

# PROTEUS

november 2015, 3/78. letnik  
cena v redni prodaji 5,50 EUR  
naročniki 4,50 EUR  
upokojenci 3,70 EUR  
dijaki in študenti 3,50 EUR  
www.proteus.si



*mesečnik za poljudno naravoslovje*



Geologija

Notranje jedro Zemlje



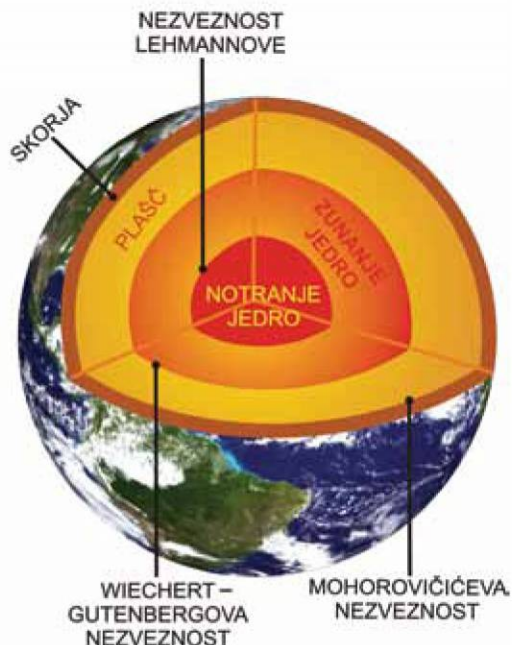
Medicina

Razvoj matičnih celic in njihova uporaba v medicini.  
Možnosti, meje, perspektive, zlorabe



Zoologija

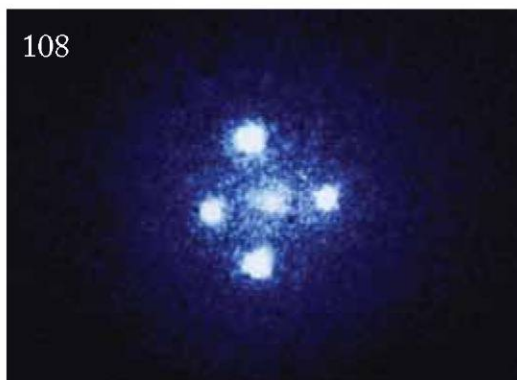
Endemna krška biba (*Jugogammarus kusceri*  
(S. Karaman 1931)). O njej in še o čem okoli nje



## Notranje jedro Zemlje

*Mihael Brenčič*

Zemljo si predstavljamo kot nekoliko deformirano, na polih sploščeno kroglo, ki je v notranjosti sestavljena iz treh glavnih lupin: na vrhu iz krajevno zelo različno debele skorje, nato ji do globine približno 2.900 kilometrov sledi plašč, na dnu pa leži ogromno jedro, ki v globini 6.375 kilometrov sega do samega središča Zemlje. A ta enostavnost je le posledica tega, da imamo o Zemljini notranjosti premalo znanja. Ali nam preprosti premislek ne pove, da če so geološke razmere na površju zapletene in skorajda kaotične, podobne razmere vladajo tudi v notranjosti, globoko pod površjem? Ali niso razmere v notranjosti prav tako komplicirane ali pa zaradi visokih tlakov in temperatur morda še bolj? Sodobna geofizika odkriva prav to: geološke razmere globoko pod površjem so izredno pestre. In čeprav se o najnovejših odkritjih o notranjosti našega planeta ne piše in ne poroča tako veliko kot o nekaterih drugih odkritjih sodobne znanosti, na primer na področju fizike ali biokemije, so rezultati teh raziskav prav tako izjemni. Danes smo na področju geologije deležni največjih premikov v znanju prav pri raziskavah notranjosti Zemlje. Prispevek nas seznanja z nekaterimi od teh odkritij.



108



126



128

- 100 Uvodnik  
*Tomaž Sajovic*
- 102 Geologija  
Notranje jedro Zemlje  
*Mihael Brenčič*
- 108 Fizika  
Sto let splošne teorije relativnosti (drugi del).  
Obletnice v fiziki (v Mednarodnem letu svetlobe 2015)  
*Janez Strnad*
- 112 Medicina  
Razvoj matičnih celic in njihova uporaba v medicini. Možnosti, meje, perspektive, zlorabe  
*Maša Koce*
- 119 Zoologija  
Endemna krška biba (*Jugogammarus kuscerei* (S. Karaman 1931)). O njej in še o čem okoli nje  
*Boris Sket*
- 126 Botanika  
Zgodnjepoletni botanični izlet na Toso med murke  
*Polona Strgar, Branko Zupan*
- 128 Naravoslovna fotografija  
Fotografska preža ob metuljniku  
*Jurij Kurillo*
- 133 Mednarodna nagrada Marsh za ohranjanje rastlin  
Dr. Jože Bavcon, dobitnik *Mednarodne nagrade Marsh za ohranjanje rastlin*  
*Nada Praprotnik, Igor Dakskobler*
- 135 Nove knjige  
*Jama Velika Pasica - zgodovina, okolje in življenje v njej*  
*Tomi Trilar*
- 136 Naše nebo  
Evropska vesoljska agencija na lovu za gravitacijskimi valovi  
*Mirko Kokole*
- 142 Table of Contents



Naslovnica: *Jadravec (Ipbiclides podalirius)*. Foto: Jurij Kurillo.

## Proteus

Izhaja od leta 1933

Mesečnik za poljudno naravoslovje

Izdajatelj in založnik: Prirodoslovno društvo Slovenije

### Odgovorni urednik:

prof. dr. Radovan Komel

Glavni urednik: dr. Tomaž Sajovic

### Uredniški odbor:

Janja Benedik

prof. dr. Milan Brumen

dr. Igor Daksobler

asist. dr. Andrej Godec

akad. prof. dr. Matija Gogača

dr. Matevž Novak

prof. dr. Gorazd Planinšič

prof. dr. Mihael Jožef Toman

prof. dr. Zvonka Zupanič Slavec

dr. Petra Draškovič Pele

Lektor: dr. Tomaž Sajovic

Oblikovanje: Eda Pavletič

Angleški prevod: Andreja Šalamon Verbič

Priprava slikovnega gradiva: Marjan Richter

Tisk: Trajanus d.o.o.

### Svet revije Proteus:

prof. dr. Nina Gunde – Cimerman

prof. dr. Lučka Kajfež – Bogataj

prof. dr. Tamara Lah – Turnšek

prof. dr. Tomaž Pisanski

doc. dr. Peter Skoberne

prof. dr. Kazimir Tarman

Proteus izdaja Prirodoslovno društvo Slovenije. Na leto izide 10 števk, letnik ima 480 strani. Naklada: 2.500 izvodov.

Naslov izdajatelja in uredništva: Prirodoslovno društvo Slovenije, Poljanska 6, p.p. 1573, 1001 Ljubljana, telefon: (01) 252 19 14, faks (01) 421 21 21.

Cena posamezne številke v prosti prodaji je 5,50 EUR, za naročnike 4,50 EUR, za upokojene 3,70 EUR, za dijake in študente 3,50 EUR.

Celoletna naročnina je 45,00 EUR, za upokojene 37,00 EUR, za študente 35,00 EUR, 9,5 % DDV in poštnina sta vključena v ceno.

Poslovni račun: SI56 0201 0001 5830 269, davčna številka: 18379222. Proteus sofinancira: Agencija RS za raziskovalno dejavnost.

<http://www.proteus.si>

[prirodoslovno.drustvo@gmail.com](mailto:prirodoslovno.drustvo@gmail.com)

© Prirodoslovno društvo Slovenije, 2015.

Vse pravice pridržane.

Razmnoževanje ali reproduciranje celote ali posameznih delov brez pisnega dovoljenja izdajatelja ni dovoljeno.

## Uvodnik

### Znanost in etika: dve strani istega kovanca

Tudi znanstveniki imajo »svojo« ideologijo (svojljni zaimek »svoj« sem namerno zapisal v narekovajih, saj jim je ta ideologija kot nekakšna zvesta, vendar neprijetne občutke vzbujajoča sopotnica zahodnoevške zgodovinske oblike znanosti – tako se zdi – »vsiljena«, o čemer na tem mestu ni mogoče obširneje razmišljati). O tem, kako si ta ideologija »slonokoščenega stolpa« prizadeva, da se ne bi »umazala« z etičnimi vprašanji, pričata sledeči izjavi. Prva se glasi: »Kar počnem, nima nobenega vpliva, zato tudi ne nosim nobene odgovornosti,« druga pa: »O tem, kaj je sprejemljivo, odloča družba: znanost lahko le pove, kaj bi bilo možno.«

S prvo izjavo se v svojem intervjuju z naslovom *Moralna polomija računalniških znanstvenikov* nikakor ni mogel sprijazniti ameriški profesor računalniške znanosti na Kalifornijski univerzi v Davisu Phil-

lip Rogaway, ustvarjalec nekaterih najpomembnejših orodij za varno uporabo interneta in prepričan zagovornik etičnega ravnanja računalniških znanstvenikov. Redka, vendar skrajno zaželjena drža v času, ko države in korporacije z vso brezobzirnostjo izvajajo digitalni nadzor nad ljudmi in prostori. Pogovor z Rogawayem je bil objavljen 11. decembra leta 2015 v ameriški reviji *The Atlantic*.

Drugo izjavo je izrekla Kathy Niakan. Raziskovalka matičnih celic na novo odprtem Inštitutu Francis Cricka v Londonu je britanski Urad za človeško oploditev in embriologijo zaprosila za dovoljenje, da bi lahko uporabila novo tehniko za urejanje genov na človeških zarodkih, ki se v biotehnološkem jeziku imenuje Crispr/Cas9. Z njo bi bilo mogoče ustvariti prve gensko spremenjene zarodke v Veliki Britaniji. V Združenih državah Amerike je to za zdaj prepovedano. O vsebini izjave je v svojem prispevku z naslovom *Znanstveniki morajo*

sodelovati v etični razpravi o področju človeške genetike resne pomisleke izrazil Philip Ball, kemik in fizik ter pisec številnih prispevkov in knjig o znanosti. Razmišljanje je bilo objavljeno 21. septembra leta 2015 v britanskem dnevniku *Guardian*.

Obe izjavi sta problematični. V prvi vrsti prostodušno pripovedujeta, da je »edina« naloga znanstvenikov raziskovanje, torej »produkcija« védenja, o etični sprejemljivosti, odgovornosti in širših družbenih posledicah njihovih spoznanj pa naj razmišljajo drugi.

Toda ločevanje védenja od etike je »nesprejemljivo« in »popolnoma napačno«, je v sklepnem poglavju svoje knjige *Naključje in nujnost* (1970), ki je namenjeno etiki védenja in socialističnemu idealu, zapisal francoski biokemik in molekularni biolog ter Nobelov nagradjenec za fiziologijo ali medicino za leto 1965 Jacques Monod (1910-1976). Monod je bil prepričan, da vsako človekovo dejanje, tudi jezikovno, zaznamuje neizogibni preplet etičnega razmerja - z drugo besedo vrednotenja - in védenja. Poleg tega je že sama predpostavka o objektivnosti kot tisti »bistveni lastnosti« vsakega »pravega, resničnega« védenja lahko »le« *svobodna etična izbira* in ne nekaj, kar bi kot sklep izviralo iz samega védenja. Brez predpostavljene - torej *vnajprej* postavljenega in *vnajprej* izbranega - načela objektivnosti »pravega, resničnega, objektivnega« védenja namreč sploh ne bi bilo. *Objektivno védenje* je tako postalo *temeljna* in *najvišja vrednota* v trenutku, ko se je novoveški človek dokončno zavedel, da so vsi bogovi mrtvi, da v nobeni religiji, nobenem mitu in nobenem filozofskem sistemu ne more več najti varnega zavetja, »da je sam v brezčutni neskončnosti vesolja«, da je »v njem vzniknil le po naključju«, da »njegova usoda in njegova dolžnost nista zapisani nikjer« in da se mora - metaforično povedano - o »duhovnem kraljestvu zgoraj ali duhovni temi spodaj« odločiti popolnoma sam.

Temelj človekovega »duhovnega kraljestva« je po Monodu lahko le etika pravega objektivnega védenja. Da bi to »duhovno kraljestvo« bolje razumeli, se moramo spomniti vsaj spoznanj italijanskega filozofa, zgodovinarja in pravnika Giambattista Vica (1668-1744), nemških filozofov Martina Heideggerja (1889-1976) in Hansa-Georga Gadamerja (1900-2002) ter čilskega biologa Humberta Maturane (1928-). Maturana je bil prepričan, da je spoznavanje temeljna biološka lastnost vseh živih

organizmov. Heidegger in Hans-Georg Gadamer sta spoznavanje - in z njim povezano razumevanje - imela za človekov bivanjski način. Vsi trije so zavračali možnost eksistence oziroma resničnosti, ki bi bila neodvisna od človeka kot spoznavajočega bitja. Že Vico je trdil podobno: »Spoznavajoči človek lahko spoznava le dejstva, dejstva pa so stvari, ki jih je ustvaril spoznavajoči človek sam.« Maturana je na podlagi podobnega razmišljanja zato lahko izpeljal sledeči *etični sklep*: ker so vse stvari spoznavne bitnosti, z drugimi besedami človekove razlage, je človek tudi *odgovoren* za vse. Maturana pa je razmišljal še naprej. Ker ima vsak opazovalec neizogibno svoj pogled na resničnost oziroma svoje védenje o njej, ni mogoče več govoriti o enem svetu, ampak je treba priznati, da jih obstaja več. V tem »pluralizmu« svetov lahko ljudje ustvarjajo *skupni svet* le v medsebojnem razumevanju. Druga beseda za to je sožitje - njegov temelj pa soglasje oziroma, natančneje povedano, *skupno védenje*. Monod je to imenoval znanstveni socialistični humanizem, »transcendentno kraljestvo idej, védenja in ustvarjanja - kraljestvo, ki je v človeku, kraljestvo, kjer bi človek, postopno osvobajajoč se materialnih omejitev in sleparske odvisnosti od 'malikov', končno lahko zaživel avtentično, samoniklo življenje.« Zda se lahko vrnemo k izjavi molekularne biologinje Kathy Niakan, druga izjava je samo njena varianta: »O tem, kaj je sprejemljivo, odloča družba: znanost lahko le pove, kaj bi bilo možno.«

Kritično razmišljanje pisca članka v *Guardianu* Philipa Balla o sporni izjavi Kathy Niakan in etičnih vidikih biotehnologije je nenavadno podobno zapisanim spoznanjem Monoda in Maturane, zato ga velja kot sklep navesti v celoti: »Človek (še) nima jasnega moralnega okvirja, da bi lahko razpravljal o možnostih, ki jih ponuja genetika, zato prepogosto išče odgovore v starih miselnih vzorcih v religiji, mitih ali kakšnih drugih ideologijah. *Zato ni dovolj reči, da »mora družba odločiti, kaj je sprejemljivo« - kot da bi znanost bila nekakšna moralno ravnodušna dejavnost, ki bi bila neodvisna od takih razmišljanj. Znanstveniki ne smejo ukazovati niti ne smejo biti nenažirani in ravnodušni. Skupaj z ostalo družbo morajo šele odkriti, kako naj odkrito, razumsko in občutljivo razmišljajo o vprašanih, ki nam jih zastavljajo možnosti biotehnologije in na katera dosedanje bioetične razprave še niso dale ustreznih odgovorov.*«

*Tomaz Sajovic*

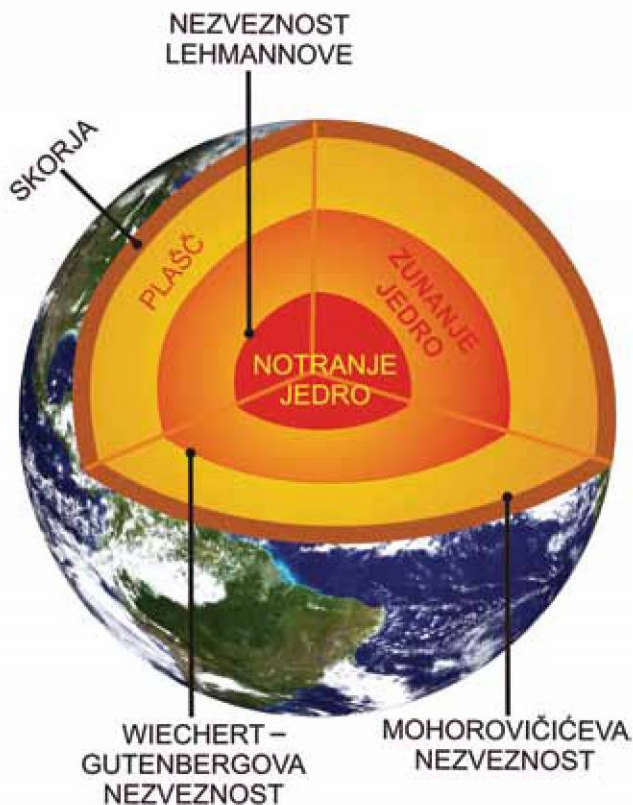
# Notranje jedro Zemlje

Mihael Brenčič

Sprehodimo se skozi katero od globokih dolin v Alpah in si oglejmo profile kamnin, ki nam jih odkriva narava. Opazili bomo pretrte in nagubane plasti, številne razpoke in prelome, ki se pnejo več deset metrov visoko. Pogosto so v profilih druga poleg druge kamnine, ki bi jim pripisali povsem različni izvor in nastanek. Geologi s svojimi natančnimi analizami ugotavljajo, kateri kamninski blok se je premaknil ali zasukal ali pa prepotoval kilometre daleč. Pred alpskimi stenami se nam odkrije vsa mogočnost Zemljinih sil, ki kot za šalo premikajo velike bloke, pokrajine in cele kontinente. Zaradi tega se nam geološka slika na površju od-

kriva kot izredno pestra, zapletena, pogosto tudi kaotična. Toda ko se premaknemo v notranjost Zemlje, globoko pod njeno površje, nenadoma preidemo v območje, o katerem ne vemo veliko. Globlje kot potujemo v notranjost, manj vemo o tem, kaj se nahaja pod našimi nogami. Zdi se nam, da je notranjost Zemlje enostavna.

Zemljo si predstavljamo kot nekoliko deformirano, na polih sploščeno kroglo, ki je v notranjosti sestavljena iz treh glavnih lupin: na vrhu iz krajevno zelo različno debele skorje, nato ji do globine približno 2.900 kilometrov sledi plašč, na dnu pa leži ogromno jedro, ki v globini 6.375 kilometrov sega do samega središča Zemlje (slika 1). A ta enostavnost je le posledica tega, da imamo o Zemljini notranjosti premalo znanja. Ali nam preprosti premislek ne pove, da če so geološke razmere na površju zapletene in skorajda kaotične, podobne razmere vladajo tudi v notranjosti, globoko pod površjem? Ali niso razmere v notranjosti prav tako zapletene ali pa zaradi visokih tlakov in temperatur morda še bolj? Sodobna geofizika odkriva prav to: geološke razmere globoko pod površjem so izredno pestre. In čeprav najnovejša odkritja o notranjosti našega planeta niso tako zelo izpostavljeni kot



Slika 1: Prerez skozi notranjost Zemlje.

