



Kako so poklicali na drugi konec osončja

Voyager 2 Nasa poslala napačne ukaze in nato trepetala, ali ji bo uspelo popraviti napako

Sredi julija je inženirjem pri Nasi zastal dih, ko je serija poslanih ukazov onemila plovilo Voyager 2, ki je od Zemlje oddaljeno skoraj 20 milijard kilometrov. Pomotoma so anteno obrnili dve stopinji proč od Zemlje, kar je pri tako ekstremni razdalji že zadoščalo, da Voyagerja 2 niso mogli več priklicati. Začelo se je nestrpno pričakanje 15. oktobra, ko bi se moral Voyager 2 avtomatično sam znova obrniti v pravo smer, če bi dotlej preživel. Toda 4. avgusta jim je uspelo nepričakovano, saj so ga predčasno priklicali in mu dopovedali, naj anteno obrne.

MATEJ HUŠ

Mladi inženir Gary Flandro je leta 1964, leto dni po vpisu na doktorat iz vesoljske tehnike na Caltechu, ponovno začel delati v Nasinem laboratoriju za reaktivne pogone (JPL). Prvikrat se mu je pridružil že leta 1958, takoj po diplomu, in pozneje se je pošalil, da je med vsemi zaposlenimi največkrat odšel in se vrnil. Po povratku leta 1964 je od vodje skupine za napredne projekte Joeja Cuttinga dobil nalogo, da izračuna, kako bi se dalo obiskati zunanje planete osončja.

Dotlej je človeštvo zmoglo do Marsa, ki ga je prav leta 1964 prvi obkrožil Mariner 4. Do rdečega planeta je potoval devet mesecev, medtem ko bi potovanja do zunanjih planetov trajala desetletja. Inženirji so dvomili, da je sploh možno izdelati elektronske komponente, ki bodo v neprijaznem vesolju preživele dovolj časa, kaj šele da bi se ukvarjali z logistiko potovanja. Že do Jupitra bi pot trajala tri leta, do Neptuna pa vsaj trideset.

Planetom lahko krademo

Flandro je leta 1965 opazil, da so planeti ljudem naklonjeni. Ugotovil je, da bodo leta 1977 Jupiter, Saturn, Uran in Neptun v redkem medsebojnem položaju, ki se ponovi vsakih 175 let in omogoča njihov obisk precej hitreje. Plovilo, ki bi ga na pot poslali tedaj, bi švingnilo mimo posameznih planetov in jih uporabilo kot gravitacijsko fračo (*gravity assist*). Planet lahko s svojo gravitacijo plovilo močno pospeši, če se mu približa v pravi orientaciji in z ustrežno hitrostjo.

Plovilo mu ukrade nekaj kinetične energije.

Prvotni načrt je bil velikopotezen. Nasa je nameravala izstreliti štiri plovila, ki bi v parih obiskala Jupiter, Saturn in Pluton ali Jupiter, Uran in Neptun, za kar bi potrebovala vsega osem let. Obstajala je tudi možnost, da bi isto plovilo obiskalo vse zunanje planete, a bi takšna odprava trajala dvakrat dlje. Nasa je vse od napovedi prihajajoče postavitve planetov javno zagovarjala misijo, ki bi poslikala vse zunanje planete (Grand Tour). Izračunali so, da bi tak projekt stal milijardo dolarjev, kar bi bila tretjina proračuna agencije.

Namesto tega so po zgledu tedanjega programa Mariner leta 1972 odobrili dve odpravi do zunanjih planetov. Izdelali so identični plovili Voyager, ki imata 65.000 sestavnih delov. Izdelka sta bila umetnini tistega časa, občudovanje pa si zaslužita tudi danes. Preživita močno sevanje, imata sistem za avtomatično prepoznavanje napak, vrtita se lahko 15-krat počasneje od urnega kazalca (da so slike ostre), njuni žiroskopi pa zaznavajo premike z natančnostjo desetstotinke kotne stopinje – Sonce se s perspektive Zemlje za toliko premakne v dveh stotinkah sekunde. Vse to omogočajo računalniki na krovu, ki so približno milijonkrat manj zmogljivi od modernega pametnega telefona. In tako sta leta 1977 poletela Voyager 1, ki je obiskal Jupiter, Saturn in njegovo luno Titan, ter Voyager 2, ki je letel mimo Saturna, Urana in Neptuna.

