna upravljana trozglozna vozila MRV "Beker"-ovog tipa.*

## UVOD

Mars je planeta slična Zemlji i zato su astronomi dugo razmišljali o mogućnosti života na Crvenoj planeti. Svi bespilotni lenderi poslani na Mars u prošlosti nisu našli znakove biološke aktivnosti.

Fotografije Marsa pokazuju da se radi o suvoj, hladnoj, nabijenoj kraterima, planeti o kojoj nije skupljeno dovoljno podataka o postojanju značajnijih rezervi vode, ugljen-dioksida i azota da bi se omogućilo teraformiranje.

MRV-ovi bi mogli doći do tih podataka.

NASA i ESA trenutno planiraju slanje bespilotnih misija da bi ispitale teren i ispitale površinu, sve kao uvod u misiju sa ljudskom posadom. Osnovni problem u bespilotnim ispitivanjima leži u autonomnom radu vozila jer SSR radio komunikacija uključuje velike pauze u radu.

Predviđene su lokacije za uzimanje uzoraka.

Manevrisanje od početne do ciljane pozicije iziskuje od MRV-ova savladavanje raznih prepreka npr. velikog kamenja koji blokiraju najkraći put do cilja. Fizički integritet vozila mora da se održi tokom tog procesa tj. dostizanja cilja. "Fuzzy" logika sama sebe vodi do stabilnih kontrolnih sistema koji funkcionišu očekujući pojavu nepredviđenih stvari.

Bilo da su u pitanju kontrola ili navigacija MRV-ova na Marsu, NASA i ESA u 1990-tim, ne mogu očekivati povećanu autonomiju bez postojanja efikasnih ekspertskih sistema.

Proces dizajniranja MRV-a treba izvesti u stepnima, kroz tri faze tj. konceptualno, fundamentalno i detaljno dizajniranje. Uopšteni model izrade u ovim stepenima jeste predloženi metamodel. Na osnovu njega, treba raspravljati o prezentaciji poznatog znanja i rešenja. Kako i MRV podpada pod fizičke zakone realnog sveta, poznavanje fizike istog tj. ontološko znanje je nezamenljivo u dizajnu novog predmeta. Mehanizam metamodela, koji dopušta dizajniranje sa ICAD sistemom (daje podršku ontološkom znanju), treba predstaviti. I kao glavnu crtu dati biblioteku kao bazu poznavanja fenomena.

Prvo vanzemaljsko bespilotno vozilo EV (Električno vozilo) koje se spustilo na Mesec, zvalo se Lunakhod i počelo je svoje putovanje, kontrolisano sa Zemlje, 17. novembra 1970. Prešlo je 10,54 km (6.54 milje) na usponima da 30<sup>0</sup> u Mare Imbrium-u. Postalo je neupotrebljivo 4. Oktobra 1971. (21)

Četvrta lunarna misija, Apollo 15, krenula je 26. jula 1971. Izmene na letelici dopuštale su duži ostanak na Mesecu i dodatnu naučnu opremu. 30 jula 1971, u 18.16 EDT, astronauti su sleteli na Hadley planininski greben. Tokom 66h 65 min, koliko su boravili na Mesecu, koristili su prvo vanzemaljsko pilotno vozilo LRV (Lunar roving vehicle), za 18h 36 min su uspjeli da sakupe oko 77 kg materijala sa površine Meseca, postave geografske instrumente, izvrše geografska ispitivanja. Sleteli su u Pacifik 7. avgusta 1971. (15)

Brzinski i daljinski rekord u putovanju površinom Meseca je postavio Apollo 16 sa svojim LRV-om i on iznosi 18 km/h (11.2 mph) nizbrdo i 33.8 km (22.4 miles).

Razvojni tim Boinga (BDSG) je razvio nove generacije LRV-ova i MRV-ova. Na primer, najveći prototip MRV-a ima ukupnu masu od oko 9 kg. (17)

Planetarni istraživači u Nasinoj laboratoriji JPL u Pasadeni Ca, USA, napravili su prototip MRV-a koji prikuplja uzorke sa površine Marsa i vraća ih na Zemlju ali bi zbog svoje veličine, bio preskup za lansiranje. Za istu cenu Nasa planira slanje čitave flote manjih MRV-ova. Poslednji testovi sa 56-funti teškim prototipom nazvanim ROCKY 3 mini MRV-om napravljenim u JPL-ovim laboratorijama i ispitanim na teškim terenima u Avawatz planinama, Ca, USA – slični su terenima koje je savladavao Viking 2 na Marsu, tvrdi g-din Roger Bedard, menadžer u Roving technologies. (16) Rocky 3 je dve stope dugačak, uzorke sakuplja svojom mehaničkom rukom. Kontrolisan je SSR-om i nosi infracrvenu video kameru (IR). TV i SSR signali putuju više od 4 min i u međuvremenu vozilo je autonomno. U septembru 1992 raketa TYTAN 2 će poneti u orbitu bespilotnu letelicu MARS OBSERVER, koja će napraviti digitalnu mapu površine Marsa. I ovaj lender je napravljen u Nasinoj JPL u Pasadeni, Ca, USA.

## **BEKEROVA GUMA**

Nikad prežaljeni profesor dr. M. Gregory Bekker je napravio pravi korak u pravcu izrade žicom bandažiranog točka. Njegov projekat je nepneumatski, metalni točak od isprepletane žice razvijen u BAG, USA, ima mali otpor pri kotrljanju, mali spoljni šum i dobar odziv na upravljanje. Čini se da MRV ima četiri ravne, kompaktne gume koje ne mogu da se probuše, nije potrebna rezervna. Spolja to izgleda kao super otporna guma sa žicanim šiljcima. Prikazan u preseku, Bekerov točak je nalik buretu ojačanim metalom ili kompozitnom obliku sa metalnim čvorovima. (1)

Ovakva konstrukcija omogućuje drenažu vode, ako je bude bilo, kao i prelazak malih rupa u spoljnjem grebenu između linija blokova kamena.

