

NEKAJ NOVEJŠIH SPOZNANJ O PLANETIH NAŠEGA OSONČJA

Karel Natek

Zadnji dve desetletji sta pri raziskovanju planetov našega osončja prinesli več odkritij kot vse dotedanje proučevanje skupaj.

Glavna zasluga pripada nekaterim uspešnim vesoljskim odpravam, pri katerih posebej izstopata potovanja Voyagerja 1 in 2 proti zunanjim planetom.

Po osnovnih fizikalnih značilnostih lahko razdelimo planete na tri skupine:

- skalnati planeti
- orjaški planeti
- ledeni planeti

Skalnati planeti so Merkur, Venera, Zemlja in Mars. Ležijo v notranjem delu osončja, so razmeroma majhni in zgrajeni večinoma iz silikatnih kamnin, ki obdajajo kovinsko jedro. Imajo zelo različne atmosfere: Merkur je skoraj povsem brez nje, Venero obdaja gosta atmosfera iz CO_2 , na Zemlji je ozračje predvsem iz dušika (78%) in kisika (21%), Mars je tudi skoraj brez ozračja. Samo na Zemlji obstajajo večje količine vode, ki pokriva kar 70% površine planeta.

Orjaška planeta sta Jupiter in Saturn. Zgrajena sta iz skoraj enakih snovi kot Sonce in v njihju je 90% mase vseh planetov. Še vedno aktivno oddajata toploto.

Na zunanjem robu osončja krožijo trije ledeni planeti: Uran, Neptun in Pluton. Prva dva imata verjetno kovinski jedri, na površini jih pokrivajo oceani vode, metana in amonijaka, obdajata jih tudi gosti atmosferi. Pluton je verjetno v celoti zgrajen iz ledu. Zaradi velike

oddaljenosti od Sonca je temperatura teh planetov že blizu absolutne ničle.

V tabeli 1 so podrobneje prikazane nekatere fizikalne in astronomske značilnosti Sonca in vseh devetih planetov. Razlike med njimi so prav neverjetne, začenši od prostornine in smeri vrtenja (Jupiter ima 1319-krat večjo prostornino kot Zemlja, Venera, Uran in Pluton se vrtijo okrog lastne osi v obratni smeri kot ostali itd.). Kako je vesoljskim silam sploh uspelo zbrati okrog Sonca tako pisano družčino?

V obdobju 1961-1989 je poslala Sovjetska zveza v vesolje kar 29 avtomatskih vesoljskih sond, ZDA pa 18. Podatki, ki so jih te odprave poslale nazaj na Zemljo, so velikokrat preseletili tudi znanstvenike, vsekakor pa so močno dopolnili dosedanje vedenje o planetih, marsikdaj ga celo postavili na glavo.

V nadaljevanju želim na kratko predstaviti nekaj najnovejših spoznanj o naših sopotnikih na večni poti okrog sonca.

MERKUR

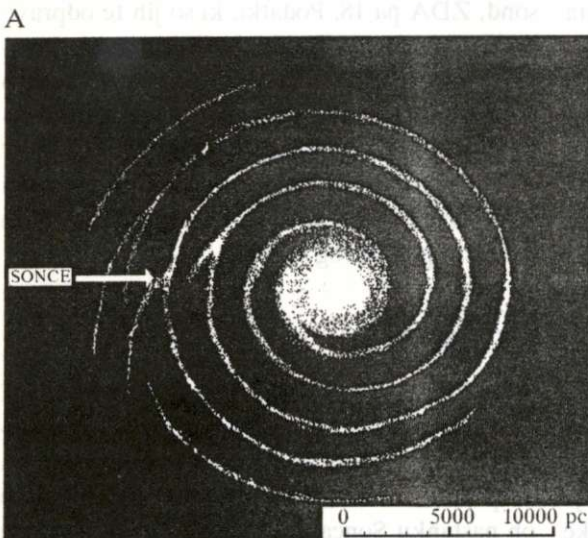
je najbližji Soncu. Zgrajen je iz obsežnega kovinskega jedra, ki zajema preko 40% prostornine in ga obdaja skorja iz silikatnih kamnin. Je povsem brez atmosfere, ki jo je izgubil že ob nastanku Sonca, ko je silno močno sevanje

