

PROTEUS

maj, junij 2014, 9–10/76. letnik
cena v redni prodaji 10,00 EUR
naročniki 8,40 EUR
upokojenci 7,00 EUR
dijadi in študenti 6,00 EUR
www.proteus.si



mesečnik za poljudno naravoslovje

Majhne, a mogočne: mikoplazme v boju
za preživetje

Mikrobiologija

Mikroskopija, ki presega meje optične ločljivosti

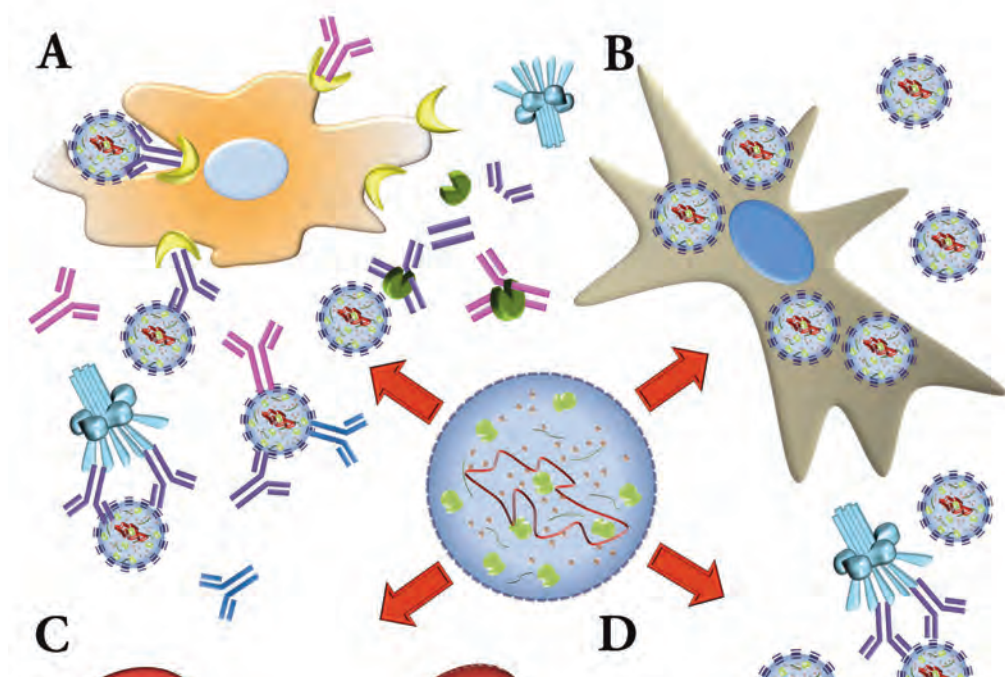
Fizika

Ali je bil Lažnivi Kljukec geolog?

Iz zgodovine geologije

Etika v naravoslovni fotografiji

Naravoslovna fotografija



Majhne, a mogočne: mikoplazme v boju za preživetje

Ivanka Cizelj, Saša Kastelic

V evoluciji je drobna bakterija mikoplazma, z okrnjenim genomom in brez celične stene, razvila mehanizme, ki ji omogočajo preživetje v zanj neprijaznem okolju. Odsotnost celične stene jo brani pred penicilinskimi antibiotiki, mehka membrana ji omogoča, da se skrije pred obrambnimi molekulami v celico, z variabilnim izražanjem membranskih lipoproteinov se uspešno izogiba protitelesom gostitelja, če vse to ne zadostuje, vrne udarec, napade obrambne molekule z encimoma proteazo in sialidazo ter razgradi obrambne molekule in si pripori svoj obstoj v gostitelju. Pri ljudeh mikoplazme povzročajo obolenja kože, dihal, sečil in spolnih organov. V zadnjih letih intenzivno preučujejo vlogo mikoplazem pri nastanku rakastih tumorjev, saj znanstveniki pogosto izolirajo mikoplazmo iz tumoroznega tkiva. V tokratni številki pa s prispevkom Marine Dermastie namenjamo prostor tudi fitoplazmam. Za razliko od mikoplazem, ki so patogeni na živalih in ljudeh, fitoplazme povzročajo bolezni le na rastlinah. Po dolgih desetletjih tavanja v temi so nam tudi fitoplazme končno začele odkrivati nekatere od svojih skrivnosti, ki nam bodo pomagale varovati naše kmetijske posevke in drevesa pred boleznimi, ki jih povzročajo. S številnimi projekti se v mednarodno mrežo raziskovalcev fitoplazem uspešno vključujejo tudi raziskovalci Nacionalnega inštituta za biologijo.