Projekt dr. Bekera deformaciju gume usled tereta i nepravilnosti terena prenosi na samu površinu terena, u poredjenju sa uobičajenim pneumaticima sa vazduhom. Ovo kao posledicu ima bolje upravljačke karakteristike, pogotovo kod savladavanja uglova. Dodatno, metal ili guma sa kompozitnim šiljcima ima kvadratni otisak sa oko 50% boljim prihvatom površine u odnosu na klasični ovalni dodir sa površinom. U testovima na licu mesta ustanovljena je 30% manja otpornost na kotrljanje u odnosu na pneumatike. Ovo je zbog toga što metal ili kompozitni materijali imaju mnogo manje sopstveno prigušivanje od gume, što troši značajnu količinu energije kako se ona stalno nabija i otpušta.

Nažalost, loše prigušenje metala ili kompozitnih žicom bandažiranih točkova je uzrok vibracija koja dolaze do samog tela MRV-a, stvarajući tako unutrašnje oscilacije. Da bi ovo rešili, nesto izmenjenu sferu sa elektro-reološkim fluidom (ERF) i vrlo naprednim vešanjem (VAP) treba smestiti u svaku spojnicu trodelnog električnog vozila Bekerovog tipa.

Drugi problem su statičke deformacije površine točka posle dugotrajnog parkiranja, uzrok su neravnomerne vožnje sve dok inicijalna rotacija i centrifugalna sila ne povrate normalni kružni oblik. Dr. Bekker je bio ubeđen da bi drugačiji metal ili druga vrsta kompozitnog materijala mogla da reši ovaj problem.

Novi prilaz pokretljivosti na ili van puta izvlači prednosti iz kružne (ili oblika bureta) vlaknaste, otporne na rđu, lagane neprekidne trake koja povezuje žicom bandažiranih točkove sa elektromehaničkim felna motorima kojima se upravlja sa DC makrokomutatorima, zamišljenim i

izvedenim do strane autora, može biti primenjen na samohodne VAP sfere, postavljene u vanzemaljsko električno trodelnog MRV Bekerovog tipa, takođe, mogu se kombinovati funkcije vešanja sa oprugama i prenos preko velikih otisaka u jednoj strukturi, sve razvijeno u Krakovskom Politehničkom institutu "Tadeuš Koščuško", Poljska.

Isti prilaz je ranije razvijen od BAG, USA kao wire-mesh točak za .45 Mg 4\*4 LRV za NASA u George C. Marshall Space Flight Center in Huntsville, AL, USA tačke (1), (8), (13).

Koncept je preuzet iz ranijih pokušaja profesora dr. M. G. Bekkera koji je zapazio prednosti visokootpornih metala i kompozita i upotrebio ih neprekidne kaiševe kod opruga sa neprekidnim radom tj. žicom bandažiranih točkova. Osnova ovih točkova su jednostruke ili višestruke neprekidne trake od isprepletane žice od visokootpornih, nerđajućih, laganih vlaknastih kompozitnih materijala sa malom transvezalnom šarom oblika bureta koja prelazi ivicu točka a služi za dobro prijanjanje kod mekanih ili neravnih podloga. Do danas NASA smatra wire-mesh točak kao glavnu varijantu za LRV-ove i MRV-ove. (1,2,8,12,13,15-17)

Prema M.G. Bekker-u i drugima (1,2,8,18,19) osnove žicom bandažiranog točka podrazumevaju skoro kružni oblik koji rasprostire vertikalni teret na širok deo terena (veliki otisak). Osnovni žicom bandažirani točak ima vešanje čije opruge mogu da podnesu veliko opterećenje (tj. radialnu kompresiju) tako da vozilo poseduje široku mobilnost, ako je pravilno vođeno, naravno.

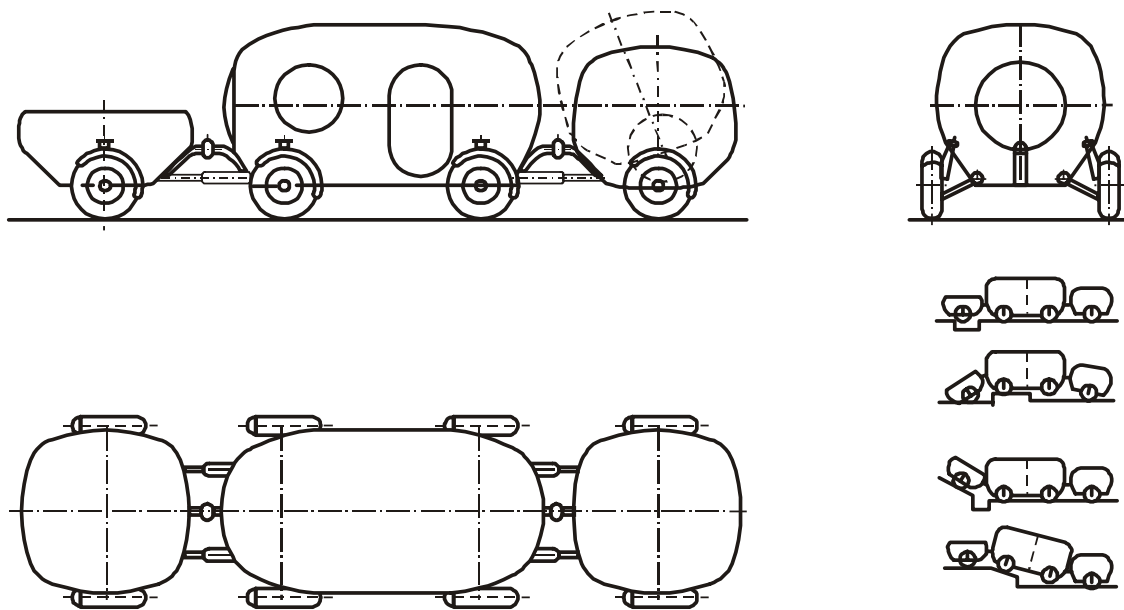
Na kraju, osnova žicom bandažiranog točka može biti segmentno ojačana metalnim izvodima koji mogu da učvrste spoj sa ivicom rama točka. Svaki skok i/ili odbitak osnovnog žicom bandažiranog točka rezultuje u izduživanju/skraćivanju elipse glavne osovine i tako odgovarajuće njihanje poput ruke. Veći pokret opruga žicom bandažiranog točka ublažava teren a čvrstina gaženja i vrlo niska masa daje značajne prednosti u pogledu kvaliteta vožnje. Iskliznuća wire-mesh točka mogu biti rešena pomoću čeličnih glavčina za prednje i/ili zadnje točkove da bi se osigurao stalan rad.