Tabela 1: Osnovne značilnosti planetov

	SONCE	MERKUR	VENERA	ZEMIJA	MARS	JUPITER	SATURN	URAN	NEPTUN	PLUTON
Masa (Zemlja=1)	333 400	0.055	0.815	1	0.107	317.8	95.2	14.5	17.2	0.003
Prostornina (Zemlja=1)	1 306 000	0.06	0.88	1	0.15	1 319	751	62	54	0.015?
Gostota (voda=1)	1.41	5.43	5.24	5.52	3.94	1.33	0.7	1.3	1.76	1.1?
Premier na ekvatorju (km)	1 392 000	4 878	12 104	12 756	6 787	142 796	120 000	51 800	48 600	3 000?
Gravitacija na "površju" (Zemlja=1)	27.9	0.37	0.88	1	0.38	2.64	1.15	1.17	1.18	0.45?
Število lun	-	0	0	1	2	16	17	15	7	1
Perioda rotacije (v zemeljskih dnevih) (R=v obratni smeri)	25.38	58.65	243 R	1 R	24.6 ur R	9.9 ur	10.7 ur	17.2 ur	17.9 ur	6.39
Dolžina leta (zem. dnevi in leta)	-	88 dni	224.7 dni	365.26 dni	687 dni	11.86 let	29.46 let	84.01 let	164.8 let	247.7 let
Povprečna oddaljenost od Sonca (mil.km)	-	57.9	108.2	149.6	227.9	778.3	1 427	2 870	4 504	5 900
Povprečna orbitalna hitrost (km/sek)	-	47.9	35.0	29.8	24.1	13.1	9.6	6.8	5.4	4.7
Inklinacija osi (°)	7.25	0.0	177.3	23.45	25.19	3.12	26.73	97.86	29.56	118.0?
Temperatura na "površini" (°C)	+ 5 500	- 430 na sončni - 170 na senčni strani	+470	različno, povprečje +15	različno, povprečje -50	- 130 na zgornji strani oblakov	- 185 na zgornji strani oblakov	- 215 na zgornji strani oblakov	- 200 na zgornji strani oblakov	- 230

(dopolnjeno po Times Atlas of the World, 7.izdaja, 1987)

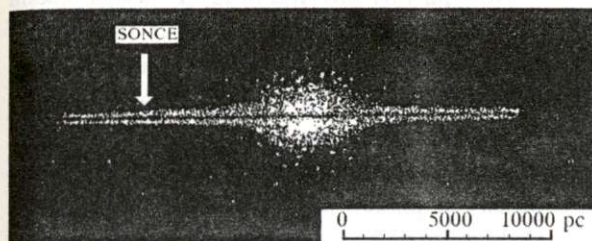
Slika 1: Lega našega osončja v galaksiji Rimska cesta (po Avsec-Prosen, *Astronomija*, Ljubljana, 1971), **A**, pogled od strani, **B**, pogled od zgoraj v smeri osi vrtenja.



(T Tauri valovi) odneslo iz osončja vse pline in prah, ki se dotlej niso strnili v večja telesa.

Zaradi bližine sonca in pomanjkanja ozračja vladajo na površju ekstremne temperature od - 170°C na senčni do + 430°C na sončni strani.

1974.leta je ameriška sonda Mariner 10 poslala na Zemljo zelo dobre posnetke njegovega površja. Celoten planet je pokrit z nešteti meteoritskimi kraterji, ki dosežejo premer do 200 km in so v glavnem starejši od 4 milijard let. Nekatera območja z manjšo gostoto kraterjev so



verjetno mlajši izlivi lave, stari okrog 3,5 milijarde let. Še mlajša oblika so ogromne polkrožne stopnje, ki jih najdemo po celem planetu in so verjetno nastale zaradi skrčenja planeta za 1-2 km. Razlog za to so bile verjetno spremembe v jedru, ki je morda prešlo iz tekočega v trdno agregatno stanje. Odtlej se na planetu ni zgodilo ničesar več in ostaja le mrtva kamnita greda v neposredni bližini Sonca.

VENERA

je Zemlji najbližji planet, vendar je bilo njeno površje do pred nekaj leti skoraj povsem neznano zaradi goste atmosfere. V njej je 96% CO_2 , ostalo je dušik, kisik, SO_2 in vodna para. Takšno ozračje prepušča kratkovalovno sončno sevanje, ki ga površje planeta oddaja nazaj kot dolgovalovno (toplotno) sevanje, tega pa atmosfera absorbira in se ogreva. To je t.i. učinek tople grede, zaradi katerega dosežejo temperature na površju okrog $+470^\circ\text{C}$.

To pa ni edina posebnost Venerinega ozračja: zaradi izjemno počasnega kroženja (243 zemeljskih dni za en obrat in to v obratni smeri kot Zemlja) poganja vremensko dogajanje izključno sončna toplota. Posledica tega je, da ozračje kroži veliko hitreje kot površje, kar se v spodnji desetkilometrski plasti ozračja odraža kot orkanski zahodni veter s hitrostjo preko 350 km/h (ozračje obkroži planet v približno 4 dneh).

Postavlja se vprašanje, zakaj ima Venera takšno gosto atmosfero (zračni pritisk na

površju je stokrat večji kot na Zemlji), ki je zamorila vsakršno možnost življenja. Nekateri menijo, da je bil planet nekoč podoben Zemlji, z modrimi oceani vode, v katerih je morda celo uspevalo življenje. Ko se je kasneje verjetno povečala aktivnost Sonca, so oceani izpareli, vulkani pa so sčasoma nabruhal v ozračje tolikšne množine CO_2 in pepela, da se je planet spremenil v toplo gredo. Molekule vode

so v višjih plasteh ozračja pod vplivom ultravijoličnih žarkov razpadle in večina obeh plinov je izginila v vesolju. To se je verjetno zgodilo že v prvih dveh milijardah let obstoja Venere. Podobno bi se lahko zgodilo tudi na Zemlji, če ne bi bilo rastlin, ki nadomeščajo CO_2 s kisikom in če ne bi v morju vrvelo živih bitij, ki neprestano vežejo CO_2 iz ozračja v karbonatne sedimente.