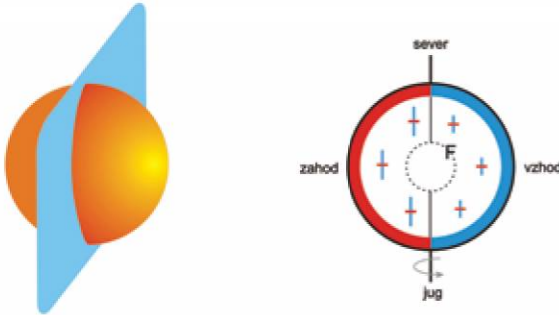
nekatera druga odkritja sodobne znanosti, na primer na področju fizike ali biokemije, so rezultati teh raziskav prav tako izjemni. Danes smo na področju geologije deležni največjih premikov v znanju prav pri raziskavah notranjosti Zemlje. Seznanimo se z nekaterimi od teh odkritij in si oglejmo, kaj se skriva pod našimi nogami.

Znanje o notranjosti Zemlje se bogati iz leta v leto, hitro in temeljito. Do druge polovice devetnajstega stoletja so geologi domnevali, da je Zemlja v notranjosti raztaljena gmota, katere gostota zaradi hidrostatskega tlaka narašča z globino. Leta 1906 je Richard Dixon Oldham na podlagi analize seizmogramov velikih potresov odkril, da se v notranjosti nahaja jedro, nekoliko kasneje pa je Beno Gutenberg dokazal, da je jedro tekoče in vzrok za nastanek Zemljinega elektromagnetnega polja. Leta 1909 je pri prehodu skorje v plašč hrvaški geofizik Andrija Mohorovičić odkril nezveznost, ki se danes imenuje po njem. Nekaj let pred drugo svetovno vojno je danska seizmologinja Inge Lehmann z natančno primerjavo globokih potresov pokazala, da se na globini približno 5.150 kilometrov v jedru prav tako nahaja nezveznost in da je jedro sestavljeno iz dveh delov - iz notranjega in zunanjega jedra. Sprva so domnevali, da je celotno jedro tekoče, Inge Lehmann pa je postavila domnevo, da je notranje jedro trdno, čeprav za to ni imela neposrednih dokazov. Prisotnost trdnega notranjega jedra je bilo nekoliko kasneje nakazano s teoretičnimi izračuni o mineralni sestavi jedra, ki so pokazali, da lahko na taki globini in pri takšnih temperaturah minerali obstajajo le v trdnem stanju. Šele po drugi svetovni vojni, z intenzivnim razvojem seizmologije, se je na podlagi analize natančnih zapisov močnejših potresov pokazalo, da je notranje jedro trdno. V sedemdesetih letih prejšnjega stoletja so geofiziki z izračuni prišli do sklepa, da je notranje jedro tudi zelo neenotno in da skriva veliko skrivnosti, ki jih še do danes nismo razvozljali.

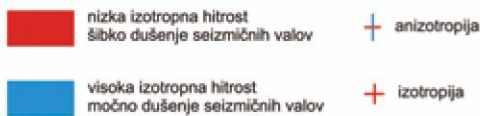
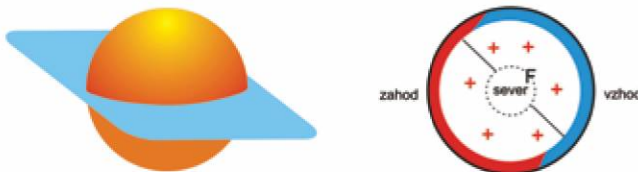
Notranje jedro je izredno skrivnostno in nam le počasi odgrinja tančice s sebe. Veliko njegovih lastnosti ni ustrezno razloženih, obstajajo le bolj ali manj verjetne in med seboj tekmujoče hipoteze, ki jih bo treba v prihodnosti še preveriti. Oglejmo si najprej nekaj zelo osnovnih podatkov o jedru in njegovih sestavnih delih. Sestavljeno je iz dveh delov, iz tekočega zunanjega dela in trdnega notranjega dela. Tekoče zunanje jedro je odgovorno za nastanek Zemljinega magnetnega polja. Meja med jedrom in plaščem se nahaja v globini  $2.891 \pm 5$  kilometrov, iz česar sledi, da znaša premer jedra  $3.483 \pm 5$  kilometrov. Premer notranjega jedra znaša  $1.220 \pm 10$  kilometrov, pas, ki ga tvori zunanje jedro, je tako debel  $2.263 \pm 10$  kilometrov. Masa celotnega jedra znaša  $1,93 \times 10^{24}$  kilogramov, masa zunanjega jedra  $1,83 \times 10^{24}$  kilogramov in masa notranjega jedra  $9,67 \times 10^{22}$  kilogramov. Za primerjavo naj povemo, da znaša masa celotne Zemlje  $5,98 \times 10^{24}$  kilogramov. Jedro tako tvori 31 odstotkov celotne mase Zemlje, medtem ko je delež mase notranjega jedra le nekaj stotink. Prostornina celotnega jedra znaša  $1,77 \times 10^{11}$  kubičnih kilometrov, prostornina notranjega jedra  $7,61 \times 10^9$  kubičnih kilometrov, zunanjega jedra pa  $1,69 \times 10^{11}$  kubičnih kilometrov. V primerjavi z drugimi Zemljinimi lupinami je notranje jedro prav neznatno.

Vse od sedemdesetih let prejšnjega stoletja geofizike preseneča izredna heterogenost notranjega jedra. Sestavljeno je iz dveh polobel, ki sta med seboj ostro ločeni, zunanja površina obeh pa je verjetno nepravilna. Vzhodna meja med obema poloblama se nahaja med 11 stopinjami in 60 stopinjami vzhodne širine, zahodna meja pa med -161 stopinjami in -180 stopinjami zahodne širine. Določitve teh meja se med različnimi študijami zelo razlikujejo. Meja med poloblama rahlo tone v smeri proti vzhodu. Hitrost potovanja seizmičnih valov se med obema polovicama razlikuje. V vzhod-

## POLARNI PREREZ



## EKVATORIALNI PREREZ



Slika 2: Shematski prikaz različnih prerezov in heterogenosti notranjega jedra Zemlje (prirejeno po Deussu, 2014).

dni polobli imajo seizmični valovi manjše amplitude in močno dušenje. V zahodni polobli so prisotne večje amplitude valovanja, njihovo dušenje pa je šibkejše, znotraj te poloble se fizikalne lastnosti v različnih smereh spreminjajo bolj kot v vzhodni. Do razlik v hitrosti potovanja seizmičnih valov prihaja tudi glede na orientacijo celotnega jedra. V polarni smeri, to je v smeri sever-jug, seizmični valovi potujejo hitreje in z večjim dušenjem kot v ekvatorialni smeri (slika 2). Pojavu, v katerem so fizikalne lastnosti odvisne od smeri, pravimo anizotropija, če so lastnosti v vseh smereh prostora enake, pa govorimo o izotropiji. Razlike v anizotropiji so prisotne tudi glede na polmer notranjega jedra, zgornjih 60 do 80 kilometrov notranjega jedra je bolj izotropnih kot spodnji del. Nekateri podatki kažejo, da je

notranje jedro še dodatno razdeljeno z nezveznostjo, označeno s črko F. Na podlagi te razdelitve je spodnji del notranjega jedra imenovan notranje notranje jedro in zunanji del zunanje notranje jedro. Plastovitost notranjega jedra - nekateri raziskovalci govorijo o čebulasti strukturi - je verjetno posledica tega, da se v zunanjem notranjem jedru izločajo lažji elementi, kot so bili izločeni v notranjem notranjem jedru, zaradi česar prihaja do razlik v hitrosti seizmičnih valov. Mnenja o obstoju nezveznosti F so deljena, nekateri modeli kažejo, da je ta meja umetna in posledica premalo natančnih podatkov in izračunov.

Notranje jedro plava znotraj tekočega in turbulentnega zunanjega jedra, zato se zastavlja vprašanje, ali se notranje jedro vrti z enako kotno hitrostjo kot ostale Zemlji-



ne lupine. Za razlago vrtenja notranjega jedra obstajajo tri možnosti. Notranje jedro se lahko giblje z enako kotno hitrostjo kot ostale lupine: v tem primeru govorimo o gravitacijski ujetosti notranjega jedra glede na plašč. Če se notranje jedro vrtil drugače, pa lahko prehiteva ali pa zaostaja za ostalimi lupinami. Temu pojavu pravimo superrotacija. Tako kot pri drugih lastnostih notranjega jedra tudi pri tej med različnimi modelnimi izračuni ni soglasja in prav verjetno je, da bo nadaljnji razvoj prinesel povsem nova spoznanja. Število potresov, na podlagi katerih so bili opravljeni ti izračuni, je premajhno in minilo je premalo časa od razvoja metod meritev takšnih potresov, da bi lahko zaznali časovno odvisne spremembe prehajanja seizmičnih valov skozi jedro. Nekoliko starejše računalniške simulacije geodinama, ki je posledica kroženja raztaljene gmote v zunanjem jedru, so kazale, da je zamik rotacije jedra od ene stopinje do tri stopinje na leto, novejša simulacije, izvedene z izpopolnjenimi modeli, pa kažejo, da je ta zamik manjši in znaša do pol stopinje na leto. Študije, ki so pri modeliranju upoštevale podaljševanje dneva v Zemljini zgodovini in počasno ohlajanje notranjega jedra z njegovim širjenjem, so prišle do mnogo nižjih kotnih hitrosti. Te naj ne bi presegale ene stopinje na milijon let. Narejenih je bilo tudi nekaj študij, ki kažejo, da superrotacije ni.

In kako je sodobna geofizika spoznala vse te nenavadne lastnosti notranjega jedra? Večina podatkov izvira iz podrobnih seizmoloških študij. To so bili prvi rezultati, ki so nakazali obstoj notranjega jedra in njegovo pestrost. Seizmološke študije notranjega jedra temeljijo na dveh vrstah analiz. Prvi sklop predstavljajo analize potovanja seizmičnih valov, ki se sprožijo z globokimi potresi in potujejo skozi Zemljino jedro. Drugi sklop predstavljajo analize seizmičnih valov z dolgimi periodami, ki se širijo po površini in potujejo po celotnem obodu Zemlje, preprosto povedano, temeljijo na

analizi vibriranja tal pod našimi nogami. K poznavanju lastnosti notranjega jedra so pomembno prispevali poskusi v diamantnih celicah. Diamanti so minerali, ki izvirajo globoko iz notranjosti Zemlje in so bili ob svojem nastanku izpostavljeni ekstremnim tlakom in temperaturam, za nameček je njihov nastanek vezan na zelo dolga časovna obdobja. Zaradi svojega nastanka so diamanti najprimernejši material za poskuse, pri katerih posnemajo razmere globoko v notranjosti Zemlje. V večjih monokristalih diamantov se v laboratorijih izdelajo drobne celice, v katere se nato vložijo osnovni minerali, ki se nato izpostavijo visokim tlakom in temperaturam. Ko je poskus končan, se s sodobnimi analitskimi metodami, ki omogočajo analize že pri zelo majhnih količinah, določijo mineraloške značilnosti novo nastalih mineralov. Na ta način je bila odkrita vrsta novih mineralov Zemljinega plašča in jedra, ki so jih nato s potrpežljivim iskanjem našli tudi v naravi. Zelo pomemben vir podatkov o razmerah v notranjosti je povezan z različnimi matematično-fizikalnimi modeliranjmi, ki zahtevajo zelo veliko računsko moč. Šele z razvojem najnovejših računalniških procesorjev je bilo moč umetno ustvarjati razmere v notranjosti Zemlje. To so simulacije, ki izhajajo iz predpostavk o tako imenovanih začetnih pogojih (*ab initio*), ko se ob različnih predpostavkah in s pomočjo fizikalno-kemijskih izhodišč modelira nastanek novih mineralov. Pomembne so tudi simulacije, s katerimi se modelira turbulentni tok raztaljene gmote v zunanjem jedru ter s tem razvoj in spreminjanje Zemljinega magnetnega polja. Slednjega ni mogoče modelirati, ne da bi opazovali razmerje med rotacijo notranjega jedra in spodnjega dela plašča, kar nam daje posredne informacije o naravi notranjega jedra.

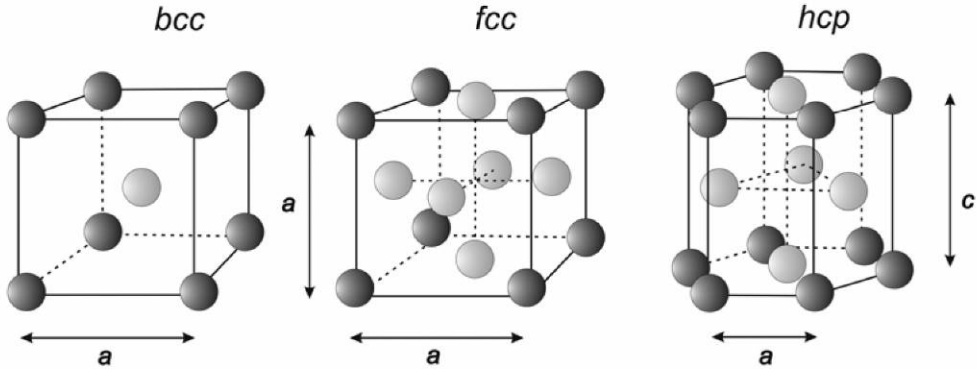
Zemlja je stara 4,6 milijarde let. Kaj pa notranje jedro? Po preprostem premisleku bi pričakovali, da je staro toliko, kot je stara sama Zemlja, ali da je vsaj nekoliko mlajše, vendar temu ni tako. Notranje jedro je mno-

go mlajše kot Zemlja. Ocene o njegovi starosti se gibljejo v intervalu od 600 milijonov let do 2 milijardi let, največ ocen pa se giblje okoli starosti milijarde let. Zakaj je notranje jedro toliko mlajše od planeta? Vzroki za to ležijo v zgodnji zgodovini Zemlje. Ko je ta nastala iz kaosa protoplanetnega diska, se je v heterogenem skupku planetezimalov, ki so tvorili Prazemljo, pričelo prerazporejanje mineralov in elementov glede na gostoto: težji so tonili proti notranjosti, lažji pa so težili proti površju. K temu je prispevalo še sproščanje gravitacijske energije, ki je hkrati z radioaktivnim razpadom povzročilo segrevanje Zemljine notranjosti. Te navidezno enostavne procese je zapletel dogodek, ki bi bil lahko za Zemljo usoden. Pred 3,2 milijarde let je pod ostrim kotom v Zemljo trčil planet Tea, ki je bil tako velik kot današnji Mars. Ta trk je povzročil izbitje velikega kosa kamnin v zgornjem delu Zemlje. Zaradi tega gromozanskega trka se je del izbitnega materiala, zlasti lahkohlapnega, razpršil v vesolje. Del ga je Zemlja s svojim gravitacijskim poljem pritegnila nazaj, iz velikega dela tega materiala pa je nastal Mesec. Ta trk je imel za posledico tudi nekaj drugega. Zaradi izjemne količine sproščene energije se je zunanji del Zemlje stalil in nastal je ocean magme. Ocene znanstvenikov o tem, kako globoko je segal ta ocean, so deljene, za nastanek jedra pa je pomembno, da je v oceanu magme prišlo do obsežne razdelitve elementov in mineralov. Proces tonjenja težjih elementov in mineralov se je v primerjavi s procesi pred trkom s Teo močno pospešil. Tonjenje proti središču se je nadaljevalo tudi potem, ko se je Zemlja dovolj ohladila, da se je na površju ustvarila trdna skorja in s tem prvi protokontinenti.

Spremembe v notranjem jedru se dogajajo še danes, vendar so te povezane z negativno toplotno bilanco Zemlje, ki se počasi ohlaja. Jedro je najbolj dinamično območje Zemlje. Če je povprečna starost notranjega jedra ena milijarda let, potem se je zgornjih 100 kilometrov notranjega jedra izločilo iz

tekočega zunanjega jedra v zadnjih 100 milijonih letih, to je od sredine krede dalje. Iz tega sledi, da se notranje jedro na vsak milijon let odebeli za en kilometer, ali če to predstavimo s človeku razumljivimi hitrostmi, vsako leto se notranje jedro razširi za en milimeter.

Tudi pri razlagi vzrokov za nenavadne lastnosti notranjega jedra nismo nič kaj bolj gotovi kot pri izračunavanju njegovih fizikalnih značilnosti. Te lastnosti so povezane z mineraloški značilnostmi mineralov v jedru in njihovim nastankom, ta pa je povezan s procesi strnjevanja in kristaljenja. V jedru prevladuje železo, prisotni pa so še nekateri lažji elementi, kot sta nikelj in silicij. Ali so prisotni tudi lahkohlapni elementi, kot sta kisik in vodik, je bolj ali manj ugibanje. Kakšna so dejanska razmerja med elementi v jedru, je prav tako stvar ugibanja in intenzivnih znanstvenih razprav. V globinah, torej pri tlakih v notranjem jedru, se lahko železo nahaja v treh kristalnih rešetkah (slika 3). Pri temperaturah, ki vladajo na Zemljinem površju, se železo nahaja v prostorsko orientirani kubični rešetki (*bcc*), ki nato ob poviševanju temperature in tlaka preide v ploskovno orientirano kubično rešetko (*fcc*), ob še povečanih tlakih pa se tvori heksagonalni gosti zlog (*hcp*). Slednji je pri tlakih in temperaturah, ki vladajo v notranjem jedru, najbolj verjeten. To so potrdili tudi najnovejši poskusi v diamantnih celicah. Razprava o najbolj verjetni kristalni rešetki v jedru je videti bolj kot akademsko prerekanje, a ima zelo pomembne posledice pri razumevanju širjenja seizmičnih valov. Razloži nam, zakaj se valovi v polarni smeri širijo hitreje kot v ekvatorialni. V idealnih razmerah je pri rešetki *hcp* razmerje med glavnima osema kristalov *c/a* enako 1,623, pri visokih tlakih je to razmerje manjše in hitrosti v smeri osi *c* večje kot v smeri prečne osi *a*. To nam odkriva še eno nenavadno lastnost notranjega jedra. Daljše smeri kristalnih rešetk železa so orientirane v polarni smeri, saj je bilo izmerjeno, da se v tej smeri



Slika 3: Kristalne rešetke železa (bcc – prostorsko orientirana kubična rešetka; fcc – prostorsko orientirana kubična rešetka; hcp – heksagonalni gosti zlog).

seizmični valovi širijo hitreje. Nekatere teorije domnevajo, da so v notranjem jedru prisotni ogromni kristali, katerih daljše osi so usmerjene v smeri sever-jug.