U originalu, pokretljivost LRV-a sa žicom bandažiranim točkovima je bila razvijena za potrebe istraživanja Meseca, i tek poslednjih par godina su dobila na važnosti zbog mogućnosti istraživanja na Marsu.

U početku, konvencionalna LRV vozila sa žicom bandažiranim točkovima koja su bila izgrađena u The Boing Company, Aerospace Group (1), (2), (8), (13) su izmenjena od strane autora u osmotočkaški pogon MRV vozila Bekerovog tipa stavljanjem osam električno napajanih žicom bandažiranih točkova sa motorima, svaki od njih poseduje felna motor sa elektromehaničkim DC makrokomutatorom, tako povećavajući pokretljivost.

### **Ekperimentalni koncept-dokaz za VAP i VAG sfere za misije sa ili bez pilota vozila za kretanje po Marsu**

U misijama sa ili bez pilota za LRV & MRV kao primer studije predstavljeno je VAP vozilo kao elektromehaničko ekperimentalni koncept-dokaz, uključujući VAG sferu, električni napajanje i mekatronički kontrolisanu, vozilo sa točkovima, trodelnog, tzv. tri-u-jednom MRV Bekerovog tipa sa visokom pokretljivošću i lakim vođenjem, uključujući upravljanje, što je zamišljeno i projektovano od strane autora.



Slika 1. *Potpuno električno napajano, trodelno, tri-u-jednom vozilo*

Slika 1 pokazuje uopšteno ideju vanzemaljskog potpuno električno napajanog, trodelnog, tri-u-jednom vozila Bekerovog tipa, koje je projektovano u pogledu pokretljivosti za savladavanje nagiba uskih grebena i sa velikom stabilnošću, da ne bi došlo do prevrtanja na strminama.

Ovakvo MRV bi bilo preteča dva ili tri vozila (VU – Vehicle Units) koja bi imala elektromehanički pogon, spojnice upravljane pomoću mekatronički prekidačko-logički kontrolisanih međujedinica (IU – Inter Unit) sa elektromehaničkim kvačilima (tj. zglobnim kvačilima) i/ili upravljačkim mehanizmom (4,6). Ovo poslednje omogućava vozilu brz rad kvačila bez potrebe za spoljnim intervencijama i sa značajnom “razdešenošću” pojedinačnih delova kao i MRV upravljanje bez obzira na napore do kojih dolazi usled savladavanja staze. Pored fuzzy-logičke kontrole visine nagiba između samih jedinica su dodatne VU za povećanje sposobnosti savladavanja prepreka (prelaske itd.)

Pogon na sva četiri točka srednjeg dela (4WD – Four Wheel Drive) omogućava tom delu (MU – Middle Unit), samostalno operisanje, kao kod LRV-ova Bekerovog tipa, koliko to dopušta sopstvena pokretljivost. Dodatni moduli, na prednjem delu sa pogonom na dva točka (2DW – Two wheel drive) i/ili na zadnjem delu (RU – Rear unit) ne bi trebalo da ometaju normalne operacije.

Dva ili tri VU-a mogu biti spregnuta kada astronaut, ili ako je vozač robot, procene da samo 4WD MU ne može uspešno da savlada teren, ili usled loše procene, kada 4WD postane nepokretan.

Elektromehanički aktuatori mogu da zakače i učvrste “plivajuće” delove sprege, i/ili mehanizma za upravljanje. Tokom procesa sprezanja nije potrebno imati nekog izvan MRV-a.

Deo opreme je i kontroler za veštačku inteligenciju (AI – artificial intelligence), jedan čip mikrokompjuter, pripada AI mikrokontrolerima, dodat je zbog koordinacije izvor energije – DC elektrohemijski izvor (SB – Storage Battery) i gorivnu ćeliju (FC – Fuel Cell), takođe, elektromehanički DC makrokomutator za wheel-hub motore koji pokreću operacije MRV-ovih žicom bandažiranih točkova tj. da bi optimizovao i pojednostavio prekidačko-logičku kontrolu elektromehaničkih monoupravljujućih VAP sfera sa oba zgloba (spojnice i/ili mehanizam za upravljanje). (4), (6)

Baricentar se nalazi u centru trupa MU-a. Četiri motorizovana žicom bandažirana točka na svakoj strani tri VU-a imaju nezavisno spoljno žicom bandažirano vešanje sa helikoidnim oprugama koje poseduju varijabilnost prigušenja (amortizeri) bez mehaničkih ventila koji korise ERF. Aktivna kontrola vešanja vozila biće rešena sa fluidnovešajućim MRV-om. Linearni senzori zajedno sa varijabilnim prigušivačima čitaju površinu terena. Sa povećanjem zazora, izdizanjem od

tla MRV-a, povećavaju se mogućnosti vozila u pogledu krstarenja, takođe i pokretljivost je povećana.

Astronauti na Marsu biće ograničeni na istraživanja objekata unutar granica hoda od njihovog marsijanskog modula (MM – Martian Module). U ne tako dalekoj budućnosti, dva astronauta će voziti osmotočkaš, sa potpuno električnim napajanjem, trozglobni, tri-u-jednom MRV Bekerovog tipa za putovanja daleko od mesta spuštanja.

MRV ima težinu od oko 30kN, podseća na ogoljeni pustinjski bagi. Ali će nositi više od dvostruke svoje težine (gravitaciona sila sa kojom centar Marsa deluje na vozilo) u vidu svojih putnika, naučnih instrumenata (3), i uzoraka tla planete.

Električno napajanje se sastoji od dva odvojena DC elektrohemijiska izvora sa srebro-metal hidridom (Ag-MH – Silver Metal Hydride) i još jednim DC elektrohemijiskim izvorom tj. gorivnom ćelijom sa čvrstim oksidom (SOFC – Solid Oxide Fuel Cell), koje pokreću elektromehanički DC makrokomutator za felna motore na svakom od osam žicom bandažiranih točkova, tako da će MRV imati maksimalnu brzinu od oko 25 km/h. Tokom boravka astronauta na Marsu, moguće je napraviti nekoliko putovanja ukupne dužine oko 200 km.