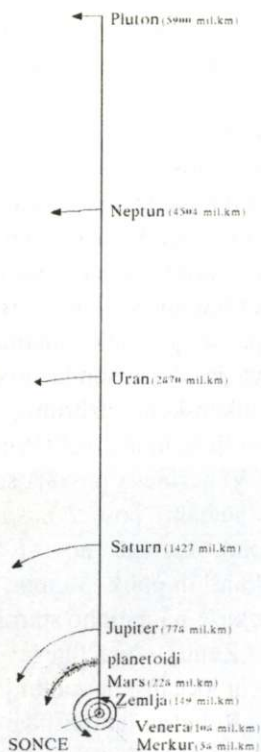
Izoblikovanost površja kaže, da je bila vulkanska aktivnost zelo močna in skoraj gotovo obstajajo na planetu aktivni vulkani. Ko je ameriška sonda Pioneer Venus 1978. leta začela krožiti okrog Venere, so odkrili zelo visoko koncentracijo SO_2 v zgornjih plasteh ozračja, ki pa se je naglo zmanjšala. Edina možna razlaga je, da je sonda prispela tik po silovitem vulkanskem izbruhu, kakršnega človek na Zemlji še ni doživel (Prinn, 1985).

Skrivnosti Venerinega površja so podrobneje razkrili radarski posnetki sovjetskih in ameriških sond. Glavna novost je popolna prevlada vulkanskih oblik. Meteoritski kraterji so redki, kar kaže na majhno starost sedanjega površja. Za Zemljo značilnega menjavanja kontinentov in oceanskih kadunj na Veneri niso opazili. Reliefna amplituda znaša sicer 13.7 km (na Zemlji 15.4 km, če izvezamo globokomorske jarke), toda kar 73% Venerinega površja je višjega od povprečne višine planeta (na Zemlji samo 32%). Večina vzpetin (najvišje so v gorovju Maxwell in presegajo 9 000 metrov) je verjetno ščitastih vulkanov, izgleda pa, da so aktivni tudi drugi geološki

procesi (gubanja, prelomi).

Ni znakov, da bi bile na Veneri aktivne tektonske plošče, kakršne poznamo na Zemlji. Tako bi lahko tudi razložili izjemno močan vulkanizem, saj se notranja energija ne more sproščati z gibanjem plošč, marveč zgolj z vulkanizmom na fiksnih vročih točkah.

Manj izrazito reliefno razčlenjenost razlagajo še s specifičnim procesom viskoznega polzenja. Zaradi visokih temperatur (tališče svineca je pri 327°C , daleč pod temperaturo Venera) se zmanjša trdnost kamnin, ki kot nekakšno testo počasi polzijo narazen in s tem se višji deli počasi premikajo proti nižjim (Gore, 1985).



Slika 2: Oddaljenost planetov od Sonca in dolžine poti, ki jih napravijo okrog Sonca v enem letu; Venera napravi 1.6 obhodov, Merkur pa 4.2 (po Avsec-Prosen, Astronomija. Ljubljana 1971).

MARS

Novejša raziskovanja drugega našega soseda so malce razočarala tiste, ki so pričakovali bližnje srečanje z njegovimi zelenimi prebivalci. Zelo verjetno je, da na površju ni nikakršnega življenja, ni pa izključeno, da se ne skriva nekje pod njim. Mars namreč ni bil vedno puščavski planet, saj so se na površju ohranili sledovi erozijskega delovanja nekdanjih rek, ki so se stekale v široke oceane. Ob počasnem spreminjanju podnebja je nekaj možnosti, da se je nekdanje življenje uspelo prilagoditi novim razmeram.

Danes je za Mars značilno zelo redko ozračje iz CO_2 (ok. 95%), dušika, kisika, argona in vodne pare. Zračni pritisk znaša manj kot desetinko zemeljskega (približno tolikšen kot na Zemlji v višini 32 km), zaradi česar voda sploh ne more obstajati v tekočem agregatnem stanju. Velik del nekdanje vode je verjetno izparel v vesolje, ostanek pa je opaziti v nekaj centimetrov debelih polarnih ledenih pokrovi, ki nastanejo pozimi, spomladi pa ponovno izparijo. Velike množine vode so verjetno ohranjene še v obliki trajnega ledu pod površino. Led je samo deloma vodni, ostalo je zmrznjeni CO_2 .

Kljub temu da ima Mars izrazite letne čase (njegova os je nagnjena le malenkost več kot zemeljska (25.19° , dan je samo 36 minut daljši, leto pa traja 687 dni), ni pretirano gostoljuben, saj temperature na površju nihajo med -120°C ponoči in -20°C podnevi).