■ stran 437

Lepidopterologija

O jamamaju in sorodnih prelcih. Dr. Janu Cerneluttiju v slovo

Boštjan Dvořák

Japonski hrastov prelec (*Antheraea yamamai*) je posebnost naših gozdov in ena redkih vrst nočnih pavlinčkov (*Saturniidae*), ki se je trdno ustalila v ustreznem okolju zunaj svoje prave domovine. Rod *Antheraea* šteje še kup na las podobnih, manj znanih bližnjih sorodnikov. V prispevku se bomo posvetili predstavnikom, ki naseljujejo podobne zemljepisne širine oziroma podnebne pasove različnih predelov severne poloble, in se osredotočili na nekatere bistvene razlike med njimi in »domačo« vrsto.



390 Uvodnik
Tomaž Sajovic

393 Mikrobiologija
**Majhne, a mogočne: mikoplazme v boju
za preživetje**
Ivanka Cizelj, Saša Kastelic

398 Mikrobiologija
**Fitoplazme ali življenje na genskem
minimumu**
Marina Dermastia

405 Medicina
**Zdravljenje skolioze v odrasli dobi brez
operacije**
2. del: Razprava
Andrej Gogala

413 Fizika
**Mikroskopija, ki presega meje optične
ločljivosti**
Marko Kreft, Jernej Jorgačevski

419 Iz zgodovine geologije
Ali je bil Lažnivi Kljukec geolog?
Mihael Brenčič

426 Paleontologija
Nenavadni fosilni raki vitičnjaki
Matija Križnar

429 Letno kazalo

437 Lepidopterologija
O jamamaju in sorodnih prelcih
Dr. Janu Carneluttiju v slovo
Boštjan Dvořák



419



445



469

445 Dendrologija

Drevesna dediščina v blejskih parkih in okolici

Jože Skumavec

473 Naše nebo

Našli izgubljenega brata našega Sonca

Mirko Kokole

458 Mineralogija

Spinelno dvojčenje kremenca s Slivnice

*Mirjan Žorž, Igor Dolinar, Miha Jeršek,
Rafael Šerjak, Gregor Kobler, Jože Pristavec*

475 Table of Contents

467 Ekologija

Noč rakunov

Jurij Kurillo
Rakuni v Sloveniji
Miha Krofel

469 Naravoslovna fotografija

Etika v naravoslovni fotografiji

Petra Draškovič



Naslovnica:

Pragozdni rob je občutljivo območje.

Foto: Petra Draškovič.

Proteus

Izbaja 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 Dakskobler

asist. dr. Andrej Godec

akad. prof. dr. Matija Gogala

dr. Matevž Novak

prof. dr. Gorazd Planinšič

prof. dr. Mihael Jožef Toman

prof. dr. Zvonka Zupanič Slavec

dr. Petra Draškovič

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 števil, letnik ima 480 strani. Naklada: 2.500 izvodov.

Naslov izdajatelja in uredništva: Prirodoslovno društvo Slovenije, Salendrova 4, p.p. 1573, 1001 Ljubljana, telefon: (01) 252 19 14, faks (01) 421 21 21.