U Aerospace Team-u na Politehnici u Krakovu se projektuje prototip letećeg potpuno električnog trodelnog tri-u-jednom MRV-a Bekerovog tipa zajedno sa odgovarajućim testovima i probnom opremom.

MRV će biti odnesen u svemir u teretnom delu poslednjeg stepena MM-a. Da bi se sačuvao prostor, okvir MRV-a će biti pričvršćen zajedno sa tri VU-a. Osam žicom bandažiranih točkova će biti skupljeno uz šasiju.

Kada astronauti napuste MM, zbog njihovih aktivnosti koje uključuju vožnju (EMU – Extravehicular Mobility Unit) jedan od njih će odпустiti tri-u-jednom MRV Bekerovog tipa iz odeljka za teret. Kako je primena poluautomatska, postoje opruge koje će odmotati MRV i njegove žicom bandažiranih točkove koji će se međusobno zakačiti u položaju spremnom za pokretanje.

Trebalo bi da jedan astronaut bude u stanju da razvije, pokrene i proveri MRV brzo i lako. Srednji deo, 4WD MU je dugačak oko 4.2 m, nešto preko 2.2 m širok i ima 2.6 m bazu točkova.

### **Upotreba vozila za kretanje Marsom sa ljudskom posadom**

Dva astronauta sede jedan do drugoga u zatvorenom okviru (kapsuli) 4WD MU samog tri-u-jednom MRV Bekerovog tipa. Između njih su ručno kontrolisana palica (HCJ – Hand Controlled Joystick) pre nego volan za upravljanje. Vozilo se može kretati napred/nazad različitim brzinama. Astronaut koji upravlja sedi pored prekidača koji daje električnu energiju elektromehaničkom DC makrokomutatoru za felna motore od svih osam motorizovanih žicom bandažiranih točkova, zatim koristi HCJ za upravljanje. On podiže HCJ unapred za napred, unazad za rikverc, levo i desno za menjanje pravca, i vuče naglo nazad radi kočenja. Svih osam motorizovanih žicom bandažiranih točkova se okreću oko prepreka radi savladavanja istih, ali prečnik tih obrta ne može biti veći od dužine MRV-a.

U zatvorenom okviru, kapsuli, MRV-a je omogućeno obitavanje bez EMU svemirskih odela. Na prvom putu po površini Marsa, predviđeno je da MRV upotrebljavaju astronauti koji će sleteti na ravan deo tla – slično terenu na koje je sleteo Viking 2. MRV će povećati i radijus kretanja i mogućnosti istraživanja za vreme boravka astronauta na površini Marsa.

### **MOGUĆNOSTI MRV-a**

Tri-u-jednom MRV Bekerovog tipa savladava prepreke u stepenastom obliku do 0.3 m visine i prelazi pukotine u tlu do 0.4 m širine. Prečnik točka je 0.9 m. Potpuno natovaren MRV nosi ukupnu masu od 4.5 kg, može se popeti uz strmine nagiba do 20 stepeni. Kočnica za parkiranje izdržava nepomični MRV na nizbrdicama do 30 stepeni. Na ravnoj podlozi minimalna visina od tla iznosi 0.4 m.

MRV bi nosio marsovski komunikacijski relej za razmenu informacija sa Zemljom kada bi se nalazio van dogleđa samog MM-a. Relej bi prenosio glas i biomedicinske podatke od astronautskog EMU odela koje poseduje komunikatore, dodatno, prenosio bi televizijsku sliku do

Zemlje ili do Meseca. Ovu jedinicu daje MSC – Manned Spacecraft Center i bio bi u funkciji po silasku astronauta na površinu.

Glas, televizija i telemetrija će biti prenošene između MRV u toku vožnje ili dok je vozilo parkirano, i Zemlje ili Meseca preko komunikacijskih satelita. Ova nova tehnika povećava komunikacijsku pokrivenost za više od 3 puta.

Kako je Mars mnogo manji od Zemlje po prečniku, astronauti će biti brzo iza linije horizonta i izvan vidokruga MM. A kako se ni magnetni kompas ne može koristiti na Marsu, veoma važna osobina MRV-a jeste ugrađeni sistem za navigaciju koji će davati astronautima osećaj za navigaciju i rastojanje od MM u svakom trenutku, kao i puno rastojanje koje su dotada prešli. (5)

Pouzdanost je omogućena kroz jednostavnost u dizajnu i operacijama i kroz redundaciju. Na primer, tu imamo dva DC elektrohemijiska izvora tzv SB-ovi, svaki dovoljan za napajanje vozila.

4WD MU vozilom se normalno upravlja prednjim kao i zadnjim motorizovanim žicom bandažiranim točkovima, međutim ako bi jedan od upravljačkih mehanizama zakazao, taj bi bio isključen i preostali upravljački mehanizam bi ostao da radi.

Svaki motorizovani wire-mesh točak je pogonjen posebnim elektromehaničkim felna motorom sa sopstvenim DC makrokomutatorom, sa zatopljenim pogonom, da bi se izbegli problemi sa prašinom. Ako bi se felna motori pokvarili ostalo bi na 4WD MU da nastavi pokretanje MRV-a pomoću jednostavnog otkačivanja felna motora koji ne rade da bi se oslobodio točak.

Projektanti MRV-a će proučiti uzorke tla Marsa koje su prepoznali roboti Marinera 9, Mars 1-7 i misije Vikinga 2, kao i podataka prikupljenih proučavanjem fotografija, filmova i opažanja robota tokom letova (10), (11), (16), (20). Gustina i mehaničke karakteristike marsovske zemlje ne bi trebale da smetaju funkcionisanju MRV-a. Osobine tla su uzete u pažljivo razmatranje tokom projektovanja trodelnog, točkovima pogonjenog MRV-a kao i da će putovati površinom Marsa kao vanzemaljskom okolinom sa manjom gravitacijom i ekstremumima u pogledu temperature.