Na plovilih je enajst znanstvenih instrumentov, ki merijo vidno, ultravijolično in infrardečo svetlobo, magnetno polje, temperaturo, elementno sestavo planetov, ione in elektrone nizke energije, visokoenergijske delce. V javnosti so najbolj odmevale njune fotografije zunanjih planetov, ki jih je posnela kamera z ločljivostjo, s katero bi lahko brali časopis z razdalje enega kilometra. Voyagerja sta razkrila vulkansko aktivnost na Jupitrovi luni Io, gladko ledeno površino Jupitra, Saturnove obročje in manj znanih 13 Uranovih obročev, močno magnetno polje okrog Urana ter neskončno modrino Neptuna in mogočne viharje na njem, pa tudi slabo vidne obročje. Na Saturnovi luni Titan sta posnela, kako

z neba snežita etan in metan. Ob koncu svoje aktivne dobe pa sta odgovorila na pomembno vprašanje: kje se konča osončje.

Ko Sonca ni več

V vesolju ni elektrike. Edini vir energije je sončna svetloba, zato sateliti v orbiti okoli Zemlje, mednarodna vesoljska postaja, vesoljski teleskop Jamesa Webba in podobni instrumenti za napajanje uporabljajo sončne celice. Z Voyagerjev, ki potujeta daleč stran, je Sonce videti kot majhna pika na nebu, precej prešibka in pretemna, da bi mogla zagotavljati energijo za delovanje. V vesolje sicer ne moremo poslati jedrskega reaktorja, a rešitev v resnici ni tako zelo drugačna. Plovili uporabljata radioizotopske generatorje elektrike (RTG), ki delujejo kot jedrska baterija.

RTG tehta 39 kilogramov in ima v berilijevem ohišju s premerom 40 centimetrov in dolžino 51 centimetrov dobre štiri kilograme plutonijevega oksida. Ker je plutonij radioaktiven, oddaja toploto, ki jo termočleni pretvarjajo v električno energijo. Ob izstrelitvi je vsak RTG proizvajal 158 vatov električne energije, na plovilu pa so bili trije (skupno 474 W). Plutonij ima razpolovno dobo 88 let, ko se njegova radioaktivnost razpolovi, še nekoliko hitreje pa upada tudi zmogljivost RTG. Danes, 46 let od izstrelitve, generatorji RTG zmorejo približno polovico začetne moči (okrog 220 W). Zaradi stalnega in predvidljivega upadanja moči Nasa po urniku izklaplja manj pomembne instrumente na krovu.

Halo, je tam rob osončja?

Voyager 1 je leta 2012 po 18 milijardah kilometrov kot prvi človeški izdelek zapustil heliosfero, ki je ena izmed definicij roba osončja. Heliosfera je mehurček okoli Sonca, kjer je sončev veter (tok nabitih delcev) močnejši od zvezdnega vetra. Voyager 2 je sledil leta 2018 in oba sta danes nepredstavljivo daleč: 24 in 20 milijard kilometrov. Svetloba in s tem tudi radijski signali do tja potujejo dobrih 22 in 18 ur. Da lahko skoraj pol stoletja po začetku misije inženirji še vedno komunicirajo s ploviloma onstran heliosfere, meji na čudež, a je v resnici plod preiščljene zasnove.

Voyagerjeva antena meri slabe štiri metre in oddaja signal z močjo 23 vatov. To je sicer dvajsetkrat močnejše od povprečnega mobilnega telefona v slabih razmerah, a potuje neprimerljivo dlje. Ko signal doseže zemeljske antene, je njegova moč samo še kakšen atov (10⁻¹⁸ W). To je podobno, kot če bi zaznali signal novega iphona z Neptuna.

A Zemlja ima za vesoljske odprave neprijetno lastnost, da je okrogla in da se vrti. Astronavti na mednarodni vesoljski postaji v vsakem hipu vidijo približno tri odstotke Zemljine površine, ker so tako blizu. Ko se oddaljujemo, je vidimo čedalje več, a nikoli več kot polovico. Da lahko neprekinjeno komunicirajo z oddaljenimi plovili, je Nasa zgradila globoko vesoljsko omrežje (Deep Space Network). Gre za sistem velikanskih 70-metrskih krožnikov in radijskih anten, nameščenih v Kaliforniji, Madridu in Avstraliji. S strateško razmestitvijo so zagotovili, da je za vsa plovila globoko v vesolju venomer vidna vsaj ena postaja. Voyagerja komunicirata prav s tem omrežjem.