Cena posamezne številke v prosti prodaji je 5,00 EUR, za naročnike 4,20 EUR, za upokoјence 3,50 EUR, za dijake in študente 3,00 EUR.

Celoletna naročnina je 42,00 EUR, za upokoјence 35,00 EUR, za študente 30,00 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

© Prirodoslovno društvo Slovenije, 2014.

Vse pravice pridržane.

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

Uvodnik

V četrtek, 10. julija, sem v *Dnevniku* prebral novinarsko poročilo ob razglasitvi rezultatov raziskave PISA 2012 z naslovom *Problemske naloge trd oreh za slovenske šolarje*, v soboto, 12. julija, pa v *Delu* na strani, ki je namenjen mnenjem, zaskrbljen novinarski odziv na objavljene rezultate PISE 2012 z naslovom *Kapitan z vizijo*, v katerem je – glede na slabe rezultate slovenskih dijakinj in dijakov iz finančne pismenosti in reševanja problemskih nalog – zapisano, »da naši učenci niso konkurenčni, saj v šolah ne dobivajo sodobnih kompetenc«. Rezultati PISE so očitno postali vrhovno merilo, po katerem se sodi, ali ima kakšna država uspešno izobraževanje ali pa ga nima.

Kaj sploh je PISA, sem razložil že v prej-

šnji številki. Toda v njej sem pisal o nečem, kar postavlja to vrhovno merilo pod vprašaj. Pisal sem namreč o skrajno kritičnem javnem pismu akademikov po svetu, naslovljenem na dr. Andreasa Schleicherja, direktorja Programa mednarodne primerjave dosežkov učencev (Programme for International Student Assessment, okrajšano PISA). V pismu podpisani akademiki izražajo globoko zaskrbljenost zaradi negativnih učinkov, ki jih ima raziskava PISA. Prepričani namreč so, da bo že zdaj problematično »merjenje velike pestrosti izobraževalnih tradicij in kultur z enim samim, ozkim in enostranskim merilom na koncu povzročilo nepopravljivo škodo našim šolam in našim dijakom«.

Da si bodo bralke in bralci lahko osvežili spomin, naj ponovim: PISA je mednarodna raziskava o bralni, matematični in naravoslovni pismenosti petnajstletnih dijakin in dijakov. Predvsem je zelo pomenljivo, da se raziskava ne izvaja na primer pod okriljem *Organizacije Združenih narodov za izobraževanje, znanost in kulturo (The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, UNESCO)*, »ki ima jasna in zakonita pooblastila za sprejemanje ukrepov za izboljšanje izobraževanja in življenj otrok po svet«, ampak pod okriljem *Organizacije za ekonomsko sodelovanje in razvoj (Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD)*, ki takih pooblastil nima. Prav to pa je vredno posebne kritične pozornosti. OECD je namreč mednarodna gospodarska organizacija razvitih držav, ki sprejemajo načela predstavniške demokracije, predvsem pa načela svobodnega trga. Njen idejni temelj je neoliberalna politična in ekonomska ideologija, ki je tudi »skrita« predpostavka programa PISA. Zato ni prav nič presenetljivega, da je PISA poleg bralne, matematične in naravoslovne pismenosti petnajstletnic in petnajstletnikov začela raziskovati tudi *finančno pismenost* (eden od mojih znancev, sicer upokojeni profesor, je to posrečeno opredelil kot »šolo za kapitalizem«), ne raziskuje pa – kot so zapisali kritično akademiki v svojem pismu – »manj merljivih ali nemerljivih izobraževalnih ciljev, kot so razvoj telesnih, moralnih in umetniških sposobnosti ter sposobnosti, ki omogočajo tvorno sodelovanje v življenju skupnosti«. Akademiki popolnoma upravičeno opozarjajo, da »pripravljanje mladih ljudi na dobičkonosne zaposlitve ni edini in niti ne najpomembnejši cilj javnega izobraževanja, ki mora dijakinje in dijake pripravljati predvsem na sodelovanje pri demokratičnem urejanju življenja v skupnosti, na moralno delovanje in na življenje, v katerem si bodo prizadevali za osebno rast in duhovno blaginjo«. Zato imajo akademiki popolnoma prav, ko trdijo, da taka usme-

ritev »nevarno oža našo skupnostno predstavo o tem, kaj sploh je in bi moralo biti izobraževanje«.