Elastični metalni ili kompozitni motorizovani žicom bandažirani točkovi, napravljeni od isprepletane žice su snažni, laki i imaju dobre putne karakteristike.

## **MRV KAO TRENAZER**

MRV za specijalnu namenu – kao trenažno sredstvo, projektovano je za snažniju gravitaciju, Zemljinu, biće korišćeno u ispitivanjima pokretljivosti vozila i za trening astronauta u pogledu upravljanja ovakvog vozila sa ili bez pilota EV. To se naziva jedan-ge-tri-u-jednom MRV trenažerom jer radi pod Zemljinom gravitacijom.

EV će biti veoma slično letećim MRV-ovima koji su namenjeni Marsu, ali bi motorizovani wire-mesh točkovi na trenažeru bili zamenjeni uobičajenim autogumama za većinu testova, koji će biti sprovedeni na Politehničkom Institutu u Krakovu, Poljska.

## **Prednje, srednje i zadnje jedinice sa elektromehaničkim motorizovanim ožičenim točkovima**

Unikatan tip dizajna ovog MRV-a je karakterističan po povećanoj pokretljivosti koje bi imalo vanzemaljsko potpuno električno vođeno trodelnog tri-u-jednom MRV Bekerovog tip, kako je prikazano na slici 1, sa pogonom od osam elektromehaničkih motorizovanih žicom bandažiranih točkova, koji bi bili na prednjim i/ili srednjim i/ili zadnjim delovima (F&M&RU – Front&Middle&Rear Units).

Ovi F&M&RU imaju žicom bandažirane točkove sa jednostrukim osovinama, od kojih se svaki posebno napaja pomoću felna motora sa elektromehaničkim DC makrokomutatorima ugrađenim u pojedinačne delove MRV-a. Svrha ovakve konfiguracije jeste pomoć MRV-u pri prelasku rovova. U slučaju kada se MRV nađe u situaciji da mora da primeni sve točkove, jednostavno se spuste svi po naredbi vozača- astronauta. Žicom bandažirani motorizovani točkovi imaju sopstveni pogon. Kada nisu više svi potrebni, oni se podignu u zadnji položaj.

Prelazanje useka za MRV koji ima žicom bandažirane točkove svakako ograničeno veličinom samih žicom bandažiranih točkova MRV-a, baze točkova i baricentrom. Ipak, upotrebom

ovakvih, elektromehaničkih motorizovanih žicom bandažiranih točkova, problem savladavanja pukotina je rešen u značajnoj meri.

Električnu energiju za felna motore sa DC makrokomutatorima obezbeđuju dva elektrohemijaska SB-a jedan DC elektrohemijaski SOFC, svi se nalaze u MU, kao i svemirski nuklearni izvor – hiposfera sa termoelektričnim generatorom od radioaktivnog izotopa (RTG – Radioactive-isotope Thermoelectrical Generator) za istraživanje svemira koji se nalazi u RU.

Elektromehaničke VAP sfere vanzemaljskog potpuno električno vođenog trodelnog MRV-a sastavljenog od prednjih i/ili zadnjih delova (F&RU) biće potpuno nezavisne od elektromehaničke MU VAP sfere. Kada elektromehanički wheel-hub motori sa DC makrokomutatorima budu bili uključeni MRV deluje kao 8\*8 (trostruka jedinica) pri brzinama putovanja do 25 km/h. Ovo tri-u-jednom sa elektromehanički napajanim F&M&RU-ovima ima prednosti lakog vanzemaljskog nosača za sve terene, ali kada je to potrebno, može da služi kao mali traktor MU za teške F&RU-ove. Inače, nikakva dodatna MU masa (mrtvo optrećenje) neće biti potrebno da bi se obezbedilo adekvatno naleganje u toku kretanja F&RU modela. Dodatno, na teškom terenu, samostalno napajani F&RU-ovi mogu da vuku/guranju male traktore tipa MU.

Četvrtast oblik, agresivan stav, visoka funkcionalnost svotočkaškog pogona (AWD – All Wheel Drive) propulzione sfere su sve najistaknutije karakteristike MRV dizajna na tržištu.

Telo MU-a, njegova konstrukcija povećava unutrašnji prostor i snižava baricentar.

Promene koje bi trebalo da uslede popravile bi preciznost prelaska kosina, gde MRV i troši najviše vremena, bez ugrožavanja sposobnosti kretanja nizbrdo.

### **Reluktantni i magnetoelektrični felna motori sa AC i/ili DC makrokomutatorima**

Tokom poslednjih osam godina analiza projekta električne magneto-mehaničko-dinamične mašine (MMD – Magneto-Mechano-Dynamical) sve više zavisi od metoda krajnjih elemenata (FEM – Finite-Element-Method). Stalan napredaku u dostupnim računarskim naukama je omogućio obimna proučavanja koja se mogu sada izvesti vrlo detaljno.

Tim tehnikama je moguće je prikazati zanimljive rezultate za elektromehaničke motore koji imaju makrokomutatore sa naizmeničnom strujom (AC) i/ili jednosmernom strujom (DC) – koji se sve više koriste tamo gde postoji naglašena potreba za kontrolom brzine i rešavanje problema torzije – tako povezujući jedan AC – AC i/ili DC – DC makrokomutatorski prekidački čip i obrtanje rotora motora. Tako dobijeni rezultati nam daju uvid u torzione promene rotora motora usled nesinusoidalnih struja koje mogu doći od makrokomutatorskog jednostrukog čipa, i čak efekte prolaza pojedinačnih provodnika rotora pored magneta statora što nam omogućava da izračunamo harmonike koji se javljaju.

Takve VAP sfere su uobičajene kod savremene samohodne VAP tehnologije gde su zahtevi u pogledu troškova i zauzetog prostora takvi da energetske prekidački uređaji, kao što su snažni jednodstrukih čipovi za makrokomutatore, obično se sastoje od integrisanih matrica (IM – Integrated Matrixer) sa “neprekidnim” okini-ugasi (T&Q – Trigger-Quench) bipolarnim električnim ventilima (na primer, “neprekidni” bipolarni Gate Turn-Off (GTO) i Zero – Turn-Off (ZTO) tiristorima ili mosfetovima), kojima se radi na ivicama njihove izdržljivosti. Po ovakvim okolnostima detaljno razumevanje prekidačkih karakteristika električnih makrokomutatorskih ventila je neophodno i predstavlja značajan udeo u istraživanjima ove oblasti. Kompleksni eksperimenti su izvođeni na električnim makrokomutatorskim ventilima proučavajući okidanje (uključenje) i prekidanje (gašenje), imajući kao rezultat vredna zapažanja korisna za projektovanje.