Kaj je šlo narobe letos

Inženirji so redno v stiku z Voyagerjema. Komunikacija je obojesmerna, saj plovila pošiljata podatke, hkrati pa sprejemata ukaze. Ko so 21. julija letos poslali nove ukaze Voyagerju 2, so spotoma njegovo anteno obrnili za dve stopinji. To je bilo dovolj, da ga niso več slišali, niti se ni več odzival na ukaze z Zemlje. Na prvi pogled je šlo za katastrofalno napako, a Voyager je preveč dragocen in predobro zasnovan, da bi ga takšna pomota trajno ohromila. Vsakih nekaj mesecev plovilo avtomatično usmeri anteno točno proti Zemlji, kar se bo naslednjic zgodilo 15. oktobra. V najslabšem primeru bi morali torej počakati dotlej.

A ker so trije meseci dolgo obdobje, zlasti proti koncu življenjske

dobe plovila, so pri Nasi poskusili Voyager vendarle priklicati. Ohrabil jih je rutinski signal (*heartbeat*), ki so ga z Voyagerja kljub obrnjeni anteni prejeli konec julija. To je redni signal, s katerim plovilo sporoča, da še deluje. Zato so 2. avgusta iz Canberre proti Voyagerju poslali najmočnejši mogoč signal, tako rekoč zavpili s približno 20 kW, naj obrne anteno, in upali na najboljše. Natanko 38 ur pozneje, 4. avgusta ob 6.29 po slovenskem času, je Voyager 2 sporočil, da je anteno obrnil nazaj proti Zemlji, in stekla je normalna komunikacija. Voyager 2 bo živel še nekaj let.

Nekoč bosta le spomin

Voyagerja bosta nekoč utihnila, kot so ali pa še bodo utihnili vsi človeški izdelki v vesolju. V malokateri industriji je ves čas načrtovanja izdelkov tako močno prisotno zavedanje, da gredo na enosmerno pot, da jih ne bo mogoče servisirati, da življenjska doba ni samo abstrakten pojem. Ker zaradi surovosti vesolja dizajn vedno predvidi najslabše možne razmere, niso redke misije, ki pošteno prekoračijo predvideno življenjsko dobo – rover Curiosity naj bi po Marsu vozil dve leti, pa dvanaest let pozneje še ni obmolknil – a usodi ubežati ne morejo. Možnih smrti je več, in če odmislimo nasilne, kar je v vesoljskem okolju katastrofalna odpoved kakšne komponente, sta pred Voyagerjema dva scenarija.

RTG počasi izgublja moč, in ko bo imelo plovilo na voljo manj kot 200 W, komunikacija ne bo več mogoča. Nasa že ves čas misije počasi odklapija manj pomembne instrumente, ko se krči razpoložljiva energija. To so bili nekateri grelci, kamere in podobno. Letos so uporabili tudi rezervno napajanje, ki je sicer gnalo regulator napetosti, sedaj pa skrbi za glavne instrumente. Ameriška agencija predvideva, da bosta Voyagerja – ki sta že danes v precej slabem stanju – delovala vsaj do leta 2026, nato pa bo po-

časi zmanjkalo energije za pogon instrumentov.

Če se bo to zgodilo nekoliko pozneje, tega morda ne bomo nikoli izvedeli. Ker Voyagerja od Zemlje brzita s hitrostjo 60.000 oziroma 54.000 kilometrov na uro, k čemur so pripomogle že omenjene gravitacijske frače, so tudi signali čedalje šibkejši. Po letu 2036 bodo ti zagotovo že tako šibki, da jih niti orjaški radioteleskopi v Canberri ali Kaliforniji ne bodo več ločili od šuma.

Voyagerja bosta tako ali drugače kmalu le še nema spomenika neke dobe neke civilizacije, ki letita v praznino vesolja, saj nista usmerjena proti nobeni zvezdi. To usodo si delita s Pioneerjema 10 in 11 ter sondo New Horizons, ki so takisto na enosmerni poti. Njihova usoda bo večno tavanje po medzvezdnem prostoru Galaksije.

Dr. Matej Huš je znanstveni sodelavec na Kemijskem inštitutu.

Voyagerja bosta nekoč utihnila, kot so ali pa še bodo utihnili vsi človeški izdelki v vesolju.

Voyager 1 je leta 2012 po 18 milijardah kilometrov kot prvi človeški izdelek zapustil heliosfero.

RTG počasi izgublja moč, in ko bo imelo plovilo na voljo manj kot 200 W, komunikacija ne bo več mogoča.



Voyager 2 je od nas trenutno oddaljen 19,9 milijarde kilometrov. Po vesolju potuje od avgusta 1977. FOTOGRAFIJ: NASA



Radijske antene DSN so postavljene v Kaliforniji, Madridu in Canberri. Tako je zagotovljena stalna komunikacija tudi z najbolj oddaljenimi sondami v vesolju.