Najbolj simptomatično je, da naša javnost s temi kritičnimi stališči akademikov po svetu o PISI bolj ali manj sploh ni seznanjena. Še več, novinarsko poročilo v *Dnevniku* se končuje z nenavadnim stavkom: »Naj še dodamo, da smo za mnenje (o zadnjih rezultatih PISE in o PISI sploh; pojasnilo je moje) želeli povprašati še vrsto drugih strokovnjakov s področja izobraževanja, vendar niso bili pripravljeni spregovoriti ali pa so na dopustu.«

Eden največjih problemov v Sloveniji je, da tudi tisti strokovnjaki, ki so se odzvali na novinarčina vprašanja, sploh ne vidijo negativnih učinkov PISE. Rezultati PISE so za njih nekaj »svetega«, o čemer se ne razmišlja. Če se pri raziskavi slovenske dijakinje in dijaki odrežejo slabo, potem je to *dejstvo*, ki ga je treba z vso resnostjo upoštevati. Stališči dveh strokovnjakov za izobraževanje v *Dnevniku* so s tega stališča zaskrbljujoči. Eden je slabe rezultate slovenskih dijakin in dijakov pojasnjeval s tem, da »se našim učenkam in učencem *ne uspe* enako dobro kot njihovim sovrstnikom iz uspešnejših držav *prilagoditi* (poudarek je moj in je pomemben, saj kaže, da govorec v veliki meri *zaupa* v koncept PISE) novim, neznanim in kompleksnejšim situacijam, kakršne prinašata omenjeni preverjanji«. Drugi izraža podobno *verovanje* v nezmogljivost strokovnjakov, ki pri PISI snujejo enotne standarde, po katerih se potem meri uspešnost oziroma neuspešnost izobraževalnih sistemov po svet: »Rezultati ne povedo nič novega in niso nepričakovani. Čeprav ne moremo biti zadovoljni niti z rezultatom pri finančni pismenosti, ki je slab, pa so po mojem še hujši problem dosežki pri reševanju problemskih nalog.« Zadnje bi verjetno kar držalo, če ne bi bilo popolnoma nemišljeno in spregledano ideološko ozadje Pisinega preverjanja znanja. Šele ob zavedanju tega ozadja bi lahko sodili, kaj problemske