Negostoljubno površje je ogromna rdeča puščava, po kateri se podijo peščeni viharji s hitrostmi do 700 km/h in je razčlenjena z globokimi suhimi dolinami, nad njo pa se dvigajo obsežne izbokline (največja je Tharsis s premerom 3000 km in višino 10 km) z ogromnimi ognjeniki. Največji med njimi je Olimp, ki je s 27 000 m višine in 8 mil.km^3 prostornine največji ognjenik našega osončja.

Nad okoliškimi ravninami se dviga s 4 000 do 6 000 m visoko steno, ki je vsaj deloma tektonskega postanka, nad njo pa se raztezajo neskončna položna pobočja ščitastega ognjenika. Na vrhu je ogromna kaldera s premerom 80 km (Natek, 1988).

Takšni orjaški ledeniki so lahko nastali, ker na Marsu ni gibljivih litosferskih plošč in ker je sila težnosti samo 38% zemeljske. Marsovski vulkani so nastali na točkah z močnimi konvekcijskimi tokovi magme v plašču spodaj in, ker se skorja ne premika, je vulkansko delovanje vezano na isto točko dolga milijonletja. Na Zemlji leži večina ognjenikov na stikih tektonskih plošč in ob globokih prelomih, njihova življenjska doba pa je razmeroma kratka. Na Marsu lahko magma zaradi trikrat manjše sile težnosti doseže trikrat večjo višino kot na Zemlji, kar je okrog 27 000 m (Carr, 1985; Natek, 1988).

Kljub tem ogromnim vulkanom pa je Mars geološko že skoraj mrtev planet. Olimp je eden najmlajših ognjenikov, a je zadnjič bruhal pred okrog 100 milijoni leti, ostali pa so stari do 3,5 milijarde let. Pač pa so aktivni nekateri eksogeni geomorfološki procesi, zlasti zmrzalno preperevanje, eolska erozija in akumulacija (obsežna območja peščenih sipin) ter morda celo erozija tekoče vode. Domnevajo, da se zaradi klimatskih nihanj (menjavanje hladnih in toplejših obdobj vsakih 1-2 milijona let zaradi sprememb v ekliptiki) ali oživiljenja vulkanske dejavnosti vsakih nekaj milijonov let ali še bolj poredko sprostijo iz debelih plasti ledu pod površjem velike množine vode, ki nadaljujejo erozijsko preoblikovanje Marsovih dolin.

PLANETOIDI

Onstran Marsa kroži okrog Sonca množica manjših nebesnih teles, ki jih imenujemo asteroidi ali pravilneje planetoidi. Tabela 2 prikazuje le nekatere značilnosti večjih, saj je vseh

skupaj preko 2 000 z znanimi orbitami, preko 10 000 s premerom preko 100 m in na milijone manjših. Kljub temu so razporejeni tako na redko, da je njihovo območje prečkalo že več vesoljskih plovil brez kakršnihkoli posledic.

Tabela 2: Značilnosti nekaterih večjih planetoidov.

Ime	Srednja oddaljenost od Sonca (mil.km)	Premer (km)	Perioda revolucije (let)	Inklinacija orbite na ekliptiko (°)
Ikar	164.3	1	1.12	23.0
Apolon	223.6	1	1.78	6.3
Hermes	249.4	0.5	2.10	6.2
Melpomena*	349.8	130	3.48	10.1
Ceres	421.3	1 003	4.60	10.6
Ahil	792.4	53	11.90	10.3
Hidalgo	885.2	16	14.04	42.5
Hiron	2 082.2	150-650?	50.68	6.9

* Melpomena ima svoj lastni satelit
(Times Atlas of the World, 7.izdaja, 1987)

Zmotno je mišljenje, da se planetoidi pojavljajo samo v ozkem pasu med Marsom in Jupiterom. Zadnji trije v tabeli in mnogo drugih krožijo onkraj Jupitra, Hiron celo onstran Saturna. Mnogi od njih imajo glede na Zemljo zelo ekscentrično krožnico, saj je kar 40 takšnih, ki prečkajo zemeljsko ekliptiko in z njimi verjetno potujejo mnogo manjši meteoriti, ki pogosto priletijo v naše ozračje. Hermes se občasno približa Zemlji na manj kot 700 000 km in prav možno je, da so se ji nekateri še bolj približali. Nekateri raziskovalci povezujejo ciklično izumiranje živalskih in rastlinskih vrst na Zemlji vsakih 26 milijonov let z večjimi meteoriti ali planetoidi, ki so jo zadeli na njeni poti okrog Sonca. Prav verjetno je, da je pred okrog 66 milijoni leti (na prehodu krede v terciar) zadel Zemljo večji planetoid in povzročil izumrtje velikih plazilcev ter 75% vseh ostalih vrst. Kot sled te katastrofe so v plasteh odkrili veliko koncentracijo iridija, ki je sicer redek element na

Zemlji, a pogost na meteoritih.