Kaj pa razdelitev jedra na zahodno in vzhodno poloblo? Zakaj je prišlo do tega? V zvezi s tem vprašanjem sta postavljeni dve konkurenčni teoriji. Prva temelji na razlagi prenosa mase znotraj notranjega jedra, druga na termokemičnem toku. Po prvi teoriji naj bi do kristaljenja železa prihajalo v zahodni polobli, v vzhodni polobli pa do taljenja ter s tem do vzpostavitve kroženja mase znotraj notranjega jedra. Pri termokemičnem toku prihaja do prostorsko raznolikega toplotnega toka med notranjim in zunanjim jedrom, kar vpliva na časovni razvoj geodinama in na različne hitrosti strjevanja notranjega jedra.

Kratko potovanje skozi Zemljino notranje jedro nam je odkrilo številne in nenavadne lastnosti. Kljub številnim naporom geofizike o pravih značilnostih notranjega jedra in vzrokih zanje še vedno ugibamo. Z gotovostjo vemo, da je notranje jedro heterogeno in da je sestavljeno iz dveh polobel. Vse ostalo, kakšne so te meje, kako so oblikovane, kakšna je sestava in struktura notranjega jedra, pa poznamo le približno. In ne nazadnje, še vedno ostaja nerešeno vpraša-

nje, kako je jedro nastalo, kako se je razvilo iz mineralov, ki so milijarde let tonili proti središču Zemlje. Vsa ta vprašanja so še naprej odprta in bodo za razjasnitev v prihodnosti terjala še veliko predanega znanstvenoraziskovalnega dela.

#### Literatura:

- Deuss, A., 2014: *Heterogeneity and Anisotropy of Earth's Inner Core. Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 42: 10–26.
- Olson, P., (ur.), 2007: *Overview. Treatise on Geophysics, Volume 8: Core Dynamics*. Elsevier, 1–30.
- Whitehouse, D., 2015: *Journey to the Centre of the Earth*. London: Weidenfeld & Nicolson, 270 pp.

# Sto let splošne teorije relativnosti (drugi del)

Obletnice v fiziki (ob Mednarodnem letu svetlobe 2015)

Janez Strnad

»1915 vložitev svetlobe v kozmologijo s splošno teorijo relativnosti.«

Wikipedia

## Trije »klasični« preizkusi

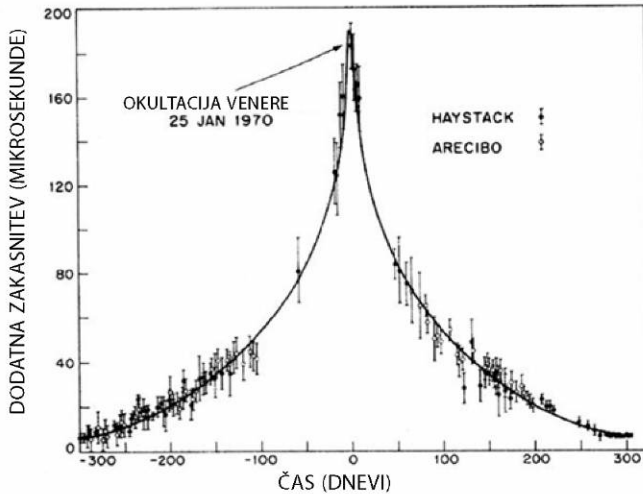
Najprej so bili v ospredju trije »klasični« preizkusi splošne teorije relativnosti: gravitacijski premik spektralnih črt, sukanje Merkurjevega perihelija in odklon svetlobe z zvezde pri prehodu mimo Sonca. Gravitacijski premik je bilo mogoče obvladati samo z načelom ekvivalentnosti, brez splošne teorije relativnosti. Tedaj ga tudi ni bilo mogoče meriti. Za sukanje Merkurjevega perihelija so mislili, da bi Einstein lahko zavestno ali podzavestno svojo enačbo naravnal po znanem podatku. Tako so največji pomen pripisali odklonu svetlobe z zvezde. V Angliji so ugotovili, da bi ga bilo mogoče opazovati ob Sončevem mrku 29. maja leta 1919. Poslali so odpravi v Sobral v Brazilijo in na otok Principe pred zahodno afriško obalo, kjer je bil mrk popoln. Odprava v Sobralu je opazovala v dobrih okoliščinah in je namerila za odklon 1,98 kotne sekunde, odprava na otoku, ki so jo delno motili oblaki, pa odklon 1,61 kotne sekunde. Zaradi napak pri merjenju so upoštevali, da sta rezultata negotova na tretjino kotne sekunde, se pravi na 20 odstotkov. V okviru dosežene natančnosti sta se ujemala z napovedjo in so v njiju videli potrditev teorije. O tem so poročali po vsem svetu. Po končani prvi svetovni vojni so bile novice take vrste posebej zaželene. Einstein je postal slaven. Danes ne opazujejo več ob popolnih Sončevih mrkih. Precej natančneje merijo radijske valove s treh kvazarjev. Kvazarji so zelo oddaljena vesoljska telesa, ki oddajajo radij-

ske valove. Opazujejo tri kvazarje, ki ležijo na nebu skoraj v ravni črti. Enega od njih enkrat na leto pokrije Sonce. Z radijskimi teleskopi so v času okoli prekritja zaznavali radijske valove z vseh treh kvazarjev. Merjenje je dalo rezultat, ki se je na 0,7 odstotka natančno ujemal z napovedjo.

Pozneje so izmerili tudi gravitacijski premik spektralne črte proti rdečemu delu spektra. Merjenje s svetlobo s Sonca motijo tokovi v Sončevi atmosferi. Zaradi njih je rezultat precej negotov. Leta 1961 so napoved podprli na 5 odstotkov natančno. Izmerili so tudi premik v gravitacijskem polju Zemlje, za katerega je Einstein mislil, da ga ne bo mogoče izmeriti. Z novim merilnim načinom, znanim kot brezodrivno sevanje in absorpcija žarkov  $\gamma$ , so leta 1964 opazovali premik pri višinski razliki 22,5 metra in leta 1981 celo pri višinski razliki 1 meter. To kaže tudi, kako močno se je razvila merilna tehnika.

## Četrty preizkus

Pozneje so opazovali še druge pojave. Omenimo samo enega. Proti Veneri so z Zemlje usmerili sunke radarskih valov in merili zakasnitev šibkih odbitih valov. Tako so ugotovili dodatno zakasnitev valov, ki je bila največja, ko sta bili Venera in Zemlja na nasprotnih straneh Sonca in so valovi na poti na Venero in ob povratku šli mimo Sonca. Za zakasnitev so izmerili nekaj manj kot 200 milijonin sekunde, kar se je v okviru dosežene natančnosti pri merjenju



*Zakasnitev radarskih valov po odboju na Veneri v odvisnosti od časa. Od časa je odvisna razdalja, v kateri gredo valovi mimo Sonca. Zakasnitev je največja, ko gredo valovi mimo Sonca v najmanjši razdalji. Krivulja kaže napoved teorije, točke pa izmerke. Navpične črte pri izmerkib kažejo negotovost. Zakasnitev so napovedali leta 1974 in prvič izmerili leta 1978.*

dobro ujemalo z napovedjo. Poskus so večkrat ponovili z vesoljskimi sondami, ko ni bilo treba loviti odbitih valov. Tako so leta 2002 izmerili zakasnitev elektromagnetnih valov z vesoljske sonde Cassini pri prehodu mimo Sonca. Izid se je na tisočino odstotka ujemal z napovedjo teorije.

### Gravitacijsko valovanje

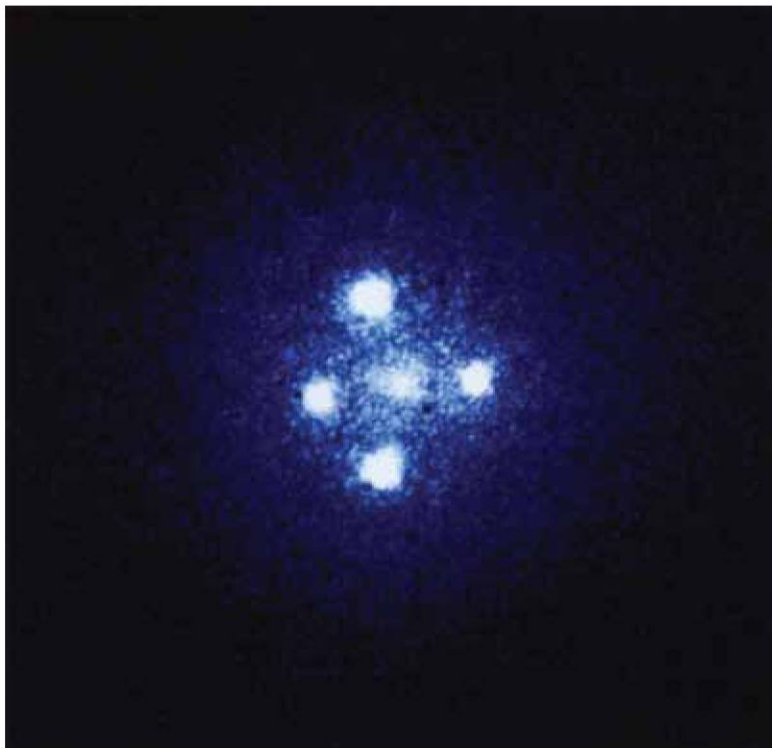
Leta 1916 je Einstein v članku v *Poročilih* obdelal enačbo gravitacijskega polja v najnižjem približku. Pri tem je ugotovil, da spremembe gravitacijskega polja potujejo s hitrostjo svetlobe in da obstaja *gravitacijsko valovanje*. O valovanju sta že prej razpravljala Lorentz in Poincaré. Gravitacijsko valovanje sevata telesi, ki se gibljeta okoli skupnega težišča ali trčita, ali zvezda, ki se sesede vase ali eksplodira. Gostota energijskega toka v gravitacijskem valovanju je zelo majhna. Na svetu je več velikih naprav, s katerimi poskušajo zaznati gravitacijsko valovanje. Do zdaj to še ni uspelo.

Sredi sedemdesetih let prejšnjega stoletja so naleteli na nevtronski zvezdi, ki se gibljeta okoli skupnega težišča. Ena od njiju je pulzar, ki oddaja sunke radijskih valov v časovnem razmiku po 53 tisočin sekunde. To omogoča zelo natančno merjenje. Čas med zaporednima sunkoma zelo počasi narašča.

Vrtenje pulzarja okoli osi postaja počasnejše, ker pulzar oddaja energijo s sevanjem radijskih valov. Čas med zaporednima sunkoma se še malo spreminja, ker se pulzar giblje glede na Zemljo. Čas med sunkoma se malo skrajša, ko se pulzar približuje Zemlji, in malo podaljša, ko se od nje oddaljuje. S tem Dopplerjevim pojavom so zasledovali gibanje pulzarja in prek njega tudi gibanje druge nevtronske zvezde. Z merjenjem so preizkusili enačbo splošne teorije relativnosti. Pri tem se točka, ki ustreza periheliju pri Merkurju, zasuče za več kot štiri kotne stopinje na leto. Teoretično je bilo mogoče napovedati tudi, kolikšno energijo odnese gravitacijsko valovanje. Zato se večja obhodni čas pulzarja, in sicer sorazmerno s kvadratom časa. Izmerjeni podatki so se ujemali z napovedjo. To za zdaj najtrdneje podpira – čeprav posredno – obstoj gravitacijskega valovanja. O tem sta poročala leta 1979 Joseph H. Taylor in Russell A. Hulse in »za odkritje pulzarja nove vrste, ki je odprlo nove možnosti za raziskovanje gravitacije«, dobila Nobelovo nagrado iz fizike za leto 1993.

### Črne luknje

Leta 1783, ko so svetlobo imeli za tok delcev, je John Michell v pismu omenil, da bi



*Slika galaksije v oddaljenosti okoli 400 milijonov svetlobnih let obdajajo štiri slike okoli 8 milijard svetlobnih let oddaljenega kvazarja, ki nastanejo zaradi gravitacijskega lečenja. Ta Einsteinov križ v ozvezdju Pegaza so odkrili leta 1985.*

bilo mogoče določiti maso zvezde, če bi ugotovili, za koliko se zmanjša hitrost svetlobe, ki zvezdo zapusti. Leta 1796 je Pierre Simon Laplace razmislil o velikih vesoljskih telesih, ki jih svetloba sploh ne more zapustiti. Pri dani masi telesa je v Newtonovi mehaniki izračunal polmer telesa, ki ga svetloba ne more zapustiti.

Leta 1916 je Einstein na zasedanju pruske akademije prebral prispevka Karla Schwarzschilda, vodje astrofizikalnega observatorija v Potsdamu, ki je služil v nemški vojski na ruski fronti. V prvem prispevku je Schwarzschild poročal o natančni rešitvi Einsteinove enačbe gravitacijskega polja v krogelnosimetričnem primeru, ko se razmere ne spreminjajo s časom. V drugem prispevku je navedel rešitev za kroglo iz nestisljive tekočine. Rešitev ima posebnost pri polmeru, ki ga je navedel Laplace in ki ga imenujemo po Schwarzschildu. Od leta 1967 telesa, ki so manjša od Schwarzschildovega polmera in jih svetloba ne more zapustiti, imenu-

jemo *črne luknje*. Črno luknjo obdaja zelo gosto gravitacijsko polje in privlači snov iz okolice. Snov pada proti zvezdi in se močno segreje, preden preide Schwarzschildov polmer, in seva tudi rentgensko svetlobo. Kratkotrajni neurejeni sunki rentgenskega sevanja so značilni za kandidate za črne luknje. Poleg tega so ugotovili črne luknje z ogromno maso v središču številnih galaksij.

### **Vesolje v splošni teoriji relativnosti**

Leta 1917 je Einstein v *Poročilih* v članku *Kozmološka razmišljanja k splošni teoriji relativnosti* poskusil zajeti vse vesolje. To je bil sploh prvi poskus take vrste. Tedaj so poznali samo zvezde v Galaksiji in praznino okoli nje. Hitrosti zvezd so bile veliko manjše kot hitrost svetlobe. Zato so si kot nekdanj Aristotel predstavljali, da se vesolje s časom ne spreminja. Newton je po odkritju gravitacijskega zakona razmišljal o tem. Vendar kaže, da se je misli ustrašil, ko je ugotovil, da krogelnosimetrična skupina

zvezd v mirovanju sploh ne bi mogla obstajati in bi zvezde »padle v sredino«. Einstein se je temu izognil z odločnim korakom. Enačbi gravitacijskega polja je dodal člen s *kozmoško konstanto*. Utemeljitev je bila zgrešena, a člen je bil popolnoma v duhu splošne teorije relativnosti. Ustreza mu odbojna sila, ki v krogelnosimetričnem vesolju narašča sorazmerno z oddaljenostjo od središča in ima smer od središča.

Pozneje so opazovanja pokazala, da obstajajo v vesolju oddaljeni »zvezdni otoki«, *galaksije*. Podobni so naši Galaksiji, ki je samo ena od njih. Predlagali so modele, v katerih se galaksije gibljejo. Einstein se jim je spočetka upiral, a jih je s časom sprejel. Preklical je člen s kozmoško konstanto in ga imenoval »največjo zablodo v življenju«. Ironično ima danes ta člen pomembno vlogo v modelih vesolja na osnovi splošne teorije relativnosti. To je že nova zgodba o *temni energiji*. Pripomnimo, da je Einsteinova enačba gravitacijskega polja v vesolju dokaj preprosta. Privzamemo namreč, da velja *kozmoško načelo*, da so v vesolju vse točke in vse smeri enakopravne.

### Gravitacijsko lečenje

Leta 1936 so Einsteina opozorili, da bi opazovalec na Zemlji zelo oddaljeno zvezdo videl kot kolobar, če bi svetloba z nje šla mimo bližnje zvezde in bi Zemlja ležala na zveznici obeh zvezd. Če bi bila Zemlja malo odmaknjena od zveznice zvezd, bi na Zemlji oddaljeno zvezdo videli dvojno. Svetloba z oddaljene zvezde bi se namreč odklonila v gravitacijskem polju bližnje zvezde. Einstein je pojav podrobno preračunal, a je mislil, da ga ne bo mogoče opazovati. Leta 1979 pa so ugotovili, da dve sliki ne ustrezata dvema kvazarjema, ampak podvojeni sliki enega. Svetloba tega zelo oddaljenega kvazarja se odkloni v gravitacijskem polju manj oddaljene galaksije, ko gre na poti med kvazarjem in Zemljo mimo te galaksije. Pojav, znan kot *gravitacijsko lečenje*, uspešno izkoriščajo pri opazovanjih oddaljenih galaksij.

### Splošna teorija relativnosti danes

Do šestdesetih let prejšnjega stoletja so se s splošno teorijo relativnosti ukvarjali maloštevilni matematiki in v matematiko usmerjeni fiziki. Potem je začelo število fizikov, ki so delali v splošni teoriji relativnosti, naraščati, sprva zelo počasi, potem vse hitreje. Pojavile so se posebne revije in začeli so prirejati redna mednarodna znanstvena srečanja. Naraslo je tudi število s splošno teorijo relativnosti povezanih poskusov. Danes se s splošno teorijo relativnosti ukvarja precejšnje število fizikov, astrofizikov in matematikov.

Rezultate splošne teorije relativnosti je treba upoštevati že v vsakdanjem življenju. Sistem za določanje lege na Zemlji GPS sestavlja skupina več kot 24 umetnih satelitov, ki krožijo okoli Zemlje v višini 20.200 kilometrov, jo obidejo približno v 12 urah in oddajajo radijske valove. Naprava lovi valove z več satelitov in po njihovi zakasnitvi ugotovi zemljepisno dolžino in širino in nadmorsko višino točke na površju Zemlje. Trije podatki so negotovi na 15 metrov. Ura na satelitu v 24 urah uro na Zemlji zaradi višinske razlike prehitri za 45,6 milijonine sekunde in zaradi večje hitrosti zaostane za njo za 7,08 milijonine sekunde. Če ne bi upoštevali splošne teorije relativnosti, bi v 24 urah zgrešili lego za približno 12 kilometrov in sistema GPS ne bi mogli uporabljati.

#### Literatura:

Strnad, J., 2005: *Einstein,  $E = mc^2$* . Ljubljana: Modrijan.

# Razvoj matičnih celic in njihova uporaba v medicini

## Možnosti, meje, perspektive, zlorabe

Maša Koče

Letos mineva tristošestdeset let, odkar je Robert Hooke med mikroskopskim opazovanjem rezine plute odkril in poimenoval celico. Odkritje osnovne gradbene enote organizmov je naznanilo začetek razvoja obsežne panoge – biologije celice oziroma citologije. V sledečih treh stoletjih so številni znanstveniki prispevali ogromno znanja k razumevanju zgradbe in delovanja celic.