naloge sploh preverjajo. Izredno pomenljivo je, da se o tem ozadju ne sprašujejo strokovnjaki (ali pa njihovega glasu ne slišimo), ampak eden pomembnih sindikalnih voditeljev na področju izobraževanja. Besedilo, v katerem je naveden njegov odgovor, navajam dobesedno: »Niti strokovnjaki, ki so se s to raziskavo ukvarjali, pravih vzrokov (za podpovprečne rezultate slovenskih petnajstletnikov, pojasnilo je moje) še ne morejo poznati, ker je treba za to najprej opraviti precej mukotrпно in dolgočasno delo.« Šele ko bo analiza narejena, se bo po njegovih besedah mogoče pogovarjati tudi o ustreznih izboljšavah šolskih programov. *Hkrati bo po njegovem treba ovrednotiti, kaj raziskava PISA sploh meri, in odgovoriti na vprašanje, ali je za splošno izobraževanje državljanov ključnega pomena, da so slovenski rezultati v njej nadpovprečni* (besedilo sem poudaril sam). »Ta problem je treba raziskati, kajti gre za diktaturo raziskave, ki postaja usmerjevalec izobraževalnih sistemov zaradi vzpostavljanja teh lestvic, ki so že bile deležne ostrih kritik akademikov po svetu.« [...] Kar ob rezultatih PISA sploh izrazito odklanja, pa je »politična histerija, ki praviloma nastopi ob takšnih informacijah in zahteva takojšnje rezultate v obliki poenostavljenih rešitev.« Kako je *ekonomistično ideološko ozadje PISE* kljub vsemu »spregledano« in ponotranjeno – seveda kot nekaj »dobrega« in »neizogibnega« – kaže omenjeni komentar v *Delu*, kjer najdemo zapisana sledeča stališča: »In vendar bi morale biti šolstvo ena najpomembnejših družbenih tem, če nam je mar za prihodnost. Če tega ne znajo presoditi politiki, bi jim to morale sporočiti volilno telo. Vsi volivci, tudi tisti, ki nimajo otrok, bi se morali zavedati, kakšne so posledice tega, da ne znamo in ne zmoremo poskrbeti za naše otroke, saj naša prihodnost temelji na prihodnji generaciji zaposlenih. *Samo ti bodo lahko poskrbeli, da se bo družba gospodarsko razvijala, da bodo prihajale tuje investicije, da bo država kompetitivna na globalni ravni, Zdaj pa se že kaže, da naši učenci niso konku-*

renčni, saj v šolah ne dobivajo sodobnih kompetenc.« (Poudarek v ležečem tisku je moj.) Komentar se zaključuje prav srhljivo: »Šolstvo ni prostor, po katerem bi lahko tacali, a vendarle potrebuje vizijo in vodjo, ki bo motor barke znal prestaviti v višjo prestavo. Treba se je odločiti, kaj v prihodnosti hočemo, postaviti ustrezne cilje in določiti, kako jih bomo dosegli. Kdo bo to storil, če ne minister za šolstvo in njegova ekipa? Zavzeti učitelji, ki jim je mar in ki si vsak dan prizadevajo učencem predati kar največ znanja in potrebnih veščin, so lahko samoiniciativni. A če za vizijo in njen prenos v šole ne bo sistemsko poskrbljeno, bodo kakovostnega izobraževanja deležni samo tisti učenci, ki bodo imeli srečo, da bodo v njihovem razredu. A nikoli ni prepozno. *Državljeni se lahko kadarkoli odločimo in sporočimo, da je dobra izobrazba tista, ki Sloveniji omogoča konkurenčnost. To pa potem počnemo vsak dan znova, dokler šolske barke ne prevzame kapitan z vizijo.*« (Poudarek je moj.)

Kam pa to lahko pelje, kaže bizarna zgodba o tem, kako je ustanovitelj Microsofta Bill Gates – *kapitan z vizijo* – na hitro in tiho prevzel izobraževanje in skušal vsiliti enotne, nepreizkušene in nedemokratično sprejete izobraževalne standarde v Združenih državah Amerike. »Vrsta skupin je dobilo od fundacije Gates plačanih milijone dolarjev za to, da so potrdile, da so novi standardi pomembni za gospodarsko prihodnost,« lahko preberemo v povzetem članku z naslovom *Milijonarjeve nove funkcije. Neizvoljeni bogataš Bill Gates je odločal o novih šolskih standardih*, objavljenem 10. junija letos v spletni *Mladini*. Nacionalni škandal bo svoj epilog morda doživel v ameriškem kongresu. Vse, kar lahko še zapišemo v tem uvodniku, je pomenljivo vprašanje: Ali se sploh zavedamo, da nimamo nobenega nevtralnega izobraževanja? Vsako izobraževanje ima svojo ideologijo, PISA ekonomistično, pisci pisma, naslovljenega na direktorja PISE, pa humanistično. Sam sem za zadnjo.