Snažni IM-ovi imaju ključnu ulogu kod AC-AC i/ili DC-DC jednostrukih makrokomutatorskih čipova u zahtevnim električnim primenama kao što su VAP sfere i kod vrlo naprednih elektroenergetskih (VAE – Very Advanced Electroenergetic) sfera. Ovo znači da kako se nalaze poboljšanja ovih sfera tako postoji sve veće nastojanje za poboljšanjima i električnih karakteristika snažnih IM-ova. Ovo zahteva ne samo projektovanje i izradu IM-ova već i razvoj tehnika hlađenja IM-ova, jer je efikasnost odnošenja toplote tj. hlađenja glavno ograničenje u radu. Razvoj makroelektronike je poboljšao učinak makrokomutatora u pogledu korišćenja energije za oporavak IM-a, a to istovremeno povećava efikasnost konverzije i ublažava zahteve hlađenja.

Prototip makrokomutatora, koji uključuje ova poboljšanja, dao je bazu modernog projektovanja samohoda.

Takođe je važna, za snažne makrokomutatore, telemetrija na bazi optičkih vlakana i kontrolni sistemi za snažne "neprekidne" T&Q bipolarne električne ventile.

Materijali za električnu izolaciju i njihova proizvodnja je kritična za sve VAP sfere. Vakum tehnikama se izbegava pojava mehurića, tako se izbegava i mogućnost pražnjenja, tako da se došlo do kompozitnih traka za spona za snažne makrokomutatorske IM-ove i do kompozitnih izolatora za njih, koristeći ploče od epoksidnog stakla izvedene pod velikim pritiskom, sa etilen propilen dien monomerom (EPDM – Ethylene Pophylene Diene Monomer) preliveanim preko površine za povećanu površinsku otpornost, da sadrži SF6 izolatorske kontakte. Slične tehnologije su primenjene kod četkica za električne mašine i kod visokih zahteva za enkapsulaciju jednostrukog makrokomutatorskog čipa kao i kod vrlo kompaktnih transformatora.

Dolazak neodmijum gvožđe borona (Nd-Fe-B), materiala za magnetne polove je stvorio čitav niz ograničenja u projektovanju motorizovanih wire-mesh točkova sa AC i/ili DC elektromehaničkim makrokomutatorima za felna motore (tzv. MAGNET-ROTA™), zamišljenim i napravljenim od strane autora, koji mogu biti primenjeni za samohodne VAP sfere za vanzemaljsko potpuno električno vođeno trostruko vozilo.

Njihova remanentnost, oko 1.1 T, čini ih pogodnim za lepljenje na magnetne polove odmah do zazora, gde se, u piku, očekujemagnetni fluks gustine oko 0.8 T. To znači da više nije potrebno primenjivati tehnike za koncentrisanje magnetnog fluksa oko stalnih polova magneta statora ili rotora. Sada je najprihvatljivije za polove magneta uzimati odlivke u bloku i preteterisati ih u smeru željenog smera magnetizacije.

Ovo olakšava projektovanje i konstrukciju aksijalnog magnetskog fluksa ili "palačinkastih" MMD električnih mašina, čije gvožđe je u obliku prstena i zazori su ravni. Jednostruki prstenasti unutrašnji stator, jednostruki prstenasti spoljni rotor su dizajnirani da postave jaku privlačnu silu koja zahteva učvršćene ležajeve da bi izdržali pritisak. Dvostruki unutrašnji stator u obliku prstena, jednostruki spoljni rotor u obliku prstena su projektovani tako da privlačne sile isključuju potrebu za učvršćivanjem krajeva pod pritiskom. Ovakva konfiguracija je korišćena kod elektromehaničkih felna motora sa DC makrokomutatorom, tzv. MAGNET-ROTA™.

Mnogi drugi planetarni elektromehanički, bez prenosa, motorizovani žicom bandažirani točkovi sa AC i/ili DC makrokomutatorima i reluktantno i magnetoelektričnim osobinama (nenamotani spoljni rotori u obliku prstena od namagnetizovanog mekog gvožđa (MSI – Magnetized-Soft-Iron) i namotani i unutrašnji stator u obliku dvostrukog prstena sa unutrašnjim stalnim magnetima (IPM – Interior-Permanent-Magnet)) felna motori, su takođe ideja autora.

Da li se sve ove magnetomehanodinamičke MMD električne mašine mogu podvesti pod električne motore je kontroverzno pitanje. U kakvoj god da su formi, uobičajeno radno ponašanje jeste određeni ugaoni pomeraj kao odgovor na upravljački puls. Da bi bošlo do stalne rotacije, pravilno kodirana povorka pulseva mora biti primenjena da dođe do rotacionih koraka prstenastog spoljnog rotora koji slede jedan drugi. U suštini, kodiranje pulsa je takvo da za posledicu ima stvaranje obrtnog polja. Za izvršavanje ovog zadatka nije potrebna nikakva povratna sprega. Kod principskog prikaza posebno interesantnog planetarnog, bez prenosa, elektromehaničkog motorizovanog žicom bandažiranog točka sa MMD električnim motorima ove vrste postoji jedan sa AC i/ili DC magnetokomutatorom (reluktansnom&magnetoelektričnom) , (nenamotani MSI jednostruki prstenasti spoljni rotor i namotani & IPM dvostruki prstenasti unutrašnji stator), elektromehanički felna motor tipa MAGNET-ROTA™ RX-3 prikazan na slici 2.