Po starejših teorijah naj bi bili planetoidi razbitine planeta, ki je nekdam krožil med Marsom in Jupitrom. Dandanes prevladuje mišljenje, da so nastali hkrati s Soncem in planeti. Združevanje delcev iz kozmičnega oblaka molekul in prahu v vse večja telesa je povsod potekalo v smeri nastajanja Sonca in planetov, le Jupiter je s svojim močnim gravitacijskim poljem preprečil nastanek planeta v svoji bližini. Še več, v zgodnji dobi osončja je njegovo gravitacijsko polje pognalo mnogo večjih in manjših planetoidov proti notranjemu delu osončja, kjer so udarjali v planete in v Sonce. Meteoritski kraterji na Merkurju, Veneri in Luni so sledovi teh davnih srečanj. Ostale planetoide je Jupiter usmeril v današnje stabilne orbite, del, t.j. trojanske planetoide, pa je tako pritegnil nase, da ga kot dve veliki čredi spremljajo po lastnih krožnicah na poti okrog Sonca, 60° pred njim in 60° za njim.

JUPITER

je daleč največji od vseh planetov, saj ima dvainpolkrat večjo maso in enainpolkrat večjo prostornino kot vsi ostali planeti skupaj. Zgrajen je iz skoraj enake snovi kot Sonce, le da ni dosegel kritične mase za vžig. Tako je ostal nekako na sredini med zvezdami in planeti: za planete je prevelik, za zvezde premajhen. V sestavi prevladuje vodik, prisotni so še helij, amoniak, metan, vodna para idr. Včasih so menili, da je v celoti zgrajen iz plinaste zmesi, danes pa sklepajo, da ima manjše trdno jedro (okrog 4% celotne mase) iz silikatnih kamnin in ledu ter morda nekaj železa v sredini. Jedro obdaja okrog 40 000 km debela plast vodikovih in helijevih atomov, ki so zaradi visokih pritiskov tako stisnjeni, da se snov obnaša kot raztaljena kovina. Konvekcijski tokovi v tej plasti so verjetno generatorji močnega magnetnega polja.

Nad to plastjo je okrog 10 000 km debela

plast tekočega vodika in helija, ki navzgor postopoma prehaja v atmosfero iz podobnih snovi. Spodnjih 1000 km atmosfere je verjetno prav tako v tekočem stanju, višji deli pa v plinastem in tam je zelo burno vremensko dogajanje, ki so ga lahko opazovali že s teleskopi z Zemlje.

Gonilni sili tega dogajanja sta močan toplotni tok iz notranjosti planeta, ki povzroča močne konvekcijske tokove v ozračju ter izredno naglo kroženje planeta okrog lastne osi. Krožna hitrost na ekvatorju je kar 27-krat večja od zemeljske in znaša 12.5 km/sek. Čeprav je največji planet, se od vseh najhitreje zavrti okrog lastne osi (v 9.9.urah), zaradi česar je tudi opazno sploščen na polih. Kjer prihaja do součinkovanja različno hitre rotacije ter dviganja in spuščanja oblakov (t.j. kapljice in trdni koščki amoniaka, sulfidi in razni plini), nastajajo ogromni viharji sistemi v obliki vrtincev. Najbolj znana je Velika rdeča pega na južni polobli, velika kot dve zemeljski obli, ki se ni prav nič spremenila od prvih opazovanj v 17. stoletju (Gore, 1985).

Pred dnevi so ZDA poslale proti Jupitru vesoljsko sondo Galileo, ki ga bo dosegla 1992. leta. Med kroženjem bo odposlala v Jupitrovo ozračje manjšo raziskovalno sondo, ki bo bistveno razširila naše vedenje o njegovem ozračju.

1979. leta je Voyager 1 odkril, da ima tudi Jupiter obroč, ki pa je veliko ožji in tanjši od Saturnovega in ga dotlej nismo poznali.

Na poti mimo Jupitra sta Voyager 1 in 2 ob blizu posnela štiri od šestnajstih lun, ki zaradi neverjetne raznolikosti predstavljajo naš sončni sistem v malem. Podobno kot osončje so bližnje lune zgrajene iz kamnin, navzven pa čedalje bolj prevladuje led. Najbolj nenavadni luni sta Io in Evropa.

Io je Jupitru najbližja, zgrajena iz tankega plašča silikatnih kamnin in strjenega žvepla in posuta z ognjeniki, v notranjosti pa je verjetno iz žveplovih spojin. Eden najrazburlivejših

trenutkov odprave Voyagerja 1 je bil, ko so na Zemljo prispeli krasni posnetki vulkanskega izbruha.

Voyager 1 in 2 sta odkrila dva tipa ognjenikov: manjši ognjeniki delujejo enakomerno in dalj časa ter verjetno bruhaajo SO_2 , ki se v redkem ozračju takoj strdi v beli "sneg". Drugi menijo, da ti vulkani bruhaajo silikatno lavo (Johnson in sod., 1988). Prvi satelit pa je odkril še večji izbruh, ki je segel 1400 km visoko v ozračje. Ko je štiri mesece kasneje potoval mimo Voyager 2, vulkan ni več deloval. Verjetno je bruhal čisto, tekoče žveplo, ki naj bi prišlo iz večjih globin kot pri prvem tipu (Johnson-Soderblom, 1985).