Tomaž Sajovic

Majhne, a mogočne: mikoplazme v boju za preživetje

Ivanka Cizelj, Saša Kastelic

V evoluciji je drobna bakterija mikoplazma, z okrnjenim genom in brez celične stene, razvila mehanizme, ki ji omogočajo preživetje v zanj neprijaznem okolju. Odsotnost celične stene jo brani pred penicilinskimi antibiotiki, mehka membrana ji omogoča, da se skriva pred obrambnimi molekulami v celico, z variabilnim izražanjem membranskih lipoproteinov se uspešno izogiba protitelesom gostitelja, če vse to ne zadostuje, vrne udarec, napade obrambne molekule z encimoma proteazo in sialidazo ter razgradi obrambne molekule in si pribori svoj obstoj v gostitelju.

Kaj so mikoplazme?

Mikoplazme so najenostavnejši in najmanjši mikroorganizmi, ki so še sposobni samostojnega razmnoževanja. So edinstvena vrsta bakterij. Nimajo celične stene, obdaja jih le celična membrana, zato lahko zavzamejo različne oblike, od hruškaste, kokoidne in nitaste do verižne. Odkritje mikoplazem sega v leto 1898, ko sta Nocard in Roux izolirala prvo mikoplazmo – *Mycoplasma mycoides*, ki povzroča pljučno kugo pri govedu. Na začetku 20. stoletja so domnevali, da so mikoplazme virusi, saj lahko prehajajo skozi ultrafiltre, ki ostale bakterije zadržijo. Kasneje je bilo potrjeno, da so mikoplazme bakterije, ki so se razvile iz po Gramu pozitivne veje bakterij in v procesu degenerativne evolucije izgubile celično steno. Leta 2010 je Gibson s sodelavci umetno ustvaril celico mikoplazme, ki jo »upravlja« sintetični kromosom in je sposobna samostojnega razmnoževanja.

Mikoplazme uvrščamo v bakterijski razred Mollicutes (*mollis*, lat. mehak, upogljiv; *cutis*, lat. koža), ki je razdeljen v pet redov (Acholeplasmatales, Anaeroplasmatales,

Entomoplasmatales, Haloplasmatales in Mycoplasmatales). V rod *Mycoplasma* je trenutno uvrščenih 123 vrst.

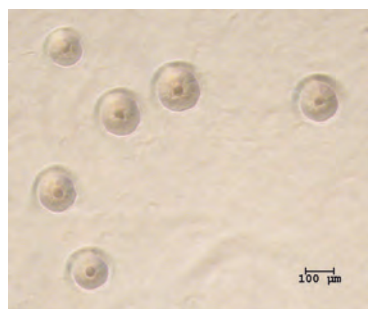
Minimalna in najbolj preprosta celica

Predstavniki razreda Mollicutes ne morejo sintetizirati izhodne spojine muraminske kisline, ki je osnovni gradnik bakterijskih sten. Mikoplazme prodirajo in rastejo pod površjem trdnega gojišča, na površini pa imajo njihove do 2 milimetra velike kolonije oblike ocvrtega jajca s temnejšo vraščeno cono in svetlejšo obrobno cono.

Mikoplazme imajo razmeroma majhen krožni genom z dvoverižno DNA in nizko vsebnostjo gvanina in citozina (23 do 40 odstotkov). Genom je velik od 0,58 do 1,38 megabaze, kar ima za posledico drastično zmanjšanje biosintetskih sposobnosti in pojasnjuje odvisnost mikoplazem od gostitelja. Število genov, ki so vključeni v popravilne mehanizme genetskega materiala z izrezovanjem in rekombinacijo, so mikoplazme zmanjšale na minimalno raven, ki še omogoča proces podvojevanja DNA in preživetje celice. Kljub minimalnemu genomu imajo mikoplazme številne krajše in daljše ponovitve nukleotidnih zaporedij, ki omogočajo različne tipe rekombinacij in preurejanje genoma. To na videz nepotrebno

Kolonije bakterij
Mycoplasma
synoviae na
agarskem gelu
pri 100-kratni
povečavi.