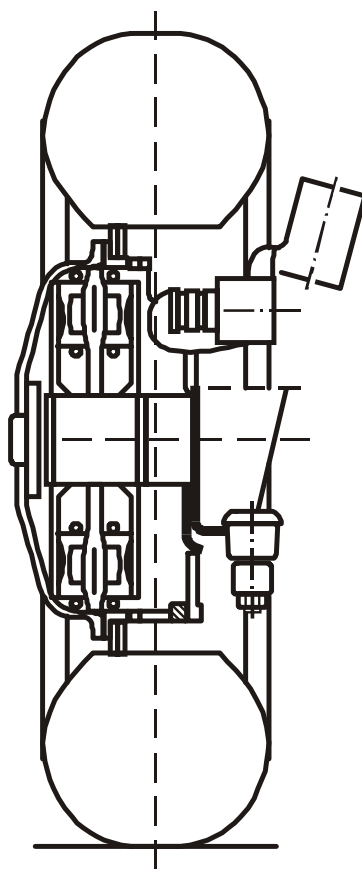
Očigledno je da nema namotaja na MSI jednostrukom prstenastom spoljnjem rotoru, nema kolutnog namotaja, nema makrokomutatora sa segmentnima od bakra i ugljenih četkica. Ali nije očigledna priroda dvostrukog prstenastog unutrašnjeg statora sa polifaznim (tri ili više faza) namotima. Ako bi dvostruki prstenasti unutrašnji stator bio šestopolni, trofazna struktura sa velikim brojem "zubaca", onda bi i jednostruki prstenasti spoljni rotor morai biti nazubljen i namagnetizovan tako da južni pol zauzima jednu polovinu radijusa a severni pol drugu polovinu. Iako dvostruki prstenasti unutrašnji stator ima samo šest polova a jednostruki prstenasti spoljni rotor samo tri pola, postojanje "zubaca" na i na jednom i na drugom dopušta veliki broj mogućnosti za pozicioniranje "lock-up"-a jednostrukog spoljnog rotora. Polovi N1, S4, N7, i S10 prvu obrazuju fazu, polovi N2, S5, N8, i S11 obrazuju drugu, polovi N3, S6, N9 i S12 treću fazu.



Reluktantni i magnetoelektrični felna motori sa AC i/ili DC makrokomutatorima kod kojih se razlikuje broj polova između nenamotanog MSI jednostrukog prstenastog spoljnjeg rotora i namotanog & IPM prstenastog unutrašnjeg statora mogu dati vučnu snagu ako su pod naponom polifazno namotani fazni namoti statora.

Ovde je ne namotani MSI jednostruki prstenasti spoljnji rotor nateran da “juri” za sekvencijalno uključivanim polovima namotanog & IPM dvostrukog prstenastog unutrašnjeg statora. Odmah kada dođe do poravnavanja dvaju magnetnih polja, privlačeci pol ostaje bez napona. Varijacija ove osnovne šeme upotrebljava Holov efekat, u direktnom smislu, na poziciju elemenata bilo jednostrukog prstenastog spoljnjeg rotora, bilo na odgovarajući namagnetisani prsten osovine.

AC ili/i DC makrokomutatorski reluktantni i magnetoelektrični felna motor se uklapa u IPM metod, IPM izradjeni Ni-Fe-B retki-zemaljski metal legirani je lociran u centru duplog kružnog unutrašnjeg statorskog jezgra. I IPM i poli fazni armaturni namot faznog kalema na duplom kružnom unutrašnjem statorskom jezgru stvaraju magnetsko polje i izlazni momenat je proporcionalan kvadratu zbira oba polja.



Slika 2. Planetarni reluktantni i magnetoelektrični felna motor bez guma sa AC i/ili DC makrokomutatorima sa žičanim točkovima tipa MAGNET-ROTA™ RX-III

Momenat je je proporcionalan kvadratu zbira oba polja i IPM i poli faznog armaturnog namota faznog kalema na duplom kružnim unutrašnjim statorskim jezgrom.

Zasigurno je dati motor dizajniran za upotrebu i u režimu reluktantnog motora i u režimu magnetoelektričnog motora. On je stvarno oba od ova dva. Štaviše on je opisan kao IPM induktorski elektromehanički felna motor.

## Na Marsu

Kako je vremenska ograničenost EMU sistema životne podrške u ranijim izdanjima i potencijalne ugroženosti astronauta, korišćenje tri-u-jednom MRV Bekerovog tipa će biti podeljeno u nekoliko sortira u toku njihovog boravka na Marsu od nekoliko dana. Zarad sigurnosnih razloga astronauti će ostati u krugu od 5km od mesta sletanja. U ovom radijusu se mogu vratiti peške do MM ako im se desi krah vozila. Moglo bi se činiti da je 5km vrlo restriktivno područje za istraživanje na prvi pogled.

Kao primer NASA i ESA modifikuju svemirske letelice, EMU svemirska odela koja se greju od strane astronauta i EMU sistemi životne podrške koji bi im dozvolili da ostanu na površini Marsa do nekoliko dana u toku ne tako dugih budućih misija. MM će biti u stanju da sleti sa više tereta na Mars. Deo ovog ekstra prtljaga će biti za MRV koji će imati minimalno operativno vreme od 78 sati u toku marsovog dana.

NASA i njihovi izvodjači su proučavali mnoge različite tipove LRV-ova i MRV-ova od ranih šezdesetih. Neki od vrlo uznapredjenih koncepata će biti upošljeni u rangiranju misija, od onih sa ljudskom posadom od nekoliko noći do godišnjih misija bez ljudske posade a podonjene robotima ili daljinski sa Zemlje ili Meseca koje su u stanju da predju i po 500km po površini Marsa.

## Uopšteno, zaključak i spekulacije

Jedan od velikih naučnika u istoriji terenskih vozila, neprežaljeni Prof. Dr M G Bekker "Otac sistema za terenska vozila" najbolje poznat po izumu čelične šine za šinska vozila i po pionorskim doprinosu u izgradnji žičanog točka i drugih LRV za NASU. Takodje je napravio proboj u proizvodnji električnih jednočlanih automatskih VAP u pametnoj ožičenom vrlo pokretljivom LRV-u i MRV-u za aeroletove u svemir 1990.-2020.