Izraz »stammzelle« - v slovenščini *matična celica* - je leta 1868 prvič uporabil Nemec Ernst Haeckel. Z njim je opisal predniško celico, iz katere izvirajo vsi mnogocelični organizmi, izraz pa je pripisal tudi oplojeni jajčni celici, ki lahko tvori vse celice enega organizma. Konec devetnajstega stoletja sta Theodor Boveri in Valentin Häcker sledila izvoru živalskih spolnih celic in opredelila matične celice kot celice, ki kasneje proizvajajo oocite v gonadah. Izraz je pravzaprav obsegal več različnih razvojnih stopenj in linij zarodnih celic, v množično rabo pa ga je vpeljal Anglež Edmund B. Wilson, ki je ohranil Bovarijevo in Häckerjevo opredelitev nespecializiranih celic.

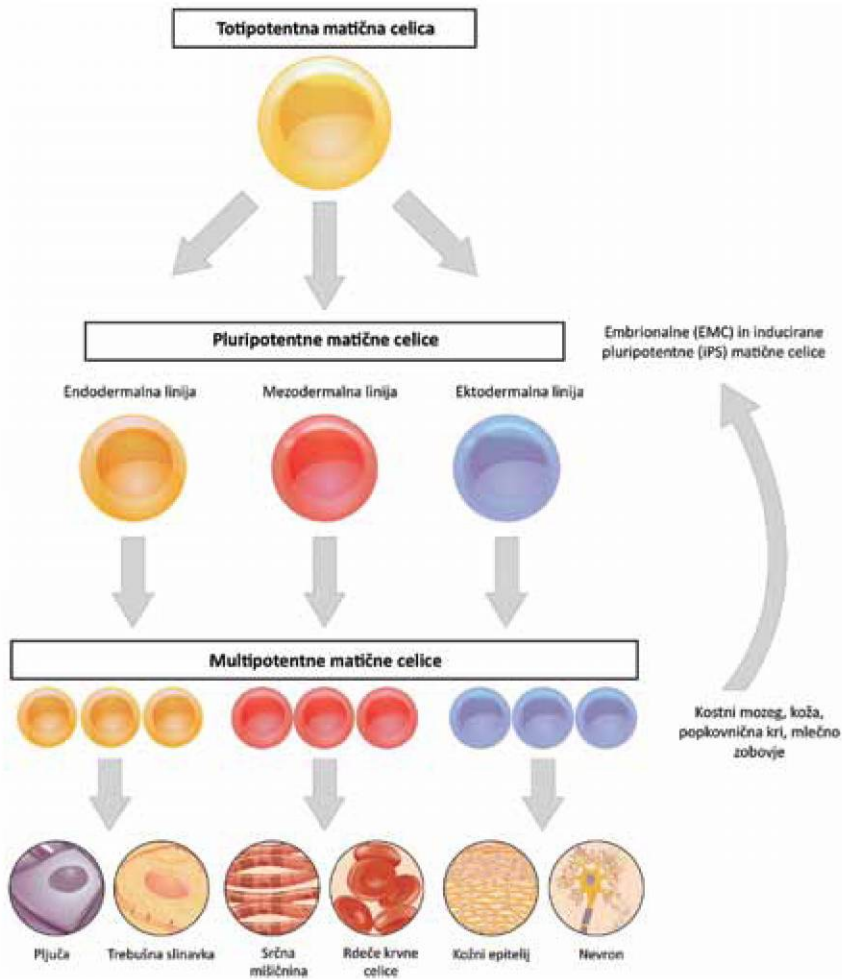
Leta 1901 je Claudius Regaud v študiji spermatogeneze uporabil izraz »matični spermatogonij« in s tem v znanosti populariziral rabo pridevnika »matični«. Skoraj istočasno je skupina znanstvenikov s Franzem Weidenreichom na čelu predstavila idejo, da krvne celice v procesu hematopoeze nastanejo iz skupne predniške oziroma matične celice hemocitoblasta.

Danes besedna zveza opisuje nediferencirane celice z nizko frekvenco proliferacije, ki so sposobne samoobnavljanja in diferenciacije

v katerekoli celice organizma (*prolifera-cija* je lastnost celice, da raste in se mitotsko deli). Glede na širino spektra fenotipov, ki jih lahko celice izražajo, ločimo totipotentne, pluripotentne, multipotentne in unipotentne matične celice zarodka. Po oploditvi se oplojena jajčna celica med brazdanjem namnoži v totipotentne celice zarodka na stopnji morule, ki se lahko kasneje diferencirajo v katerekoli celice zarodka ali posteljice (placente). Na stopnji blastociste so celice pluripotentne in se lahko diferencirajo v vse celice zarodka, to je v celice vseh treh zarodnih plasti, vendar pa ena sama izolirana pluripotentna celica v primerjavi s totipotentno ne more več tvoriti novega organizma. Multipotentne celice imajo še nekoliko bolj omejene možnosti diferenciacije in se lahko specializirajo v tkivno specifične celične tipe, torej celice istega kličnega lista. Iz najbolj notranje plasti zarodka oziroma endoderma se v procesu organogeneze razvijejo epitelij gastrointestinalnega trakta in derivati prebavil (na primer trebušna slinavka), epitelij dihal, srednjega ušesa in ušesne troblje, sečnega mehurja in sečnice ter endokrine žleze in organi, na primer ščitnica. Najnižjo diferenciacijsko zmožnost imajo unipotentne matične celice, ki se lahko razvijejo v eno samo točno določeno linijo celic. Z vsako novo delitvijo je torej celica bolj diferencirana in bolj omejena glede zmožnosti proliferacije.

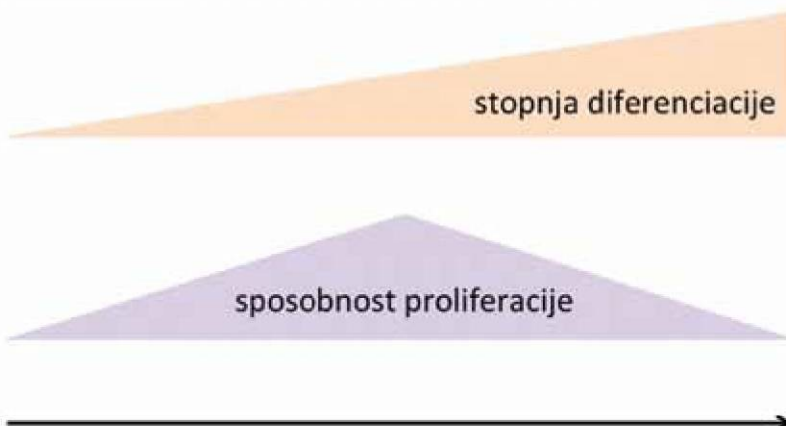
Drugo merilo ločevanja matičnih celic je glede na izvor. Poznamo embrionalne oziroma zarodne in odrasle matične celice, na primer hematopoetske matične celice. Zaro-





*Razlikovanje matičnih celic glede na stopnjo diferenciacije.*

*Vir: <http://ocpub.gitub.io/epubjs-demo-book/content/m46036.xhtml>.*



*Grafični prikaz odvisnosti stopnje diferenciacije in sposobnosti proliferacije od časa. Narisala: Maša Koc.*

dne matične celice lahko pridobimo iz zgodnje stopnje zarodka, medtem ko se odrasle matične celice nahajajo v skoraj vseh tkivih odraslega organizma. Za te celice je značilna multipotentnost, nahajajo se v tako imenovanih nišah, kjer služijo samoobnavljanju tkiva, v katerem se nahajajo, zato imajo v primerjavi z zarodnimi matičnimi celicami omejeno diferenciacijsko zmožnost.

Američan James Thomson je leta 1998 prvič uspešno izoliral človeške zarodne matične celice in skupaj s kolegi ogromno prispeval k razumevanju in spodbujanju celične diferenciacije *in vitro*. Devet let kasneje je uspešno opisal postopek pridobivanja induciranih pluripotentnih matičnih celic (iPMC), tretje vrste matičnih celic glede na izvor. To so popolnoma diferencirane celice, ki po umetno sproženem reprogramiranju pridobijo lastnosti zarodnih matičnih celic. Thomson se trenutno ukvarja s preučevanjem in razumevanjem mehanizmov celične diferenciacije in nadzora razvoja ter iskanjem novih metod pridobivanja induciranih pluripotentnih matičnih celic.

Prvi, ki je uspešno reprogramiral somatsko celico v inducirano pluripotentno matično

celico, je Nobelov nagradjenec Šinja Yamana. Ugotovil je, da s ponovno aktivacijo določenih prepisovalnih dejavnikov (transkripcijskih faktorjev), ki so v odrasli celici utišani, dokončno diferencirani celici lahko povrnemo morfološke in razvojne lastnosti pluripotentne matične celice. S tem je dokazal, da je pluripotentne matične celice mogoče pridobivati brez poseganja v spolne in zarodne celice. Do leta 2007 je bil namreč najbolj znan način reprogramiranja celice z metodo, ki vključuje prenos jedra iz odrasle celice v brezjedrno jajčno celico ali zarodno matično celico – način, ki je v očeh javnosti preveč sporen.

Pojem »matične celice« je tesno povezan z regenerativno medicino in tkivnim inženirstvom.

Osnova tkivnega inženirstva je kloniranje, ki se množično uporablja v regenerativne namene. Matične celice imajo edinstveno značilnost – zaradi neomejene proliferacijske zmožnosti in nediferenciranosti so se sposobne samoobnavljati. Ko se matična celica deli, je teoretično ena izmed dveh hčerinskih celic nekoliko bolj diferencirana od druge, ki je popolna kopija materinske celice. Iz-



*Primer človeškega mehurja, vzgojenega in vitro.*

*Vir: <http://theoutlook.com.au/article/326/pomenyat.html>.*

med dveh hčerinskih celic torej tista, ki je identična materinski celici, omogoča, da se populacija matičnih celic kljub celičnim delitvam ohranja. Izkoriščanje narave matičnih celic v znanstvene namene je torej pomembno tudi z vidika namnoževanja celic v kulturi, saj so matične celice edine celice v odraslem organizmu, ki imajo dovolj visoko proliferacijsko zmožnost, da jo človek lahko izkoristi. Na namnoženih zarodnih celicah lahko spremljamo razvojne procese zarodka in opazujemo genski in molekularni nadzor teh procesov. Slednje nam omogoča globlje razumevanje nekaterih prirojenih bolezni, ki so posledica nenormalne proliferacije in diferenciacije, kar vodi do odkrivanja novih načinov zdravljenja. Poleg tega je dokazano, da se celica diferencira v odvisnosti od okolja, ki mu je izpostavljena. S posnemanjem ustreznih oziroma izbranih okoliščin jo zato lahko usmerjeno diferenciramo v želeni tip celice, to pa naprej uporabljamo v zdravstvene ali raziskovalne namene. V regenerativni medicini pa niso uporabne le pluripotentne zarodne celice, temveč tudi inducirane pluripotentne matične celice, ki jih je mnogo

lažje pridobiti od prejšnjih. S tega stališča se zdijo v praksi bolj uporabne inducirane pluripotentne matične celice - veliko enostavneje je dobiti vzorec na primer epitelija, kot pa v strogo nadzorovanih razmerah in ob točno določenem času odvzeti celico iz blastociste, poleg tega je poseganje v zarodne celice v mnogih državah nezakonito.

Danes si prizadevamo za čim bolj osebno zdravljenje, to je zdravljenje, ki je prilagojeno genetski sliki vsakega posameznika. Ker so inducirane pluripotentne matične celice specifične za vsakega posameznika, dopuščajo razmeroma enostavno opazovanje prizadetih celičnih mehanizmov na molekularni ravni, s pomočjo česar lahko predpostavimo odziv pacienta na določen način zdravljenja, to pa je glavno vodilo osebne medicine.

Pereči problem, ki se poraja pri induciranih pluripotentnih matičnih celicah, je dejanska starost celice. Kljub ponastavljenim celičnim mehanizmom in njihovim funkcijam se v odraslih celicah v letih nakopičijo mutacije, katerih posledica je lahko nenadzorovana proliferacija in rast celic, to pa lahko vodi v tumorsko rast.

Matične celice se lahko uspešno delijo tudi zunaj organizma, saj so se sposobne deliti v nedogled. Za ohranitev pri življenju jim moramo zagotoviti »le« ustrežne in natančno določene kemijske in fizikalne razmere, na primer točno določeno mešanico rastnih dejavnikov in ustrezno koncentracijo hranil, zagotoviti jim je treba dovolj prostora, s čimer preprečimo intaktno inhibicijo, to je prenehanje delitve celic zaradi pomanjkanja prostora, optimalni pH, temperaturo in tako dalje.

Podobne lastnosti kot matične celice imajo tudi rakave celice, primer je celična linija HeLa. Potomke rakave celice, ki so jo pred štiriinšestdesetimi leti izolirali iz biološkega vzorca materničnega vratu Henriette Lacks, so se zaradi svoje agresivne narave uspešno namnožile do te mere, da nešteto teh celic

#### *Odvzem zarodne matične celice z mikropipeto.*

Vir: <https://www.sba-list.org/suzy-b-blog/first-embryonic-stem-cell-treatment-humans-approved>.



še danes kroži po vsem svetu. George Gey, ki je pridobil in *in vitro* vzgojil celično kulturo HeLa, se je nedvomno zapisal v zgodovino kot prvi, ki mu je celice zunaj organizma uspelo ohraniti pri življenju več kot le nekaj dni. Henriettine celice se od tedaj množično uporabljajo v različne raziskovalne namene, predvsem za testiranje prototipov bodočih zdravil, kot »poskusni zajčki« pa so uporabne tudi v kozmetični industriji. Rakave celice imajo namreč spremenjen metabolizem in se lahko na učinkovino odzovejo precej drugače, kot bi se odzvala zdrava (nerakava) celica. Zato za potrebe razvojnih raziskav znanstveniki v laboratorijski medicini pogosteje uporabljajo matične celice, ki so se v nasprotju z odraslimi popolnoma diferenciranimi celicami še vedno sposobne deliti in na ta način ustvariti zadostne količine potrebnega »materiala« za različne študije. Z usmerjeno diferenciacijo matičnih celic lahko teoretično dokaj enostavno vzgojimo tkivne kulture, ki jih nato lahko dalje uporabimo v regenerativne namene. Na matičnih celicah lahko raziskujemo tudi prizadete celične mehanizme in posledično odkrivamo genetske vzroke številnih bolezni. Poleg tega omogočajo boljše razumevanje razvoja bolezni, saj lahko s tkivnimi kulturami obsežno razpolagamo. Uporabne so še z vidika biomedicinske znanosti in razvoja zdravil. Koristne so namreč kot modeli za številne laboratorijske teste. Ti omogočajo natančnejše študije delovanja zdravilnih učinkovin, ki specializirano delujejo na celične mehanizme. Terapevtske zmožnosti induciranih pluripotentnih matičnih celic pomenijo velik obet tako v predkliničnih raziskavah kot tudi v klinični rabi, predvsem v regenerativni terapiji.

Kljub temu, da je uporaba matičnih celic prihodnost medicine in zdravstva, so mnena o pridobivanju teh celic precej deljena. Ker izolacija zarodnih matičnih celic zahteva uničenje zarodka, se nasprotniki zaradi verskih prepričanj nad takšno znanostjo zgražajo, saj po njihovem mnenju krši eno

osnovnih človeških pravic – pravico do življenja. Četudi zarodek na tej stopnji ni prav nič več od skupka celic, še vedno pomeni izhodišče za razvoj novega življenja. V večini razvitih držav po svetu so vladne organizacije zato že oblikovale dokumente, ki se nanašajo na rabo zarodnih celic v znanstvene in raziskovalne namene. Podobne ukrepe so mnoge države vpeljale tudi proti zlorabi pluripotentnih matičnih celic. Prav zaradi polemike o etičnosti uporabe zarodnih celic so odrasle matične celice za znanost trenutno najbolj zanimive. Kljub temu, da odrasle matične celice še niso bile najdene v vseh tkivih, so primerne za uporabo v regenerativni medicini. Zaradi sposobnosti samoobnavljanja in visoke proliferacijske zmožnosti se že uporabljajo za zdravljenje degenerativnih bolezni s presaditvijo. Pri avtologni presaditvi, to je presaditvi s pacientu lastnimi celicami, načeloma ne pride do zavrtnitvenega odziva presadka (transplantata). Imunogenost takšnih celic je namreč precej nižja kot pri homologni in heterologni presaditvi, zato zdravljenje na ta način teoretično poteka hitreje in predvsem z manj zapleti. Kljub možnostim, ki jih odpira zdravljenje z odraslimi matičnimi celicami, pa se znanstveniki srečujejo s problemom nenadzorovane proliferacije nekaterih celic, kar slej ko prej vodi v razvoj tumorja. Ker zaenkrat še ne poznamo univerzalnega zdravila za zdravljenje tumorskih rakavih obolenj, si znanost prizadeva najti uspešen način diferenciacije matičnih celic do zelene stopnje in hkrati omejiti pretirano proliferacijo in rast omejenih celic.

Vprašanje o (ne)etičnosti pridobivanja zarodnih matičnih celic dviguje prah povsod po svetu. V nekaterih državah je uporaba zarodnih celic strogo prepovedana, dovoljeno ni niti oplojevanje *in vitro*. Vlade drugih držav dovoljujejo uporabo zarodnih celic v reproduktivne namene, vendar na njih prepovedujejo izvajanje bioloških poskusov oziroma je to ustavno dovoljeno pod strogim nadzorom posebnih organov. Nekatere države

pa celo dovoljujejo uporabo zarodnih celic, vendar izključno celic, ki pripadajo »višku« *in vitro* vzgojenih zarodkov, ki so jih starši podarili v raziskovalne namene. Z razvojem tehnologije je znanost začela napredovati z nepredstavljivo hitrostjo, zato jo je treba nadzorovati, vendar ne preveč omejiti, sicer bo trajalo predolgo, da bomo dosegli zastavljene cilje.

V Sloveniji je javnost o matičnih celicah zaenkrat še precej slabo seznanjena, četudi pri nas že obstajajo tako imenovane celične banke, ki posameznikom ponujajo shranjevanje matičnih celic iz mlečnega zobovja in popkovnične krvi. Odgovorni vladni organi v Sloveniji so oblikovali in sprejeli predpise, ki se ukvarjajo s kočljivimi posledicami, ki jih prinaša uporaba matičnih celic. Ministrstvo za zdravje je leta 2003 izdalo *Pravilnik o postopkih zbiranja, shranjevanja in uporabe krvotvornih matičnih celic*, ki je objavljen v *Uradnem listu Republike Slovenije*. Obstajajo še nekateri drugi akti, ki tudi vključujejo pravila za ravnanje z matičnimi celicami, na primer *Zakon o kakovosti in varnosti človeških tkiv in celic, namenjenih za zdravljenje*.