Razlaga burnega vulkanizma na luni, ki je le nekoliko večja od našega Meseca, je zaenkrat naslednja: součinkovanje gravitacijskih polj Jupitra in Evrope je povzročilo tolikšno nakopičenje toplote v notranjosti loje, da so se mestoma v notranjosti stalile žveplene snovi, ki jih vulkani bruhaajo na površje.

Evropa, Io, jina sosedja, je popolnoma drugačna. Zelo verjetno je v celoti zgrajena iz vode. Na površini je okrog 10 km debela plast ledu, pod njim pa več sto kilometrov globok ocean tekoče vode. Na ledenem pokrovu so odkrili gosto omrežje razpok, skozi katere verjetno občasno bruhaajo orjaški gejzirji vode iz spodaj ležečega oceana. Možno je celo, da skozi tanjši led ob razpokah prodre v ocean nekaj svetlobe, ki bi lahko zadostovala za skromno življenje preprostih bitij.

SATURN

Jupitrov bližnji sosed ima zelo podobne značilnosti. Zgrajen je večinoma iz vodika in helija, se zelo hitro vrti okrog lastne osi in je še bolj sploščen na tečajih. Ima najnižjo gostoto od vseh planetov (0.7), vendar domnevajo, da ima večje jedro iz kamnin in ledu kakor Jupiter (okrog 25% mase). To jedro obdaja precej tanjša plast tekočega "kovinskega"

vodika, nad njo pa je okrog 30 000 km debela plast atomarnega vodika in helija, ki navzgor prehaja v Jupitrovemu podobno, a manj burno ozračje.

Največja posebnost so Saturnovi obroči, za katere so nekoč domnevali, da so ostanek neke razpadle lune, oziroma nesprijet ostanek prvotnega materiala, ki se ni združil v planete. Podatki z Voyagerja 2, ki je 1982. leta letel prav skozi obroč, so pokazali povsem drugačno podobo in zdaj meni večina, da so obroči razmeroma mladega postanka, ostanek trka ene od Saturnovih lun z zablodelim kometom.

Obroči so široki več stotisoč kilometrov, toda mestoma samo deset metrov debeli, v glavnem zgrajeni iz kosov vodnega ledu, velikih od nekaj milimetrov do nekaj metrov. Kolobarjasta struktura obročev je posledica resonance med delci in počasneje krožečimi lunami na zunanji strani obročev.

Poseben svet zase so spet Saturnove lune, ki jih je kar 17. Največja med njimi je Titan (premer 5 150 km, 1.2 milijona km oddaljen od Saturna), ki je edina luna s pravim ozračjem v celotnem osončju (zračni pritisk je na površini 1500 mbarov). Ozračje sestavljajo dušik, argon, vodik in sledovi ogljikovodikov ter je zelo podobno prvotnemu ozračju na Zemlji. Kljub temu ni nobene možnosti za obstoj življenja, saj je temperatura na površini pod -180°C (Waldrop, 1989).

URAN

Do uspešne odprave Voyagerja 2 v januarju 1986 smo zelo malo vedeli o njem in njegovih samotnih spremljevalcih.

Zaradi ogromne oddaljenosti od Sonca (2.87 milijarde km) je planet pogreznjen v večni mrak in mraz (-210°C). Nenavadna značilnost je, da je os skoraj v vodoravni legi glede na ekliptiko, magnetna os pa od nje odstopa za 60° (na Zemlji samo 12°), povrhu vsega pa niti ne vodi skozi središče planeta.

Prevrnjena lega je zelo verjetno posledica davnega trka z nebesnim telesom, velikim kot Zemlja. Takšen trk je verjetno vrigel iz ravnotežja tudi gravitacijske sile, zaradi česar na planetu ni prišlo do normalne razporeditve snovi, od najlažjih na površini do najtežjih v jedru.

Podnebje na Uranu je še vedno velika uganka. Iz daljave izgleda planet kot temno-modro-zelena krogla, pa tudi bližnji posnetki so razkrili le malo podrobnosti v ozračju. Eden od razlogov je močno ultravijoličasto sevanje molekul v zgornjih plasteh atmosfere. Ne vemo še, kateri proces posreduje v te plasti toliko energije, da razpršene molekule žarijo. Pri tem se te plasti ogrejejo do $+750^{\circ}\text{C}$ in se širijo navzven vse do obročev, kjer se drobni delci tarejo obnje in izgubljajo hitrost. To je možna razlaga za dejstvo, da v Uranovih obročih ni toliko drobnih delcev kot pri Saturnu (Gore, 1985, 1986).

Nekaj velikih oblakov, ki so jih odkrili v Uranovem ozračju iz vodika in helija, se premika v smeri, obratni urnemu kazalcu, to je v isti smeri kot se vrti planet, vendar z večjo hitrostjo. Ta ugotovitev je presenetljiva, saj so takšne razmere na Zemlji, ki dobiva na ekvatorju več sončne toplote kot na tečajih. Na Uranu, ki pravzaprav leži v vodoravni legi, bi moralo biti na tečajih topleje kot na ekvatorju in gibanje ozračja v obratni smeri. Obstajajo tri hipoteze: spodnji deli atmosfere so na tečajih hladnejši; morda prihaja v ekvatorialnem območju na površje toplotni tok iz notranjosti ali pa se ozračje ob ekvatorju ogreva od delcev iz obroča, ki zaradi trenja v zgornjih delih atmosfere padajo na planet.