Ekstremno pokretljivo vanzemaljsko vozilo sveelektrično upravljano Tri-u-jednom MRV "Bekker" tip prikazano na slici 1. će imati tip skretanja upravljano VAG (vrlo uznapredjeno upravljanje) sistemom uključujući i nadzor sa pokretača skretanja koji su napravljeni od linearnih tubularnih DC makrokomutatorskih elektromehaničkih motora postavljenih između tri dela vozila. Dok je MRV-ov HCJ pušten pogonitelji skretanja će biti aktivirani da guraju ili privlače prednji i zadnji deo u zavisnosti od položaja srednjeg dela sve dok se ne ostvari traženi pokret. Ovaj VAG će biti efikasan jer neće trošiti mnogo energije na kočenje pri kretanju kao konvencionalni LRV. Pri vožnji tri-u-jednom, svi elektromehanički motorizovani ožičeni točkovi će biti snabdeveni energijom fino i kontinualno što će dopustiti MRV-u da postigne maksimalni učinak na putu.

Jedan od primarnih faktora koji određuju stepen mobilnosti ožičenom točkastom tri-u-jednom vozilu je veličina površine koju ostvaruju pojasevi točka sa terenom. Predpostavljajući da je sve ostalo uredu, 8x8 tri-u-jednom vozilo koje je u mogućnosti rada sa osam motora u točkovima koji su u kontaktu sa tlom u datom terenu će biti mnogo mobilniji nego sedmomotorni u istim uslovima. Osobina koju su autori-konstruktori dodali na pomenuto vozilo je multi-osno kretanje. Primarna prednost ove osobine je smanjeni radijus okretanja koji MRV treba da predje. Kada je MRV na terenu koji je uzak ili pri vrlo malim manevarskim prostorima, multi-osno kretanje je od velike koristi. Tri-u-jednom vozilo 8x8 (trostruka jedinica) uključuje celovremeno prednje, srednje i/ili zadnje osno kretanje.

Nadamo se da će ovaj rad ohrabriti automobilske naučnike, inženjere i tehničare da naprave bližu studiju svih sveelektričnih VAP vozila uključujući i VAG probleme i da će stimulisati dalji teorijski i eksperimentalni R&D rad u ovom polju EV tehnologije.

1986. Nacionalna komisija za Svemir (USA) dala je izveštaj u kome je obećan korak-po-korak zalaganje u Americinim daljim svemirskim aktivnostima. Komisija je tražila da USA krene sa naučničkim upošljavanjem, eksploatacijom i odlaskom ljudi na Mesec do 2005. i na Mars 2020.

U pogledu na pomenute pozitivne aspekte vazduhoplovnih institucija kao što su NASA i ESA one uzimaju rastuće prednosti ovih vanzemaljskih sveelektrično upravljanih trodelnih Tri-u-jednom MRV-ova.

## REFERENCE

- [1] Bekker M.G. : “Mechanics of locomotion and lunar surface vehicle concepts” , SAE Technical Paper Series No. 630632 K, New York (N.Y.), 1963.
- [2] Bekker M.G. : “Vehicle with flexible frame” , Pat. 3325020, USA.
- [3] Felkamp A.R. : “Recent developments with the Mars observer camera graphite/epoxz structure” , SPIE’s Aerospace Sensing, International Symposium and Exhibition on Optical Engineering and Photonics, 20-24 April 1992, Orlando, Florida USA, Conference 1690: Design of Optical Instruments, Paper: 1690-21.
- [4] Fijalkowski B.T. , Krosnicki J.W. : “Propulsion spheres for loopwheeled electric/hybrid vehicles” , Proc. 25<sup>th</sup> International Symposium on Automotive Technology and Automation, Dedicated Conference on Zero Emission Vehicles Electric/Hybrid and Alternative Fuel Challenge, Florence, Italy, 1-5 June 1992, Paper: 92-02-18.
- [5] Fijalkowski B.T.: “Small all-weather and all-terrain unmanned autonomous vehicle for law enforcement application” , SPIE’s Aerospace Sensing, International Symposium and Exhibition on Optical Engineering and Photonics, 20-24 April 1992, Orlando, Florida USA, Conference 1693: Surveillance Technologies II, Paper 1693-30.
- [6] Horio H. , Yamamoto H. : “Articulate train vehicle multi-usage on rough terrain and steep slopes” , Proc. 9<sup>th</sup> International Conference of ISTVS, Barcelona, 31 August –4 September 1987. Vol. II, 915-921.
- [7] Lan S. , Yan J.C. : “Parallel processing and expert systems” , NASA, Ames Research Center, Moffet Field, California USA, Report No. NASA 1.15:103886; A-91077; NASA-TM-102886, May 1991, 40 p.
- [8] Morea S.F. , Adams W.R. , Arnet C.D. : “America’s lunar roving vehicle” , AIAA, 1971, Paper No. 71-847.
- [9] Marphy M.G. : “Fuzzy logic control system to provide autonomous collision avoidance for Mars rover vehicle” (Final Report), Houston University, Texas USA, Sponsor: National Aeronautics and Space Administration, Washington, DC USA, NASA/ASEE Summer Faculty Fellowship Program, 1990, Vol. 2, 13p
- [10] Sagan C. , Fox P. : “The canals of Mars. An assessment after Mariner 9” , Icarus, 1975, Vol. 25, No. 4.
- [11] Soffen G.A. : “Scientific results of the Viking mission” , Science, 1976, No. 4271, 194.
- [12] Ruoff B.H. , Wilcox B. , Klein G. : “Designing a Mars Rover” , Aerospace America, November 1985.
- [13] “Manned lunar roving vehicle” , NASA Facts, National Aeronautics and Space Administration/Lyndon B. Johnson Space Center (NASA-LSC), Public Affairs Office, Houston, Texas USA, 1-4.
- [14] “Lyndon B. Johnson Space Center” , NASA Facts, National Aeronautics and Space Administration/Lyndon B. Johnson Space Center (NASA-LSC), Public Affairs Office, Houston, Texas USA, 1-8.
- [15] “The early years: Mercury to Apollo-Soyuz” , NASA Information Summaries, PMS 0001-A (KSC), May 1987, 1-14.
- [16] “Science Newsfront: Reviving the red planet” , Edited by D. Stover, Popular Science, January 1992, 27.
- [17] “Czar kosmicznych kolek” , Przegląd Techniczny, 1991, No. 51-52, 64 (In Polish).