Največja skrb zbujujoča lastnost, ki jo zdravljenje z matičnimi celicami pomeni, je »nesmrtnost« teh celic, saj se lahko delijo v nedogled. Kljub stalnemu nadzoru lahko pride do hitre nenadzorovane proliferacije, kar se v kasnejših stadijih izrazi kot tumor in lahko vodi v rakavo obolenje. Slednje je tudi v mojih očeh najbolj problematična lastnost matičnih celic. Ker celični mehanizmi še niso do potankosti raziskani, je popoln nadzor nad dogajanjem v celiči nemogoč. Še vedno pa je verjetnost, da bo prišlo do nenadzorovane delitve, precej majhna v primerjavi s prednostmi, ki bi jih omogočilo zdravljenje z matičnimi celicami. Matične celice so visoko cenjene predvsem v regenerativni medicini, saj pomenijo najnovejši način zdravljenja degenerativnih bolezni, denimo sladkorne bolezni (diabetesa), ki je najpogostejša bolezen enaindvajsetega stoletja. Prav tako znanstveniki v matičnih

celicah vidijo prihodnost za zdravljenje degenerativnih bolezni živčevja in srčno-žilnih bolezni, zaenkrat neozdravljivih bolezni, ki so danes najpogostejši vzrok smrti na svetu. Znano je, da se v predelu hipokampusa nahajajo nevrnske matične celice, ki se v primeru možganske kapi, nekaterih nevroloških bolezni, pri katerih pride do ishemije možganskega tkiva, pa tudi pri nekaterih oblikah duševnih motenj (na primer depresiji) začnejo hitreje deliti in diferencirati v funkcionalne nevrone. Umetno spodbujena aktivacija omenjenih matičnih celic bi izzvala povečano proliferacijo teh celic, kar bi teoretično povečalo hitrost samoobnavljanja in povrnitve funkcije možganskega tkiva (Hucklenbroich in sod., 2014).

Prahu ne dvigujejo zgolj metode pridobivanja matičnih celic, temveč tudi dejstvo, da lahko s kombiniranjem človeških matičnih celic z nečloveškimi celicami ustvarjamo hibride, kar zastavlja pereča vprašanja identitete in dostojanstva človeka. Poleg tega je strah vzbujajoče kloniranje človeka kljub vsem zakonom, ki omejujejo hitro napredujočo znanost, že precej blizu uredničitve. Po kloniranju prvega sesalca, ovce Dolly leta 1996, se je javnost zavedala stršanskega napredka znanosti in tehnologije, vodilni organi pa potencialne nevarnosti, ki jo hitro razvijajoča panoga tkivnega inženirstva pomeni za sodobno družbo. Vladne organizacije so bile prisiljene sprejeti omejitvene ukrepe, saj bi znanost lahko ušla izpod nadzora, napredek pa bi lahko ogrozil človeštvo. Zaradi strogega nadzora nad novimi raziskovalnimi projekti so danes znanstveniki z zakonodajo precej omejeni – konec koncev se ukvarjajo s osnovno enoto življenja in neetični poskusi na človeški vrsti niso več daleč od zlorabe. Kljub temu ne smemo pozabiti Armstrongovih modrih besed: »Majhen korak za človeka, velik skok za človeštvo,« saj bomo le s skupnimi močmi, sodelovanjem in grajenjem na že doseženem znanju dosegli to, za kar si zdravstvo in medicina prizadevata od vsega

začetka – uspešno osebno zdravljenje s čim manj negativnimi stranskimi učinki. Navsezadnje morda revolucionarni izidi poskusov in (ob tem) novo pridobljeno znanje le odtehtajo ceno, ki bi jo plačali z žrtvovanjem zarodnih celic za predklinične raziskave.

### Zahvala

Posebej bi se rada zahvalila prof. Zvonki Zupanič Slavec, dr. med., brez katere bi ta članek ostal neopažen.

### Literatura:

*Gebron Robey, P., 2000: Series Introduction: Stem cells near the century mark. JCI: 1489-1491.*

*Hucklenbroich, J., in sod., 2014: Aromatic-tumeronone induces neural stem cell proliferation in vitro and in vivo. Stem Cell Research & Therapy.*

*Petrovič, D., in sod., 2012: Embriologija. Ljubljana: Medicinska fakulteta.*

*Pravilnik o postopkih zbiranja, shranjevanja in uporabe krvotvornih matičnih celic: Uradni list RS, št. 104/03.*

*Ramalho-Santos, M., Willenbring, H., 2007: On the Origin of the Term "Stem Cell". Cell Stem Cell: 35-38.*

*Skloot, R., 2011: Nesmrtno življenje Henriette Lacks. Ljubljana: Mladinska knjiga.*

*Takahashi, K., Yamanaka, S., 2006: Induction of pluripotent stem cells from mouse embryonic and adult fibroblast cultures by defined factors. Cell: 663-676.*

*Thomson, J. A., 1998: Embryonic stem cell lines derived from human blastocysts. Science: 1145-1147.*



**Maša Koce**, rojena februarja leta 1996 v Ljubljani, je študentka drugega letnika Medicinske fakultete na Univerzi v Ljubljani. Že od nekdaj jo zanimata molekularna genetika in celična biologija, zaradi česar se je navsezadnje odločila za študij medicine. V prostem času je zvesta ljubiteljica športa in gledališča ter tujih dežel in kultur.

# Endemna krška biba (*Jugogammarus kusceri* (S. Karaman 1931))

## O njej in še o čem okoli nje

*Boris Sket*

Slovenija je sicer bogata z endemi v podzemlju, z endemnimi troglobionti, nima pa kaj dosti endemnih vrst na površju. Ena od redkih je krška biba ali Kuščerjeva biba, *Jugogammarus kusceri*. To postranico je opisal leta 1931 pomembni jugoslovanski zoolog Stanko Karaman. Novo vrsto je našel v vzorcih postranic, ki so mu jih poslala Ljudovit Kuščer iz izvira pri vasi Lese pri Krški vasi, pa Društvo za raziskovanje jam iz izvira pri Tominčevem mlinu pri Žužemberku. S. Karaman je bil tedaj edini jugoslovanski specialist za postranice, L. Kuščer pa eden od aktivnih raziskovalcev jugoslovanskega, predvsem slovenskega podzemeljskega živalstva. Če nekoga zanimajo podzemeljske živali, ne bo zanemaril izvirov, kjer podzemeljske živali neredko pridejo na dan in jih je tam lažje najti kot v mestoma težko dostopnem podzemlju. A krška biba ni podzemeljska žival. Že Karaman, ki jo je pozneje tudi sam lovil, je to ugotovil in zapisal. Do 6,5 milimetra dolga živalca pravzaprav tudi ne zasluži imena postranica, kot sicer imenujemo amfipode (Amphipoda). Teka namreč pokonci, kot še nekatere druge »postranice«. Ponekod na Dolenjskem jih imenujejo bibe. Krško bibo najdemo v kraških izviroh, pa tudi v strugi same Krke, lahko prav množično na pramenih studenčnega mahu (*Fontinalis* in *Cinclidotus*).

### Rodoslovje in taksonomska birokracija

Poglejmo najprej v **zgodovino** njene taksonomije. S. Karaman je to bibo leta 1931 pravzaprav poimenoval *Gammarus kusceri*. V tridesetih letih so bili sorodstveni odnosi med evropskimi sladkovodnimi postranicami še zelo nerazčiščeni. Ugotovil je veliko

podobnost in zato predvideval sorodnost z bajkalskim rodом *Brandtia*. To so povzele tudi drugi raziskovalci. Leta 1953 pa je vrsto že približal ponto-kaspijskim amfipodom, med katerimi je res tudi nekaj podobnih. Za to bibo je tedaj določil posebni podrod in je tako postala *Gammarus* (*Jugogammarus*) *kusceri*. Zaradi podobnosti v nekoliko poenostavljeni zgradbi obustnih okončin je Gordan Karaman leta 1965 pridružil in podredil ta podrod rodu *Fontogammarus*, katerega tipska vrsta poseljuje izvire Une, Zr-

*Krška biba (Jugogammarus kusceri) na studenčnem mahu. Spodaj v kadici, pogled s hrbta; vidi se njena pokončna boja.*



manje in dalmatinske Krke. Tako je krška bibica postala *Fontogammarus* (*Jugogammarus*) *kusceri*. Mimogrede, sodobna taksonomija v znanstvenem poimenovanju ne dovoljuje uporabe diakritičnih znamenj, kot je naša strešica.

Pred nekaj leti sva se s kitajsko kolegico Zhonghe Hou lotila **filogenetske revizije** pomembnega dela sladkovodnih in obmorskih postranic. Težaško delo z molekulsko analizo in izračunavanjem filogenetskih dendrogramov, dreves, je prevzela Kitajka. Uspela sva logično zamejiti družino Gammaridae, ki živi v sladki vodi in obrežnem morju v skoraj vsem holarktičnem območju (torej v večjem delu Evrazije in Severne Amerike). Pokazalo se je, da nekaj sto endemnih vrst Bajkalskega jezera, za katere so morali postaviti kar sedemdeset rodov, in celo pet do sedem družin (tako raznoliki so!) izvira iz dveh vrst rodu *Gammarus*, ki sta se v davnini vselili v jezero. Morda bo širši nabor bajkalskih vrst pokazal, da je bilo takšnih vselitev kaj več. Zaradi potreb sistematike bi tukaj veljalo vsaj opustiti endemne bajkalske družine, rodov pa ne moremo. Preveč so različni med seboj in drugačni od rodu *Gammarus*.

Naša analiza je tudi pokazala, da je edina vrsta v prvotni sestavi zgoraj imenovanega rodu *Fontogammarus*, *F. dalmatinus*, v resnici le malce spremenjeni gamarus. Zato lahko tudi rod *Fontogammarus* brez škode opustimo. A *Jugogammarus* se je pokazal za sorodstveno zelo oddaljenega.

Še preden so se izoblikovali rod *Gammarus* in njegovi bajkalski derivati, se je med zarodniki družine odcepila veja postranic, ki je poseljevala pramorje Paratetido. To morje se je pozneje razdelilo v kaspjski, pontski (črnomorski) in panonski bazen, ki so se v kakšnih dvajsetih milijonih let različno preoblikovali, združevali in ločevali, njihova voda pa je menjaje privzemala morske, somorne in sladkovodne lastnosti – ali presahnila. Tudi v tem vodovju se je izoblikovala endemna favna postranic, danes jo

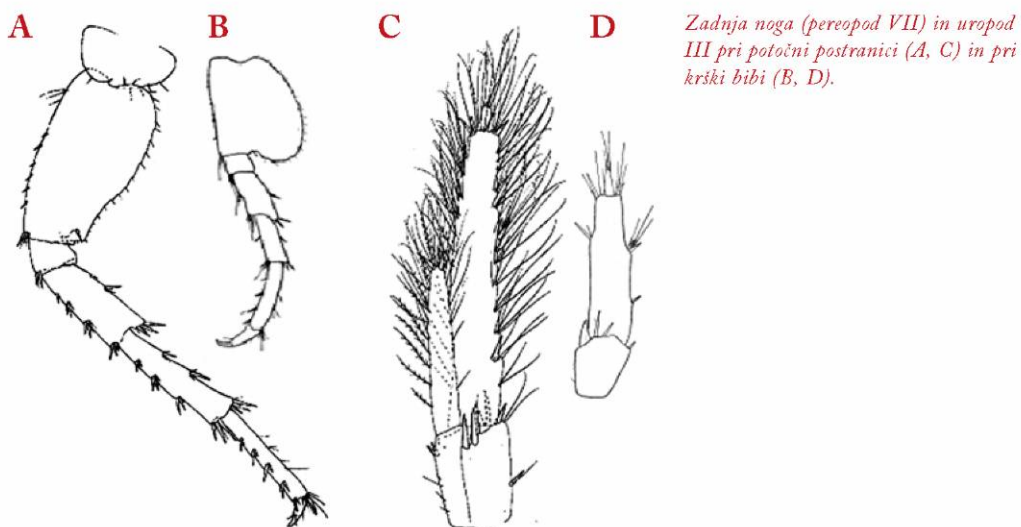
označujemo kot ponto-kaspijsko skupino. Ponto-kaspijski amfipodi naravno poseljujejo Kaspik in plitvine Črnega morja ter somorne limane (lagune) in rečna ustja na njunih bregovih. Le malo se jih je že v davnih časih pomaknilo po pritokih teh jezer stran od njih. Številne vrste pa so nekako v tridesetih letih (»prejšnjega stoletja») začele prodor po velikih rekah navzgor, prodrle po umetnih kanalih tja do Baltika in s človekovo pomočjo tudi v Velika Lavrencijska (severnoameriška) jezera. V Slovenijo niso prišle, semkaj je prodrla le ekološko in zgodovinsko nekako sorodna školjka, potujoča trikotničarka (*Dreissena polymorpha*).

Pač pa se je pripadnik te ponto-kaspijske skupine pri nas obdržal iz davnine. To je bila krška biba. Molekulski kazalci jasno kažejo, da je to dejanski pripadnik ponto-kaspijske skupine rodov, čeprav je ekološko zelo drugačen. Tako ne pride v poštev Karamanova hipoteza, da je njen zarodnik, prednik, nekakšna pra-*Brandtia*, ki naj bi se iz Bajkalskega jezera, po Jeniseju pa po Severnem ledenem morju (torej po obrobju Arktičnega oceana) dokopala do celinskega Panonskega morja - in od tam na Dolenjsko. V primerjavi z gamarusi je – poleg genetskih, molekulskih posebnosti - najopaznejša drugačnost te bibe v obliki zadnjih nog. Te so kavljaste in krempljate, predvsem pa imajo krpasto razširjeno bazo (to je drugi člen), tako kot številni drugi ponto-kaspijci.

Nekateri ponto-kaspijski amfipodi podobne postave rijejo v blatnem dnu, zato je prosluli ameriški specialist Jerry Barnard tudi krški bibi pripisal tako vedenje. Čeprav je že sam Karaman – resda v srbski cirilici – povedal, kakšne narave je v resnici.

Krška postranica je endemit povodja Krke. Živi torej v strugi Krke in izviri tik ob njej, od glavnega izvira v Gradičku pri vasi Krka pa navzdol do ustja v Savo, a od Gorenje Straže navzdol najdemo le tu in tam posamezen osebek, verjetno prinesen iz ka-





Zadnja noga (pereopod VII) in uropod III pri potočni postranici (A, C) in pri krški bibi (B, D).

kega izvira. Razpored postranic po strugi sta v diplomskem delu (1972) raziskala Nada Primožič in Mitja Grosman. Tako v izvirih kot v Krki je krška biba navadno pridružena večji, okoli deset milimetrov dolgi potočni postranici (*Gammarus cf. fossarum*). V srednjem in spodnjem toku Krke pa je zraven

še osáta postranica (*Gammarus roeselii*).

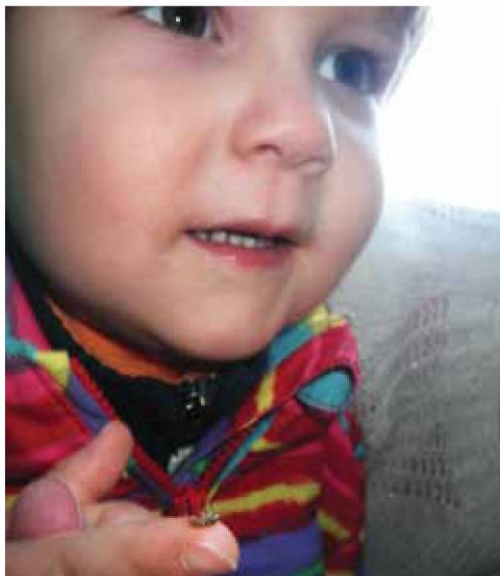
Najdlje od reke najdemo našo bibo v izvirih pri Mrzlávi vasi, niti ne poldrugi kilometer od Krke in le malo pred njenim izlivom v Savo. Območje razširjenosti vrste je tako dolgo le približno 95 kilometrov in je čisto ozko, skoraj linearno.

*Potočna postranica Gammarus cf. fossarum.*





*Par osótih postranic (Gammarus roeselii) v prekopúli.*



*Njihova prava velikost. Večja, potočna postranica, na živinem kazalčku.*

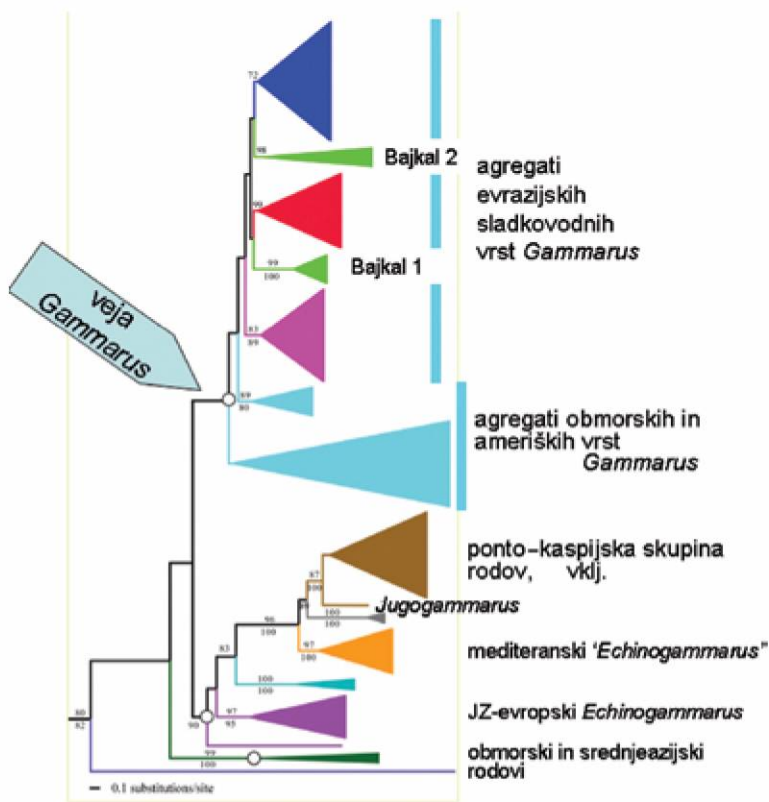
### In druge postranice pri nas?

Oglejmo si na kratko še druge površinske sladkovodne postranice v Sloveniji. V istrskih potokih in izvirih, pa v gozdnih jarkih in mlakah v osrednji Sloveniji in spet na njenem vzhodu bomo naleteli na nekaj površinskih vrst slepih postranic (rod *Niphargus*). Tudi te so večinoma endemne, le območje razširjenosti vlaške slepe postranice

(*Niphargus valachicus*) je izjemno, sega od našega Prekmurja tja do Irana. Slepe postranice sodijo v posebno družino Niphargidae, ki pokriva večji del Evrope in Bližnji vzhod. Mala bibica (*Synurella ambulans*) je tudi razširjena po Sloveniji in po Evropi, njena družina so vrstno in zemljepisno obsežne Crangonyctidae. Po velikosti in postavi je nekoliko podobna krški bibi, čeprav ji ni sorodna.