Nenavadni so tudi Uranovi obroči, ki so jih odkrili šele 1977. leta in se precej razlikujejo od bolj znanih Saturnovih. Pri obeh je sicer devet obročev, vendar so Uranovi ožji (največji in najbolj zunanji, Epsilon obroč, je širok samo 20 do 100 km). Znanstveniki so domnevali, da bodo odkrili od 10 do 18 manjših lun

znotraj obročev, ki bi s svojimi gravitacijskimi polji mogle držati material v stabilnih orbitah in oblikovati presledke med obroči. Prav tako so domnevali, da so obroči zgrajeni večinoma iz večjih kosov s premerom od nekaj centimetrov do nekaj deset metrov. Voyager 2 je odkril samo eno luno v pasu obročev ter velike množine drobnih delcev. Zaenkrat je skoraj popolna neznanka, katera sila vzdržuje te obroče v stabilnem stanju (Gore, 1986).

Poleg tega je Voyager 2 odkril med planetom in Mirando, najbližjo od doslej poznane petorice lun, še deset manjših, ki zaenkrat še nimajo imena. Odgrnil pa nam je tudi nekaj skrivnosti Uranovih lun, ki so prav takšna pisana družčina kot pri Saturnu. Letel je samo 29 000 km vstran od Mirande (njen premer je 500 km) in razkril pravo skrpucalo iz razbitin, ki so nastale iz lune ob večkratnih trkih (predpostavljajo pet ali celo več trkov) z večjimi meteoriti, pa jih je gravitacija vsakič obdržala skupaj na krožnici in so se vsakič zaradi premalo toplote samo deloma zrasli skupaj.

Mirandin sosed Ariel (premer 1160 km) je preprežen z globokimi tektonskimi jarki, ki so verjetno stari le nekaj sto milijonov let. Verjetno so nastali zaradi součinkovanja gravitacijskih sil Urana, Ariela in drugih lun. Umbriel (1190 km) je razjeden s starimi meteoritskimi kraterji, vendar naknadno pokrit s temnejšo snovjo, ki je verjetno nastala ob mlajšem udarcu meteorita. Titanija je največja luna (1610 km) in kaže precej starejše znake tektonske aktivnosti kot Ariel. Na Oberonu (1550 km) so značilni udarni kraterji s temnim materialom v dnu, ki je verjetno led, ki se je kot lava izlil ob udarcih meteoritov) (Gore, 1985; Jankowski-Squyres, 1988).

NEPTUN

Prva natančnejša spoznanja smo dobili šele z odpravo Voyagerja 2, ki je letel mimo njega avgusta letos. Poleg posnetkov planeta je na

4,5 milijarde kilometrov oddaljeno Zemljo poslal še odlične posnetke Tritona, lune nenavadnega obnašanja, ki v oddaljenosti 355 000 km kroži okrog Neptuna v smeri, obratni kroženju planeta.

Zaenkrat lahko rečemo, da je planet nekoliko podoben Uranu, čeprav takšna trditev ne bo dolgo veljavna. Planet ima verjetno manjše jedro iz silikatnih kamnin in kovin, ki ga obdaja več tisoč kilometrov debela plast zmrznjene vode, amoniaka in metana, nad njo pa je pretežno vodikova atmosfera.

Najizrazitejša posebnost Neptunovega ozračja je Velika temna pega, ki po obliki spominja na Jupitrovo rdečo pego. Ostale podrobnosti na posnetkih, ki bi lahko bili oblaki, se ne premikajo in morda tičijo na mestu kot npr. oblaki vrh hribov na Zemlji (Kerr, 1989). Zaenkrat sodijo, da prevladujejo vzhodni vetrovi kot posledica kroženja planeta.

Naslednje veliko odkritje so Neptunovi obroči. Z Zemlje so astronomi opazili samo tri kratke svetleče loke, ki so jih bližnji Voyagerji posnetki prepoznali kot dele sklenjenega obroča, poleg tega pa obstajata še dva. Zaenkrat še ne znajo razložiti teh lokov; nekateri menijo, da jih tam drži gravitacijska sila manjše lune v bližini, ki pa je niso odkrili.

Zanimivo je tudi kroženje lune Tritona v obratni smeri po orbiti, ki je za 21° nagnjena glede na Neptunov ekvator. Zaenkrat je precej sprejemljiva hipoteza, da je Triton tujec v našem osončju, ki ga je Neptun priklenil nase ob bližnjem srečanju. Tako ujeto telo bi sprva krožilo po zelo eliptični orbiti in bi bilo izpostavljeno tako močnemu gravitacijskemu "gnetenju" (spremembe v jakosti gravitacije zaradi eliptične orbite), da se je luna stalila in v tem času je močan vulkanizem povsem preoblikoval njegovo površje. Po nekaj sto milijonih letih bi se orbita zaokrožila in vulkanizem naj bi naglo zamrl (Kerr, 1989a; Goldreich in sod., 1989).