S sladkovodnimi pripadniki družine Gammaridae pa je pri nas takole. Po skoraj vsej Sloveniji je razširjena potočna postranica *Gammarus* cf. *fossarum*. Pod površnim imenom *G. fossarum* sicer navajajo postranice iz skoraj vse (razen čisto zahodne) Evrope. Svoje čase smo jo poznali kot podvrsto *G. pulex fossarum*. Pozneje se je zoologom zazdelo, da je dovolj drugačna za priznanje statusa vrste. Pa so nemški in nizozemski zoologi s poskusi križanja ter z alocimskimi in molekulskimi analizami ugotovili, da niti kot samostojna vrsta ni enotna. Je skupek oblikovno (morfološko) bolj ali manj nerazločljivih vrst - kriptičnih vrst, kot pravijo. Kaže celo, da slovenske populacije pripadajo več vrstam. In na tipskem nahajališču v Nemčiji te vrste sploh ni več. Ekološke spremembe!

Osáta postranica (*G. roeselii*) je pri nas omejena na vzhodno polovico dežele. Od drugih naših vrst jo ločujejo štiri osti na hrbtu.



Rodoslovno (filogenetsko) drevo družine Gammaridae kot so ga razkrile molekule (DNK).

Autorica Z. Hou.

Zaradi gladkega hrbta podobna potočni pa je vrsta *G. cf. balcanicus*. Pri nas najdemo »balkansko postranico« le med Piranom in Idrijo, sicer pa je razširjena od severne Italije do kitajskega Xinjianga. Tudi to so imeli za enotno vrsto, a se je pokazalo, da gre za cel niz vrst. To sva s kolegico ugotovila po molekulski analizi. Morfološke razlike so med posameznimi populacijami iste vrste lahko večje, kot so med le molekulsko ugotovljivimi vrstami. Nekaj vrst rodu *Gammarus* in rodu *Echinogammarus* pa najdemo še v somornici tik ob morju in v njem.

Vendar se spodobi omeniti tudi podzemeljske postranice. Večinoma so iz rodu slepih postranic (*Niphargus*). Podzemeljskih, troglobijskih, je pri nas kar več kot trideset vrst. Živijo tako v jamskih kot v intersticialnih vodah. Le v intersticialu so doma tudi drobne bogidiele (rod *Bogidiella*). Čisto nekaj posebnega je intersticialna gredljerepka

(*Carinurella paradoxa*), endemna v jugozahodni Sloveniji in italijanski soseščini; je pravzaprav res močno preoblikovani nifarg. Derivat nifargov je tudi nifargobat (*Niphargobates orophobata*), ki smo ga našli le v enem curku iz stropa Planinske jame, njemu edino res podobno žival pa na Kreti.

In ob vsem tem bogastvu vrst ugotavljamo in najdevamo vedno nove in nove.

#### Literatura:

Hou, Z., Sket, B., Li, S., 2014: *Phylogenetic analyses of Gammaridae crustacean reveal different diversification patterns among sister lineages in the Tethyan region. Cladistics*, 30 (4): 352–365.

Hou, Z., Sket, B., 2015: *A review of Gammaridae (Crustacea: Amphipoda): the family extent, its evolutionary history, and taxonomic redefinition of genera. Zoological Journal of the Linnean Society: 26 strani, v tisku.*

Karaman, S., 1931: *III Beitrag zur Kenntnis der*

*Amphipoden Jugoslaviens etc. Prirodoslovne razprave, 1: 31–66.*

Karaman S., 1953: *Pontokaspijski amfipodi u fauni Jugoslavije. Acta, 1 (2): 21–60. Skopje: Prirodonaučniot muzej.*

Kuščer, I., 1941: *Kako smo se potapljali. Proteus, 7 (7): 145–151.*

Kuščer, I., 1946: *Pripomočki za opazovanje podmorskega sveta. Proteus, 9 (2): 43–44.*

Primožič, N., Grosman, M., 1972: *Biologija amfipodov v reki Krki. Diplomsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani.*

**Personalije** (o Kuščerjih in Karamanih). Vse osebnosti, ki smo jih tukaj našli, imajo seveda doktorski naslov in večinoma tudi profesorskega.

**Ljudevit Kuščer (1891–1944)**, ki ga je Karaman počastil s poimenovanjem krške bibe, se je rodil v Piranu. Študiral je na dunajski univerzi, kjer je tudi doktoriral. Kariero je začel v zagrebškem muzeju, nato je poučeval na kranjski gimnaziji, bil pa je tudi raziskovalec na zoološkem inštitutu, tedaj še v sklopu Filozofske fakultete v Ljubljani. Leta 1936 je postal zasebni docent za zoologijo, leta 1944 pa izredni profesor.

Kot raziskovalec se je ukvarjal z mehkužci, predvsem podzemeljskimi. Z vsega jugoslovanskega krasa je opisal iz jam in izvirov kar lepo število novih vrst, pa tudi kar nekaj novih rodov polžkov. Prvi je tudi našel jamsko školjko, ki jo je šele Jože Bole leta 1962 opisal kot *Congerina kusceri*, zdaj pa jo pripisujemo rodu *Mytilopsis*. Zaslužen je bil za razvoj Prirodoslovnega društva Slovenije in bil tudi med pripravljalci tele lepe revije - *Proteus*.

Po pričevanju Ljudevitove vnukinje Mete Matijevec je Kuščer desetletja bolehal za jetiko. Med okupacijo so ga Italijani zaprli, zdravstveno stanje pa se mu je v zaporu tako poslabšalo, da so ga že čez nekaj dni izpustili. Za posledicami je potem dokaj kmalu, leta 1944, umrl.

Pa povejmo še to. Oba Ljudevitova sinova, fizik Janez (uradno seveda Ivan) in geolog



*Ljudevit Kuščer. Avtor neznan.*

Dušan, sta med pionirji raziskovalnega in športnega potapljanja pri nas in sploh. Po njuni zaslugi smo pred vpeljavo akvalung uporabljali ročno tlačilko (v izvorniku izrecno »pumpo«) in dolgo gumijasto cev. Poznejša iznajdba je bila še maska, ukrojena iz avtomobilske zračnice (objavljeno v *Proteusu*). Če je bila žrtev ob pumpi dovolj trpežna, smo šli s tako opremo do petindvajset metrov globoko. In tudi v kraške jame. Janez Kuščer je predaval fiziko tudi biologom. Na izpitu me je prvič »vrgel«, drugič pa le pripomnil, da »zadeve nisem vzel resno«. Kar pa je bila dezinformacija.

**Avtor vrste *Jugogammarus kusceri*, Stanko Karaman (1889–1959)**, po pričevanju znanec izvira iz družine priznanih splitskih lepotecev, a se je rodil v Sarajevu in delal najdlje v Skopju. Je eden pomembnejših raziskovalcev jugoslovanske favne. Na jugovzhodu jo je vzorčil sam, iz Slovenije pa so mu živalce večinoma pošiljali tukajšnji kolegi,

predvsem biologi jamarji. Je odkritelj intersticialne favne, torej drobnih živalic v vodi med zrni peska ali proda. Približno hkrati, ko jo je odkrival v vodnjakih in prodiščih ob makedonskem Vardarju, sta podobno – vendar somorno in morsko – favno odkrila A. Remane in E. Schulz ob nemških morjih. Kot zoolog je bil zelo mnogostranski. Raziskoval je ribe (zlasti postrvi), ptice,

dvoživke, plazilce, netopirje, rakovice, komarje. A najbistvenejši je njegov prispevek k poznavanju postranic in vodnih mokric (Amphipoda in Isopoda).

Pomembni mož je raziskoval tudi možnosti obvladovanja komarjev z domačimi ribicami. Pred drugo svetovno vojno je namreč na jugu Jugoslavije še razsajala malarija. Ustanovil je Prirodoslovni muzej v Skopju (leta



*Stankova družina. Z desne spredaj Stanko in Zora Karaman, zadaj Mladen in Gordana, na sredi Biljana. V Gordanovih rosnih letih.*

*Avtor neznan.*



*Nekaj let pozneje, ob sprejemu v članstvo bosensko-hercegovaške akademije (ANUBiH).*

*Z desne: Stankov sin Gordana Karaman v zrelih letih, glasbenik Oskar Danon (1913–2009), partizan prvoborec, soavtor (skladatelj) čudovite pesmi Konjuh planinom (1941) in tudi dirigent Slovenske filharmonije (1970–1974), in avtor tega članka.*

*Foto: Božana Karaman.*

1926) in tamkajšnji živalski vrt. Bil je tudi direktor Biološkega inštituta v Dubrovniku. A Stanko je tudi član pomembne »dinastije« biologov, ki je ne moremo prezreti. Začela je s Stankovim očetom Luko, ki je bil srednješolski profesor in direktor. Stanko se je poročil z novomeščanko Zoro Vales, ki je raziskovala predvsem jamske hrošče in kobilice. Sinova Gordan in pokojni Mladen sta približno moja vrstnika, hči Biljana pa je

mlajša. Ta se je ukvarjala s kačjimi pastirji, Mladen je raziskoval predvsem sladkovodne ribe ter kopenske mokrice (Isopoda: Oniscidea), Gordan pa je prevzel očetove postrance in doslej opisal zelo veliko vrst z vsega sveta. Le omenimo soprogi obeh sinov, zoologinji. Biologi so tudi vsi štirje Stankovi vnuki. Doslej so biografi našeli v dinastiji, vključujoč soproge, štirinajst biologov, večinoma zoologov in zoologinj.

Botanika • Zgodnjepoletni botanični izlet na Tosc med murke

## Zgodnjepoletni botanični izlet na Tosc med murke

*Polona Strgar, Branko Zupan*

Planinci in ljubitelji cvetja smo bili do pred kratkim prepričani, da murke dobro poznamo. Pogosto smo po gorah videvali in vohali »črne« murke, včasih smo se razveselili rdeče, v Karavankah ali Kamniško-Savinjskih Alpah pa smo videli kamniško murko.



V zadnjih desetletjih so strokovnjaki ugotovili, da poleg rdeče in črne murke v Vzhodnih Alpah raste še precej drugih vrst. Naša črna murka je pravzaprav Rhellikanova murka (*Nigritella rhellicani*), rdeča je mogoče dvobarvna (*Nigritella bicolor*) ali celo vlagoljubna (*Nigritella hygrophila*). Tako strokovnjaki kot ljubitelji pa smo bili navdušeni nad nedavnimi najdbami redkih Widderjeve (*Nigritella widderi*) in Janezove murke (*Nigritella archiducis-joannis*) v Julijskih Alpah. Widderjeva murka cveti razmeroma zgodaj, mogoče je bila tudi zaradi tega nekoliko spregledana oziroma so jo nekateri botaniki določali kot kamniško. S tem imenom jo poznamo šele od leta 2011. Od takrat smo našli še nekaj novih nahajališč, med drugim eden od naju (Branko Zupan) junija leta 2014 tudi na Toscu.

Konec junija leta 2015 sva ta nahajališča ponovno preverila. Že ob poti od Studorskega prevala proti odcepu za Tosc sva vi-

*Dvobarvna murka (Nigritella bicolor) z dvema socvetjema na istem stebelu.*

*Foto: Polona Strgar.*



*Widderjeva murka (Nigritella widderi) pod Toscem.*

Foto: Polona Strgar.

dela prvo dvobaravno (rdečo) murko, na strmem pobočju ob poti na Tosc pa jih je bilo vedno več. Ugotavljala sva, da je socvetje mlade murke v celoti rdeče, starejše rastline pa imajo spodnje cvetove svetlejše in so zato res »dvobarvne«. Pri nekaterih je bilo ta dvobarvnost zelo izrazita in tem sva se še bolj posvečala. Približno na sredi strmine sva spet videla dve lepi »glavici« murke, a ko sva prišla blizu, sva uzrla eno samo rastlino z dvema socvetjema. Presenetljivo je bilo, da sta bili obe pravilne, nič deformirane oblike in prav take značilne barve kot ostali primerki iste vrste. Našla sva torej redkega posebnega med številnimi drugimi običajnimi murkami\*. Med že lepo razcvetelimi dvobarvnimi murkami sva videla tudi že nekaj čisto majhnih Rhellikanovih murk, ki cvetijo kasneje. Višje je bilo dvobarvnih murk manj, a na že od prej znanem nahajališču sva opazila štiri Widderjeve murke. To je malo, a teh murk še nismo videli veliko skupaj. Po povratku z vrha sva prehodila še širše območje drugega nahajališča in našla vsega skupaj približno sedemdeset cvetočih primerkov, kar je za to vrsto res veliko. Nekatere rastline so bile še čisto majhne,



*Fuchsova prstata kukavica (Dactylorhiza fuchsii) v*

*Juliani. Foto Amadej Trnkoczy.*

v popkih, druge pa so že imele razcvetela svoja značilna, zgoraj temnejša, spodaj pa svetlejša, roznata socvetja. V dolino sva se vrnila navdušena nad najdbo tako velike populacije redke rože. Vedeli smo, da je Tosc bogat z različnim cvetjem, tudi murkami. Veseli nas, da je med njimi tudi ena naših najbolj redkih – Widderjeva murka. Tudi v prihodnje bomo pozorni nanjo na turah v zgodnjem poletju, mogoče jo najdemo še na kakšnem novem nahajališču.

\*Zgodaj poleti leta 2015 je podoben posebnost z dvema socvetjema iz istega stebela zrasel tudi v Alpskem botaničnem vrtu Juliana v Trenti, a pripada Fuchsovi prstati kukavici (*Dactylorhiza fuchsii*). Enemu od članov uredništva naše revije sta ga pokazala tamkajšnja vrtnarja Marija in Klemen Završnik.

#### Literatura:

Dakskobler, I., Dolinar, B., Zupan, B., Iskra, R., Strgar, P., Trnkoczy, A., 2012: *Nigritella widderi* Teppner & E. Klein, a new species in the flora of Slovenia. *Folia biologica et geologica (Ljubljana)*, 53 (1–2): 25–43.

Dolinar, B., 2015: *Kukavičevke v Sloveniji. Podsmreka: Pipinova knjiga*. 183.

# Fotografska preža ob metuljniku

*Jurij Kurillo*



*Gospica, samica (Argynnis paphia). Foto: Jurij Kurillo.*



Cvetlični grm **budleja**, z zgovornim domačim imenom **metuljnik ali metuljka**, je danes pogost gost v vrtovih in parkih, počasi pa postaja že kar nebodigatreba vsiljivec na ledinskem svetu. Njegova domovina je sicer Kitajska, v Evropo pa so ga prinesli šele okoli leta 1895. Vrsta *Buddleja davidii*

je kljub močni strupenosti svojih glikozidov zelo priljubljena zaradi modrih, vijoličastih ali belih stožčastih socvetij, ki ob polnem razmahu tudi človeku zadišijo po medu, še bolj pa so privlačni za največje lepote narave – metulje.

*Dnevni pavlinček (Inachis io). Foto: Jurij Kurilo.*



Tudi naš metuljnik, ki raste ob balkonu tja do višine dveh metrov in pol, je bil med obilnim cvetenjem od avgusta pa do septembra in celo oktobra pravo shajališče žuželk, ki nabirajo medicino, predvsem pa različnih vrst večjih metuljev dnevnikov. V letošnjem obdobju vročega poletja in tople jeseni so bili zagotovo najbolj vneti obiskovalci vijoličastih cvetov **dnevni pavlinčki** (*Inachis io*). Za isto »medeno mizo« se jih je včasih znašlo kar po več naenkrat. Kot posamezniki pa so prišli tudi še bolj ugledni predstavniki metuljih družin, denimo **lastovičar** (*Papilio*

*machaon*) ali **jadravec** (*Iphiclides podalirius*). Kazalo je, da se je neki jadravec, za katerega je bil značilen odlomljeni repek, kar več dni zaporedoma vračal na naš metuljnik. Nasploh so bili tako posamezni jadranci kot admirali kar močno »zdelani«, za kar je bila bržkone kriva njihova daljša letalna doba. Večkrat so se po cvetovih sprehodile **gospice** (*Argynnis paphia*), tako moškega ali ženskega spola. Te so se zadrževale, tako kot pavlinčki, na socvetjih tudi po pol ure in dlje, medtem ko se je kakšen lastovičar po naglem obisku nekaj cvetkov kar kmalu po-

*Lastovičar (Papilio machaon). Foto: Jurij Kuriilo.*



slovil. Zelo sem bil vesel tudi **malega biser-nika** (*Issoria lathonia*) – ki ga ne vidiš tako pogosto – z vpadljivimi »biseri« na spodnji strani kril. Sem in tja so se pojavljali tudi različni belini, ki pa so za »fotografsko oko« malo manj privlačni, in sicer zaradi močnega kontrasta s temno okolico, ki postane ob pravilni osvetlitvi metulja na posnetku kar preveč mračna. Med obiskovalci našega metuljnika ni manjkal **osatnik** (*Vanessa cardui*), evropski selivec z bržkone najdaljšim daljinskim rekordom od Afrike do Islanda. Od časa do časa so cvetoči grm obiskovali tudi

**admirali** (*Vanessa atalanta*), ki jih je zaradi njihovih slikovitih kril zagotovo veselo sleherni fotografsko oko. Pogosto je nad drobnimi cvetki frlel kot kakšen helikopterček **velerilec** (*Macroglossum stellatarum*), ki pa ga je brez bliskavice zelo težko ujeti v pravo fotografsko ostrino.

Zdaj pa še k fotografski strani naše metulje zgodbe ... Letos sem si po dolgem času kupil nov digitalni zrcalnorefleksni fotoaparatus, prvega, na katerem lahko menjam različne objektivne. Doslej sem bil navezan zgolj na različne digitalne modele s fiksni-

*Osatnik (Vanessa cardui). Foto: Jurij Kurillo.*



mi objektivu. Zdaj sem si nabavil fotoaparatus **Sony alpha 58** z zum objektivom z goriščnicami od 18 do 55 milimetrov in zaslonkami od 3,5 do 5,6. Pri tem fotoaparatu je mogoče uporabljati vse avtomatične objektivne stare firme Minolta z njihovim posebnim bajonetnim navojem. Ti so mi doslej ležali dolga leta neuporabljeni v omari kot zapuščina starih, a sicer odličnih analognih fotoaparatur Dynax. Med njimi sem našel tudi zum objektiv Sigma z goriščnicami od 70 do 300 milimetrov in zaslonkami od 4 do 5,6. Objektiv DL Macro super se je pri moji fotografski straži ob metuljniku odlično obnesel, saj dopušča posnetke večjih metuljev »v formatu« celo iz metrske razdalje. S tem lažje se mi je posrečilo nare-

diti poleg običajnih fotografskih posnetkov tudi nekaj kratkih videoprizorčkov. Koliko lažji postopek kot z nekdanjim analognim fotoaparatom Pentax in 135-milimetrskim objektivom ter mehkom, ko je bilo treba zaradi nizke občutljivosti diapozitivnega filma priključiti tudi elektronsko bliskavico! Da ne govorimo o stroških takratnih barvnih filmov, ko si zaradi varčnosti pritisnil na gumb po res tehtnem premisleku. Danes pa na stotine posnetkov – tako rekoč zastoj! Kajpak pa se med njimi nabere kar precej »škarta«.