Toda okrog Tritonovega južnega tečaja so

odkrili temne proge, ki bi lahko bile sled mnogo mlajšega vulkanizma. Možna razlaga je, da so to izbruhi dušika, vir energije pa naj bi bilo ciklično ločevanje in ponovno združevanje dušika in metana (podobno kroženju vode na Zemlji) (Kerr, 1989a).

Dvema do sedaj poznanim lunama je Voyager dodal še pet novih, manjših, ki krožijo okrog planeta v razdalji do 115 000 km in jih zaenkrat ni možno vključiti v hipotezo o Tritonu kot prišleku.

PLUTON

je najmanjši planet našega osončja, izgubljen v temi in mrazu neskončnega vesolja. Osamljena lega in s pomočjo računalniških simulacij ugotovljena nestabilna tirnica okrog Sonca kažejo, da je morda edino preživelo manjše telo iz zgodnjih časov našega osončja, ali pa se mu je celo pridružil kasneje (Kerr, 1988).

Ta planet je edini od zunanjih, ki ga Voyager 2 ne bo obiskal in zaradi tega še dolgo ne bomo dosti vedeli o njem. 1978. leta so s teleskopi odkrili njegovo luno Hiron, vse ostalo pa so bolj ali manj verjetne hipoteze. Zelo verjetno ima precej gosto ozračje iz metana z manjšimi množinami argona, dušika, kisika, ogljikovega monoksida in morda neona. Na planetu vladajo zelo nizke temperature, okrog -230°C , na zimski strani planeta pa verjetno zamrzne celotna atmosfera. O sestavi planeta samega ne vemo ničesar.

ZAKLJUČEK

V sestavku sem poskušal predstaviti vsaj nekaj najnovejših ugotovitev o značilnostih planetov našega osončja, ki jih skoraj ne najdemo v domači literaturi. Ker je geografija edina, ki v šoli posreduje vsaj minimalno znanje o vesolju, je zaradi izredno hitrega napredka astronomije in njene panoge planetologije zelo pomembno, da smo tudi geografi vsaj malo na tekočem in ne posredujemo učencem

zastarelih domnev. Vprašanja o nastanku vesolja, o vesoljskih odpravah, o možnostih življenja na drugih planetih so vedno burila domišljijo v mladih glavah. Prav na osnovi zgoraj prikazane neverjetne pestrosti planetov in njihovih lun lahko zelo učinkovito predstavimo naš domači planet kot verjetno edini in edinstven dom vsega čudovitega življenja v tem delu vesolja nekje na robu majhne galaksije, izgubljene med neštetimi podobnimi v mrzli temi neskončnega kozmosa.

C a r r, M. H., 1985: Die Vulkane des Mars. Vulkanismus. Naturgewalt, Klimafaktor und kosmische Formkraft, str. 160-171. Heidelberg.

G o l d r e i c h, P. in sod., 1989: Neptune's story. Science, zv. 245 (4.8.1989), str. 500-504. Washington.

G o r e, R., 1985: The planets between fire and ice. National Geographic, zv. 167, št. 1 (jan. 1985), str. 4-51. Washington.

G o r e, R., 1986: Uranus. Voyager visits a dark planet. National Geographic, zv. 170, št. 2 (avg. 1986), str. 178-195. Washington.

J a n k o w s k i, D. G. - S q u y r e s, S. W., 1988: Solid-state ice volcanism on the satellites of Uranus. Science, št. 241 (9.9.1988), str. 1322-1325. Washington.

J o h n s o n, T. V. - S o d e r b l o m, L. A., 1985: Vulkanismus auf Io. Vulkanismus. Naturgewalt, Klimafaktor und kosmische Formkraft, str. 172-185. Heidelberg.

J o h n s o n, T. V. in sod., 1988: Io: evidence for silicate volcanism in 1986. Science, zv. 242 (2.12.1988), str. 1280-1283. Washington.

K e r r, R. A., 1988: Pluto's orbital motion looks chaotic. Science, zv. 240 (20.5.1988), str. 986-987. Washington.

K e r r, R. A., 1989: Facing a final exam at Neptune. Science, št. 245 (11.8.1989), str. 588-589. Washington.

K e r r, R. A., 1989a: Triton steals Voyager's last show. Science, št. 245 (1.9.1989), str. 928-930. Washington.

N a t e k, K., 1988: O vulkanih in drugih zanimivih reliefnih oblikah na Marsu. Proteus, let. 50, št.9-10, str. 360-363. Ljubljana 1988.

P r i n n, R. G., 1985: Vulkanismus und Wolken auf der Venus. Vulkanismus. Naturgewalt, Klimafaktor und kosmische Formkraft, str. 186-194. Heidelberg.

T i m e s Atlas of the world. 7.izdaja. London 1987.

W a l d r o p, M. M., 1989: Titan: continents in a hydrocarbon sea. Science, zv. 245 (14.7.1989), str. 129-130. Washington.