Kako že pravi stari latinski heksameter?  
*Tempora mutantur et nos mutamur in illis*  
(Časi se spreminjajo in mi z njimi)!

*Mali bisernik (Issoria lathonia). Foto: Jurij Kurillo.*



## Dr. Jože Bavcon, dobitnik *Mednarodne nagrade Marsh za ohranjanje rastlin*

Dr. Jože Bavcon je vodja Botaničnega vrta Univerze v Ljubljani od leta 1995. V tem obdobju je naša najstarejša znanstvena ustanova z neprekinjenim delovanjem kljub majhnemu številu zaposlenih in kroničnemu pomanjkanju denarja doživela razcvet in enega od svojih vrhuncev. S pomočjo Mestne občine Ljubljane so vrt in vse stavbe v njem prenovili. Po njegovi zaslugi je vrt postal prepoznaven tudi zaradi najrazličnej-

ših delavnic, predavanj in drugih prireditev. Leta 2010, ko je vrt praznoval častljivo dvestoletnico obstoja, so s pomočjo Ministrstva za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo zgradili sodobni tropski rastlinjak. Kasneje so obnovili še stari rastlinjak. Pomembna pridobitev je bila tudi donacija knjižnice pokojnega prof. dr. Toneta Wraberja, o čemer smo poročali tudi v našem časopisu.



Vrt je član Mednarodne organizacije botaničnih vrtov (*Botanic Gardens Conservation International, BGCI*) in Mednarodnega združenja alpskih botaničnih vrtov (*Associazione Internazionale Giardini Botanici Alpini, AIGBA*). Slovenijo zastopa tudi v Evropskem konzorciju botaničnih vrtov in vodi slovensko mrežo botaničnih vrtov in arboretumov, v kateri je devet vrtov. V letu 2007 je bil vrt skupaj z drugimi zgodovinsko pomembnimi botaničnimi vrtovi na svetu predstavljen v delu *Botanic Gardens: A Living History* (2007).

Zelo bogata je publicistična dejavnost vrta, v okviru katere je poleg rednih letnih seznamov v vrtu in v naravi nabranega semena (*Index seminum*) izšlo več monografij, pri katerih je Jože Bavcon (so)avtor ali (so)urednik. Monografsko je v več izdajah opisal botanični vrt, ki ga vodi, pripravil in (so)uredil je monografijo ob dvestoletnici ustanovitve vrta in monografijo, posvečeno ustanovitelju vrta Francu Hladniku. Je avtor odmevnih monografij o navadnem zvončku (*Galanthus nivalis*), ciklami (*Cyclamen purpurascens*), žafranah (*Crocus* spp.) in o belo cvetočih različicah v Sloveniji ter soavtor monografije o telohih (*Helleborus* spp.). Izšle so v slovenskem in angleškem jeziku in doživele veliko odmevnost v tujini. V njih je opozoril na doslej malo raziskano spremenljivost opisanih rastlin, ki se, vsaj nekatere, pri nas pojavljajo v mnogih različnih (formah, oblikah). V svojih številnih strokovnih in poljudnih člankih združuje svoje botanično in hortikulturno znanje in je tudi cenjeni vrtnarski strokovnjak. Pogosto nastopa v javnosti in s tem opozarja na mačehovski odnos družbe do naravnih in kulturnih vrednot. Redno in dejavno se udeležuje mednarodnih srečanj in kongresov botaničnih vrtov.

Njegovo delo in vsa prizadevanja za botanični vrt veliko bolj kot doma cenijo v tujini. V Kraljevem botaničnem vrtu v Edinburghu (Royal Botanic Gardens Edinburgh) so ga 22. oktobra leta 2015 počastili z ugledno *Mednarodno nagrado Marsh za ohranjanje rastlin* (*Marsh Award for International Plant Conservation*). Podeljujejo jo v sodelovanju z Mednarodnim združenjem botaničnih vrtov (BCGI), v katerega je včlanjenih približno tri tisoč vrtov z vsega sveta. Komisija za izbor nagrajenca mu je prisodila najvišje šte-

vilo točk med petindvajsetimi nominiranci. V utemeljitvi so zapisali, da si dr. Jože Bavcon, vodja Botaničnega vrta v Ljubljani, z vsemi močmi prizadeva za ohranjanje avtohtonih slovenskih rastlin. Kljub omejenemu številu sodelavcev in majhnemu proračunu je pomembno pripomogel k ozaveščanju o pomenu ohranjanja biotske raznovrstnosti in razvoja botaničnih vrtov. S svojim delovanjem ohranja ogrožene rastlinske vrste. Ne katere od njih gojijo v botaničnem vrtu in jih poskušajo spet presaditi nazaj v naravno okolje. Ima tudi vodilno vlogo pri vzpostavitvi nacionalne mreže botaničnih vrtov, ki trenutno zajema devet vrtov. Vsak je zadolžen za svoje zbirke, posebno pozornost pa namenjajo redkim slovenskim endemitom in vrstam, ki so uvrščene v *Rdeči seznam*. V sodelovanju z mestnimi oblastmi so na njegovo pobudo v mestnem jedru posadili sedeminšestdeset avtohtonih jesenov in opozorili, da lahko tudi v urbanem okolju domače vrste zamenjajo tujerodna drevesa. Čebulice avtohtonih vrst so zasadili tudi vzdolž bregov Ljubljaničnice. Vzgojili so jih iz avtohtonega genskega materiala, ki ga hrani botanični vrt, med njimi pa so navadni mali zvonček (*Galanthus nivalis*), pomladanski veliki zvonček (*Leucojum vernum*) in navadna ciklama (*Cyclamen purpurascens*). Te zdaj v mestu cvetijo tako kot njihove vrstnice v naravi.

*Mednarodna nagrada Marsh* je izjemno priznanje za Jožeta Bavcona in tudi za Botanični vrt Univerze v Ljubljani, ki slovi kot najstarejša znanstvena in izobraževalna ustanova na Slovenskem.

*Nada Praprotnik in Igor Dakskobler*

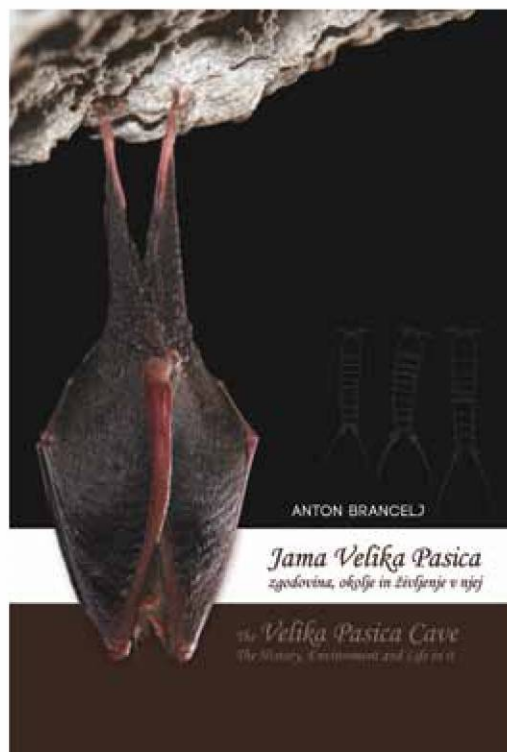
## *Jama Velika Pasica - zgodovina, okolje in življenje v njej*

Z dobrih sto metrov dolžine vodoravnih ro-  
vov in globino nekaj več kot dvanajst me-  
trov je Velika Pasica po velikosti v svetov-  
nem merilu nepomembna jama, vendar pa  
s kar 31 pravimi podzemnimi vrstami (tro-  
globionti) sodi po številu vseh jamskih vrst  
na deveto mesto na svetovni lestvici in na  
sedmo mesto glede na število pravih podze-  
mnih vodnih vrst (stigobionti). Druga izje-  
mnost tudi v svetovnem merilu je, da so se  
v jami izvajale intenzivne in dolgoletne me-  
ritve pretokov prenikle vode in njenih tem-  
peratur, pa tudi pogoste analize fizikalnih  
in kemijskih lastnosti vode, ki so razkrile  
nekaj novih, do sedaj nepoznatih dejstev o  
pretakanju vode v plitvem krasu (epikrasu).  
Ti dve dejstvi sta zadosten povod za nasta-

nek knjige avtorja prof. dr. Antona Brancelja  
o jami Velika Pasica, s podnaslovom *zgodov-  
vina, okolje in življenje v njej*.

Jama leži na pobočju gore Krim v bližini  
naselja Gornji Ig in je del večjega sistema,  
ki ga je v geološki preteklosti izoblikovala  
majhna reka, ki pa danes tukaj ne teče več.  
Strop se je na nekaterih mestih porušil in  
prekinil prehode med posameznimi deli.  
Hkrati pa so se odprli tudi vhodi v podze-  
mlje, ki so dovolj majhni, da se je ohranilo  
podzemsko okolje, in obenem dovolj veliki,  
da vanj lahko vstopi človek. Tako sta na  
tem območju danes dve jami, Velika in Ma-  
la Pasica.

Že od sredine 19. stoletja so jama Velika  
Pasica obiskovali mnogi strokovnjaki, ki  
so v njej našli in opisali nove vrste jamskih  
hroščev in polžev. Zato je postala tudi zbi-  
rateljski cilj številnih amaterskih obiskoval-  
cev in celo trgovcev, saj je bila vse do leta  
2006 javno dostopna. Tega leta pa je bil  
vhod vanjo na predlog avtorja knjige ura-  
dno zaprt z rešetkastimi vrati, ki omogo-  
čajo nenadzorovano prehodnost le manjšim  
živalim (na primer netopirjem, kobilicam,  
metuljem). Odločitev o zaprtju je bila upra-  
vičena, saj so bila s tem zbiralcem in pre-  
prodajalcem jamskih živali (na primer slepih  
jamskih hroščev) preprečena nenadzorovano  
obiskovanje in čezmerno nabiranje ter spre-  
minjanje oziroma uničevanje jamskega oko-  
lja. Hkrati sta bili raziskovalcem omogočeni  
načrtovanje in opravljanje speleobioloških



*Anton Brancelj, 2015: Jama Velika Pasica - zgodovina,  
okolje in življenje v njej. Ljubljana: Založba ZRC in  
Nacionalni inštitut za biologijo.*

opazovanj z namestitvijo ustrezne raziskovalne opreme. Avtor je v jami odkril množico novih živalskih vrst, povečini vezanih na življenje v tanki epikraški coni nad jamo. Osemletna raziskava abiotskih parametrov in sistematičnih zooloških zbiranj daje doslej v našem okolju najbolj popolno ekološko podobo dogajanj v prenikli vodi, ki se pretoči s površine skozi tanek jamski strop in curlja v notranjost jame. Skrito živalsko združbo spoznavamo po »nesrečnikih«, ki jih naplavlja iz njihovega pravega biotopa v sekundarni biotop jamskih lužic. To raziskovanje je dalo avtorju dovolj podatkov za znanstveno obdelavo jame z vidika ekologije in prilagoditve vodnih živali na življenje v epikrasu ter ne nazadnje tudi onesnaževanja. Knjiga je zanimiva znanstvena monografija. Največja odlika je prav kompleksnost njene vsebine. Pričakovali bi, da nam bo avtor, ki je po osnovni usmeritvi biolog, le podrobno naštel in opisal najdeno živalstvo iz te jame, vendar se s tem ni zadovoljil. Predgovoru sledi kratek opis teoretičnih osnov oprede-

litve in razdelitve krasa. V prvem poglavju nas popelje v posebnosti krasa in svet raziskovanja jame Velike Pasice. Nato oriše problem nabiranja jamskih hroščev, podpisovanja na stene in lomljenja kapnikov. Sledi podrobni in celoviti opis lege jame, površja nad jamo in načrta jame. Sledijo poglavja o fizičnih značilnostih jame in osnovi življenja v njej, kar je temelj za ekološko oznako in popis biološke raznovrstnosti v njej.

Opisi so temeljiti, pisanje knjige pa krasi jasna in razumljiva govorica, kar je izjemno pohvalno ter pomembno za razumevanje življenja v jami. Celotna knjiga je opremljena s številnimi fotografijami, risbami in preglednicami. Delo je zato pomemben prispevek k poznavanju ekologije epikraškega območja. Želimo si lahko le še več podobnih celovitih pisanj o jamah v Sloveniji.

*Tom Trilar*

*Naše nebo • Evropska vesoljska agencija na lovu za gravitacijskimi valovi*

## Evropska vesoljska agencija na lovu za gravitacijskimi valovi

*Mirko Kokole*

Mineva sto let, odkar je Albert Einstein postavil splošno teorijo relativnosti, to je teorijo gravitacije, ki združuje načela splošne teorije relativnosti in Newtonove gravitacije. V svojem bistvu je opis, kako se spremeni štirirazsežnostni prostor-čas, ko se v njem nahajajo in gibljejo telesa z maso. Do sedaj se je pokazala kot ena bolj zanesljivih fizikalnih teorij, kljub nadvse nenavadnim napovedim, kot so črne luknje, gravitacijsko lečenje in gravitacijski valovi.

Med najbolj nenavadnimi napovedmi splošne teorije relativnosti so gravitacijski valovi. To so nihanja prostor-časa, ki jih povzročajo telesa z maso, ki se pospešeno gibajo. Do sedaj nam valov neposredno še ni uspelo zaznati, saj je gravitacija med vsemi osnovnimi silami najšibkejša. Vemo pa, da taki valovi morajo obstajati, saj so znanstveniki leta 1993 prvič potrdili, da nevtronska zvezda izgublja energijo in vrtilno količino prav s pomočjo gravitacijski valov.

Na Zemlji smo do sedaj zgradili že nekaj observatorijev, s katerimi želimo zaznati



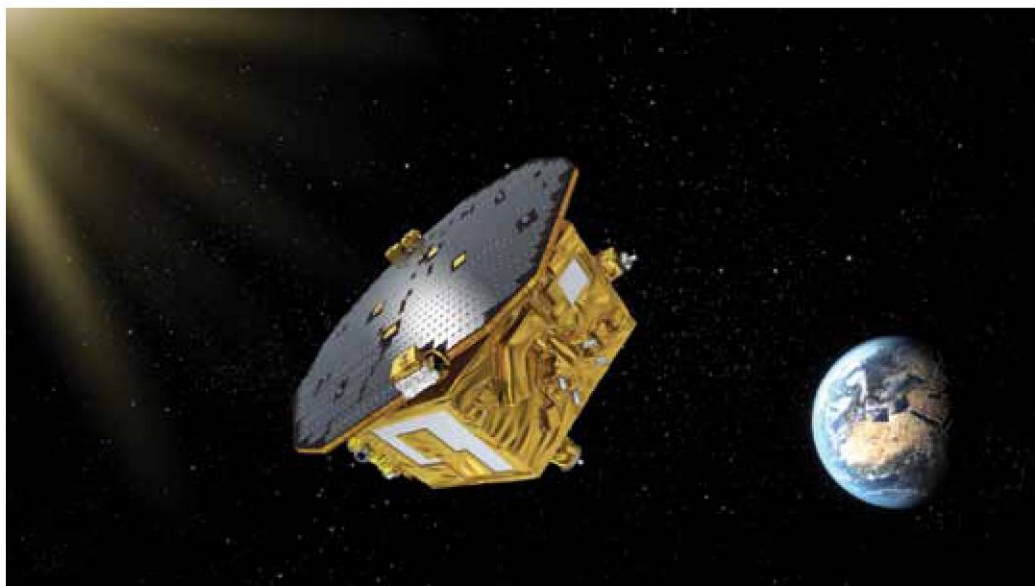
gravitacijske valove. Najnovejši je Napredni laserski interferometrični observatorij za gravitacijske valove (Advanced Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory, aLIGO), ki je začel delovati letos jeseni. Ta observatorij poskuša zaznati, kako gravitacijski valovi spremenijo dolžino dveh krakov ogromnega laserskega interferometra. Ker je na Zemlji veliko motenj, predvsem seizmičnih, so take meritve izjemno težke, saj poskušamo zaznati razlike v razdalji, ki so tisočkrat manjše od valovne dolžine svetlobe, s katero merimo. Za dobro občutljivost potrebujemo tudi izjemno dolge krake interferometra. Zato so že pred mnogimi leti astronomi zasnovali projekt, s katerim naj bi v vesolju izgradili ogromni interferometer, katerega kraki bi bili dolgi milijon kilometrov. Projekt se je v letih veliko spreminjal in na koncu končal v rokah Evropske vesoljske agencije (European Space Agency, ESA) pod imenom Ekstremna laserska interferometrična vesoljska antena (extreme Laser Interferometer Space Antena, eLI-

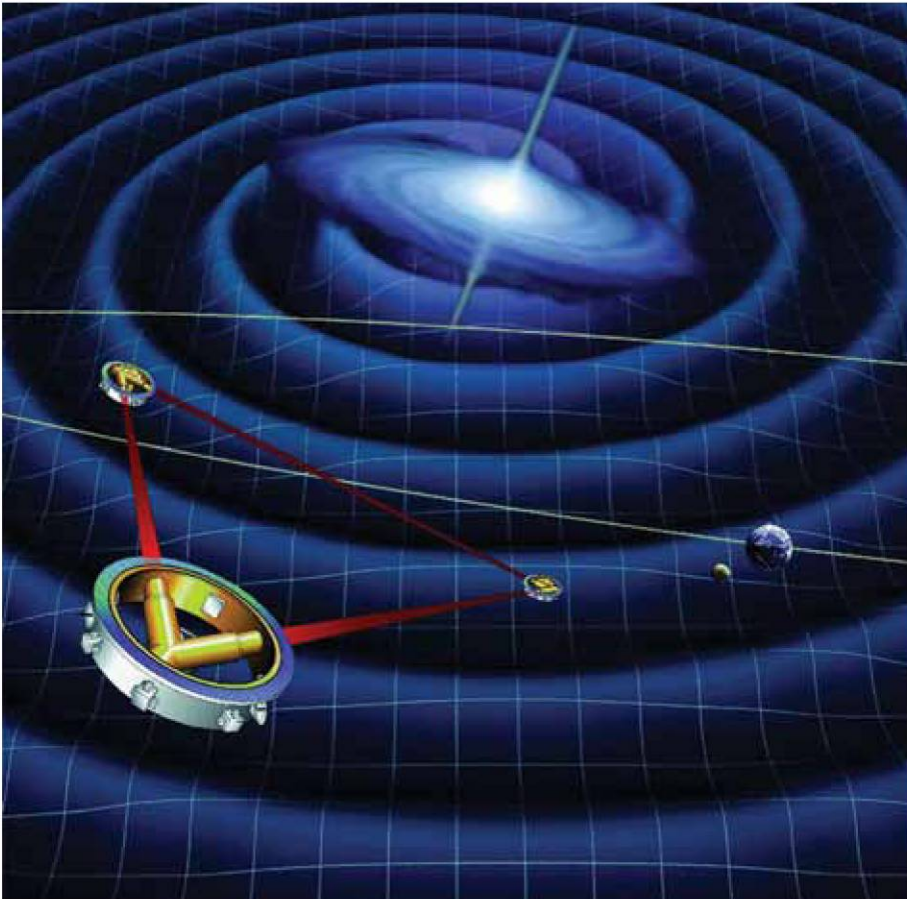
SA). Ker je tak projekt izjemno zahteven in vsebuje ogromno tehnoloških težav, so se na Evropski vesoljski agenciji odločili, da najprej izdelajo manjši satelit, ki bo preizkusil tehnološke rešitve. Projekt so poimenovali *LISA Pathfinder* (*LISA Stezosledec*).

3. decembra letos so satelit *LISA Stezosledec* uspešno izstrelili z izstrelišča Evropske vesoljske agencije v Francoski Gvajani. Satelit bo poletel do prve Lagrangeeve točke med Soncem in Zemljo, kjer bo lahko tako rekoč nemoteno deloval. Prva Lagrangeeva točka je točka med Zemljo in Soncem, kjer se gravitacijska vpliva Sonca in Zemlje izničita.

Način zaznavanja gravitacijskih valov, ki ga uporablja *LISA*, deluje tako, da poskuša zaznati, kako se spreminja razdalja med dvema masama, ki je posledica spremembe prostor-časa. Tako kot če bi opazovali dva na valujoči vodi plavajoča lista. V ta namen satelit *LISA Stezosledec* vsebuje dve kocki, narejeni iz platine in zlata, in nabor inštrumentov za merjenje razdalje med nji-

Umetnikova predstava satelita *LISA Stezosledec* v vesolju. Foto: ESA-C. Carreau.

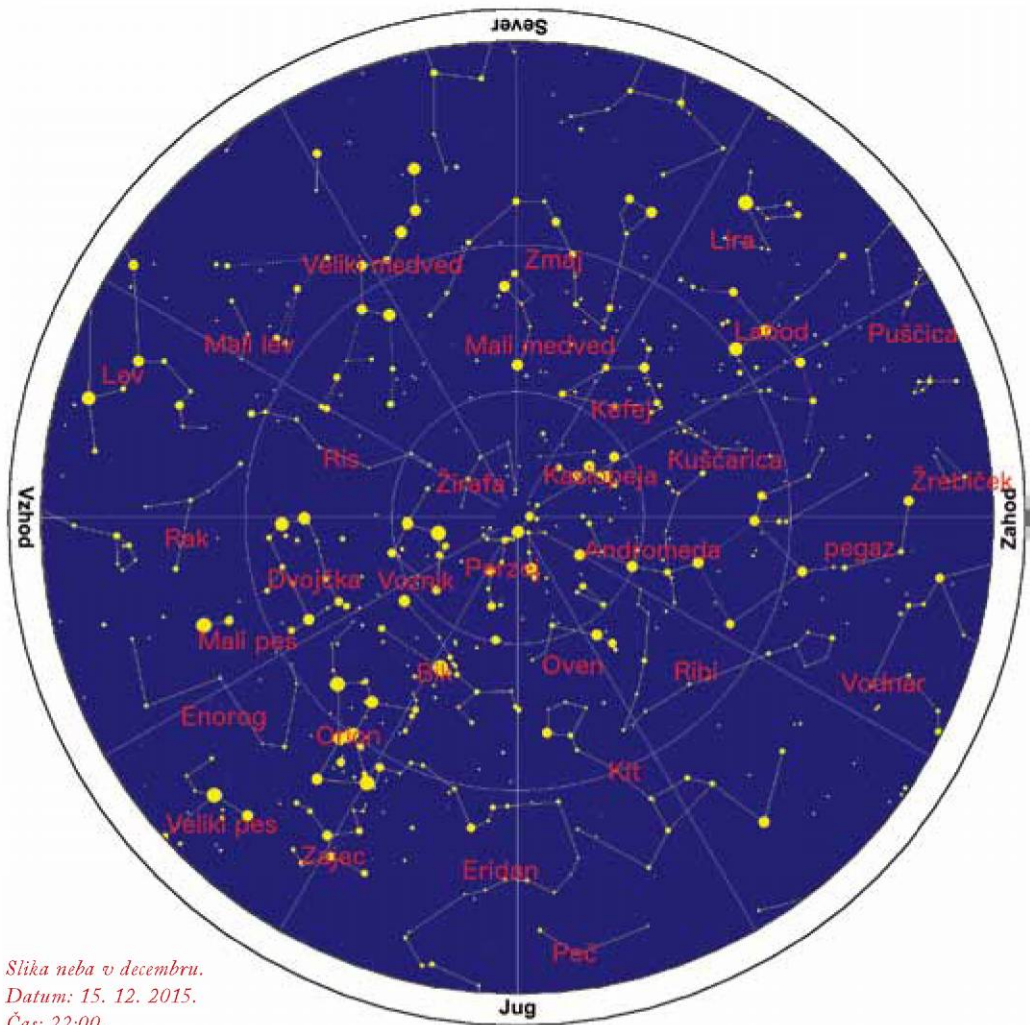




*Laserji v vesolju. Umetnikova upodobitev kaže projekt Ekstremne laserske interferometrskve vesoljske antene (eLISA). Antena bo sestavljena iz treh satelitov, ki bodo med seboj povezani z laserskimi žarki. Z njo bodo poskušali zaznati gravitacijske valove v prostoru-času, ki jih oddajajo eksotični objekti v vesolju, kot so na primer črne luknje. Vir: ESA.*

ma. Natanko take kocke bodo vsebovali tudi trije sateliti projekta Ekstremne laserske interferometrskve vesoljske antene, z razliko, da bo tam razdalja med kockami namesto 38 centimetrov milijon kilometrov. Ker je razdalja med kockama v satelitu *LISA Stezosledec* izjemno majhna, ta še ne bo mogel zaznati gravitacijskih valov, kar tudi ni njegov namen. Njegov namen je le preizkusiti vse ključne tehnološke sestavine in tako tlakovati pot projektu Ekstremne laserske interferometrskve vesoljske antene, katerega tri satelite bodo v vesolje izstrelili predvidoma leta 2034.

Dokler ne bomo dobili rezultatov satelitov Ekstremne laserske interferometrskve vesoljske antene, pa bomo morali poskušati zaznati gravitacijske valove kar z Zemlje in prav na novo prenovljeni Napredni laserski interferometrski observatorij za gravitacijske valove (aLIGO) je verjetno tisti, ki nam bo prvi postregel z neposredno meritvijo gravitacijskih valov. Morda že v novem letu.



*Slika neba v decembru.  
Datum: 15. 12. 2015.  
Čas: 22:00.  
Kraj: Ljubljana.*

# BUDIMPEŠTA

Od 6. do 8. februarja 2016

Budimpešta ni le prestolnica Madžarske ter s tem povezana z bogato zgodovino in pestro arhitekturo, ampak v sebi skriva tudi marsikaj, kar pritegne ljubitelje narave. Ste vedeli, da se v neposredni bližini središča mesta nahaja velika podzemna jama, urejena za obiskovalce? Da imajo v Budimpešti zelo lep in bogato opremljen naravoslovni muzej? Če bi radi odkrili vse to in še marsikaj drugega, se nam pridružite na kratkem obisku madžarskega glavnega mesta.



# SEVERNI CIPER

Od 27. februarja do 5. marca 2016



Medtem ko bo pri nas še vedno zima in bomo le slutili prihajajočo pomlad, se lahko z nami podate na raziskovanje neokrnjene narave Severnega Cipra, kjer si bomo ogledali več zavarovanih območij in spoznavali različna življenjska okolja rastlin in živali, od katerih so mnoge endemiti otoka. Ravno v tem času se bodo razcveteli divje rastoči tulipani in številne orhideje, ob morskih lagunah bomo opazovali vodne ptice, spoznavali slanoljubno vegetacijo obalnih sipin, gorovij in starih oljčnih nasadov ter se sprehajali med prostoživečimi osli na skrajnem severovzhodu otoka. Bogate vtise bo popestrila odlična krajevna kulinarika.

# SKRIVNOSTNI EPIR

Od 23. aprila do 2. maja 2016

Severnogrška pokrajina Epir je nekaj posebnega: ostanki antične Grčije se prepletajo z naravnimi lepotami Pindskega gorovja, kjer so zaradi skrivnosti narave že v davni nastajale bajke in legende, ki še danes navdihujejo redke obiskovalce. Geološke in botanične posebnosti območja zaznamujejo tudi številni samostani, reke pa so v geološki preteklosti izoblikovale slikovite soteske, ki so burile duhove antičnim prebivalcem in jih vodile v mitološko podzemlje. Vsega po malem za vse tiste, ki vam narava pomeni nekaj več kot le – narava.



Ceno potovanj in podrobnejše programe si lahko ogledate na spletni strani [www.proteus.si](http://www.proteus.si), več informacij dobite v upravi društva na telefonski številki **01 252 19 14** ali na elektronskem naslovu [naturdoslovno.drustvo@gmail.com](mailto:naturdoslovno.drustvo@gmail.com).

## Table of Contents

---

### Editorial

*Tomaž Sajovic*

### Geology

#### Earth's Inner Core

*Mihael Brenčič*

People see the Earth as a slightly deformed sphere flattened on the poles and consisting of three main shells: the outer shell or crust, which varies in thickness depending on the location, sits on the mantle that continues to a depth of c. 2,900 kilometres. Underneath the mantle is an enormous core that extends to the centre of the Earth, some 6,374 km below the surface. This simplified perception, however, is only the result of the fact that we know much too little about the Earth's interior. Is it not common sense that if geological conditions on the surface are complex and virtually chaotic, similar conditions must take place in the interior, deep under the surface? Are the conditions in the Earth's interior not just as complicated or perhaps even more so on account of high pressure and temperatures? This is precisely what modern geophysics is uncovering: geological conditions deep under the surface are extremely diverse. And even though the latest discoveries

about our planet's interior are not seen to be as newsworthy as other discoveries in modern science, those in physics or biochemistry, for example, the results of these studies are just as exceptional. The field of geology has seen some of the most monumental developments in particular in the research of the Earth's interior. Let's take a look at some of these discoveries and see what's hiding underneath our feet.

### Physics

#### One Hundred Years of General Theory of Relativity. Part 2. Anniversaries in Physics (in the International Year of Light 2015)

*Janez Strnad*

General theory of relativity is a theory of gravitation developed by Albert Einstein in 1915 and published in 1916. It interprets gravitation as a consequence of the curvature of spacetime and is a generalised version of his special theory of relativity. Part two of the article presents four tests of general theory of relativity, with the most famous one being the observation of light deflection from a star when it passes near the Sun. Other major prediction that Einstein made – gravitational waves emitted by bodies moving around the common

centre of gravity or colliding, or a star that collapses in on itself or explodes – has been sought by several large devices, but a lot is expected also from the European Space Agency's projects. In addition, the theory of general relativity predicted the phenomena of black holes and gravitational lensing, and its results have also been incorporated by the global positioning system (GPS).

## Medicine

### Development of Stem Cells and Their Use in Medicine.

#### Opportunities, Boundaries, Perspectives, Misuses

*Maša Koc*

Today, the phrase *stem cell* describes undifferentiated cells with low proliferation rate, capable to self-renew and differentiate into any cells (*proliferation* is the ability of a cell to grow and divide through mitosis). In terms of the spectrum of phenotypes that cells can express they are classified as totipotent, pluripotent, multipotent and unipotent embryonic stem cells. Another criterion to differentiate between stem cells is their origin. Until recently we knew two types of stem cells, embryonic (ESC) and adult, for example hematopoietic stem cells. In 1998, American James Thomson successfully isolated human embryonic stem cells for the first time and together with his associates largely contributed to the understanding and promotion of *in vitro* cell differentiation. Nine years later he successfully described the process of generation of induced pluripotent stem cells (iPSC), the third type of stem cells when it comes to origin. These are completely differentiated cells that acquire the characteristics of embryonic stem cells through artificially induced reprogramming. The first to have successfully reprogrammed a somatic cell into an induced pluripotent stem cell was the Nobel Prize winner Shinya Yamanaka. He discovered that by reactivating certain transcription factors that are silenced in an adult cell a terminally differentiated cell could regain the morphological and developmental properties of a pluripotent stem cell. This way he proved that pluripotent stem cells could be acquired without embryos. Until 2007 the most common reprogramming method was to transfer the nucleus from an adult cell into an enucleated egg cell or embryo stem cell – something much too controversial for the general public. The term »stem cells« is closely related to regenerative medicine and tissue engineering. The article also discusses the possibilities, boundaries, perspectives, use and misuse of stem cells in medicine.

## Zoology

### Endemic *Jugogammarus kusceri* (S. Karaman 1931) from the Krka River. Facts and Curiosities

*Boris Sket*

Slovenia is rich in subterranean endemic species and endemic troglobiont species, but does not have many endemic species in surface waters. The amphipod *Jugogammarus kusceri* is one of the few. It was described in 1931 by a prominent Yugoslavian zoologist Stanko Karaman. He identified the new species in specimens of amphipods sent to him by Ljudevit Kuščer from the spring at the village of Lese at Krška Vas and by the Cave Exploration Society from the spring at Tominec Mill near Žužemberk. At the time, S. Karaman was the only Yugoslavian expert on amphipods and L. Kuščer one of the active researchers of Yugoslavian and especially Slovenian subterranean fauna. Anyone interested in subterranean animals will pay attention to springs; this is where they frequently come to see the light of day and are easier to find

than in the often hard-to-reach underground. But *Jugogammarus kusceri* is not a subterranean animal. This was established and reported already by Karaman, who himself used to chase it. This, not more than 6.5 mm-long critter does not actually deserve the name amphipod. It moves upward, like some other »sideswimmers«. In certain parts of the Dolnjska region it is called »bibak«. *Jugogammarus kusceri*, the Krka biba, is found in Karst springs, in the river bed of the Krka and sometimes, in masses, also on strands of aquatic mosses (*Fontinalis* and *Cinclidotus*).

## Botany

### An Early-Summer's Botanical Excursion to Tosc to See the Orchids

*Polona Strgar, Branko Zupan*

Until recently mountaineers and flower lovers were convinced we knew orchids well. We came across and smelled the »black« orchids many a time, delighted on few occasions when we saw red ones and admired the Kamnik orchid in the Karavanke Mountains or in the Kamnik-Savinja Alps. In the last few decades, however, experts have identified many other species in the Eastern Alps. Our black orchid is in fact *Nigritella rbellicani*, the red may be two-coloured (*Nigritella bicolor*) or even hygrophilous (*Nigritella hygrophila*). But how delighted we were, both experts and nature lovers, when we learned about the recent finds of the rare Widder's orchid (*Nigritella widderi*) and Archduke John's orchid (*Nigritella archiducis-joannis*) on Mt. Tosc in the Julian Alps!

## Nature photography

### Photographer on the Lookout by the Butterfly Bush

*Jurij Kurillo*

Today, the flowering shrub buddleja, known also under a very telling name, the butterfly bush, is a frequent guest in gardens and parks, but it is also one that is gradually turning into a good-for-nothing intruder on fallow land. Native to China, it was not introduced to Europe until around 1895. Despite highly poisonous glycosides the variety *Buddleja davidii* is very popular on account of its blue, purple or white conical flowers that, when in full swing, tempt with their honey-scented fragrance, wooing not only people, but even more so nature's most beautiful creatures – butterflies. Even the butterfly bush growing to its full 2.5 metres on the author's balcony turned into a true hub for the nectar collecting insects when it flowered generously from August through September into October, attracting most of all various species of large diurnal butterflies. This article tells the photographer's story of what he saw.

## The Marsh Award for International Plant Preservation

### Dr. Jože Bavcon, Winner of the Marsh Award for International Plant Conservation

*Nada Praprotnik, Igor Dakskobler*

## New books

### *The Velika Pasica cave: the history, environment and life in it*

*Tomil Trilar*

## Our sky

### The European Space Agency Chasing Gravitational Waves

*Mirko Kokole*



## ■ Fizika

### Sto let splošne teorije relativnosti (drugi del)

Splošna teorija relativnosti, ki jo je Albert Einstein razvil leta 1915 in objavil leta 1916, razlaga gravitacijsko silo kot posledico ukrivljenosti prostora-časa in pomeni posplošitev njegove posebne teorije relativnosti. V drugem delu prispevka so predstavljeni štiri preizkusi splošne teorije relativnosti, najbolj slaven je bil tisti, ki je dokazal odklon svetlobe z zvezde pri prehodu mimo Sonca. Naslednje veliko Einsteinovo dognanje – gravitacijsko valovanje – skuša zaznati več velikih naprav, veliko si pri tem obetamo tudi od projektov Evropske vesoljske agencije. Splošna teorija relativnosti je napovedovala tudi pojave črnih lukenj in gravitacijskega lečenja, njene rezultate pa upošteva tudi sistem za določanja lege na Zemlji GPS.



## ■ Botanika

### Zgodnjepoletni botanični izlet na Tosco med murke

Planinci in ljubitelji cvetja smo bili do pred kratkim prepričani, da murke dobro poznamo. V zadnjih desetletjih so strokovnjaki ugotovili, da poleg rdeče in črne murke v Vzhodnih Alpah raste še precej drugih vrst. Naša črna murka je pravzaprav Rhellikanova murka (*Nigritella rhellicani*), rdeča je mogoče dvobarvna (*Nigritella bicolor*) ali celo vlagoljubna (*Nigritella hygrophila*). Tako strokovnjaki kot ljubitelji pa smo bili navdušeni nad nedavnimi najdbami redkih Widderjeve (*Nigritella widderi*) in Janezove murke (*Nigritella archiducis-joannis*) na Toscu v Julijskih Alpah.



## ■ Naravoslovna fotografija

### Fotografska preža ob metuljniku

Cvetlični grm budleja, z zgovornim domačim imenom metuljnik ali metuljka, je danes pogost gost v vrtovih in parkih, počasi pa postaja že kar nebodigatreba vsiljivec na ledinskem svetu. Njegova domovina je sicer Kitajska, v Evropo pa so ga prinesli šele okoli leta 1895. Tudi metuljnik, ki raste ob balkonu avtorjevega domovanja, je bil med obilnim cvetenjem od avgusta pa tja do oktobra pravo sbajališče žuželk, ki nabirajo medicino, predvsem pa različnih vrst večjih metuljev dnevnikov. Prispevek je fotografska pripoved o njih.

ISSN 0033-1805