Foto: Ivanka Cizelj.



zasedanje prostora v genomu se kaže predvsem v antigenski variabilnosti površinskih antigenov. Mikoplazme uporabljajo nadomestni genetski kod, kjer kodon UGA kodira aminokislino triptofan namesto običajnega stop kodona. Kapaciteta genoma je omejena na približno 700 različnih proteinov, kar je le dvakrat toliko, kot je teoretično izračunano število proteinov, potrebnih za delovanje hipotetične minimalne celice. Mikoplazme nimajo genov za sintezo aminokislin, nukleotidov, kofaktorjev, maščobnih kislin in sterolov. Njihov metabolizem je okrnjen. Nimajo Krebsovega cikla in ne kinonov ter citokromov, ki so pomembni za oksidativno fosforilacijo. Za pridobivanje energije in izhodnih spojin za makromolekule se najpogosteje poslužujejo fermentacije sladkorjev, hidrolize arginina ali oksidacije določenih organskih kislin (laktat, piruvat). Mikoplazme od gostitelja pridobijo vse, kar ne morejo sintetizirati same, ker so to sposobnost med evolucijo izgubile. Zaradi tega lahko mikoplazme gojimo v razmerah *in vitro* le na zelo bogatih gojiščih. Počasni napredek raziskav na tem področju je povezan z dejstvom, da za njihovo gojenje potrebujemo posebna gojišča in da jih težko vzgojimo iz kliničnih vzorcev. Da zaustavimo rast po Gramu pozitivnih bakterij, ki bi lahko prerastle mikoplazme, gojišču dodajamo penicilin. Proti njemu so namreč zaradi odsotnosti celične stene mikoplazme odporne.

Mikoplazma, povzročiteljica obolenj

Zaradi svojih posebnosti so mikoplazme zajedavci ali komenzali, ki so se uspešno prilagodili na življenje v različnih življenjskih prostorih, gostiteljih in tkivih. Zajedajo ljudi, vretenčarje in členonožce. Predstavniki rodu *Mycoplasma* naseljujejo površino sluznic dihalnih organov, urogenitalnega trakta, oči, prebavil, mlečne žleze in sklepov vretenčarjev. Za patogene vrste mikoplazem je značilno, da v večini primerov povzročajo kronične oblike bolezni z visoko stopnjo obolenosti in nizko umrljivostjo. Prena-

šajo se preko aerosola, hrane, vode, prahu, žuželk, z neposrednim stikom med gostitelji, z materinim mlekom na mladiče, pri pticah pa tudi preko valilnih jajc. Trditev, da so mikoplazme, ki okužujejo vretenčarje, izključno zunajcelični zajedavci, je bila ovržena leta 1989, ko je Lo odkril celice *Mycoplasma fermentans* v človeških celicah brez fagocitozne aktivnosti. Hipoteza je bila še dodatno potrjena z odkritjem nove mikoplazemske vrste (*Mycoplasma penetrans*), ki lahko prehaja v različne tipe človeških celic. Nekatere vrste lahko na površinah tvorijo biofilm. Ta mehanizem jim omogoča, da se lažje zoperstavijo negativnim vplivom okolja. Mikoplazme ob okužbi povišajo izražanje genov, katerih produkti sodelujejo v poteh apoptoze, povzročijo povišano izločanje dušikovega oksida in citokinov, kar značilno poveča vnetni odziv gostitelja.

Pritrditev na gostitelja in vdor v celico

Izrednega pomena za povzročitev okužbe, preživetje in kolonizacijo gostitelja je pritrditev mikoplazme na gostiteljsko celico. Uspešno kolonizacijo in pripenjanje na površino, kot je na primer sluznica dihal, omogočajo citadhezini, ki so na površini bakterije. Primarna interakcija med gostiteljem in mikoplazemsko celico poteka s površinskimi adhezini mikoplazem, ki so vsidrani v membrano kot lipoproteini. Določene mikoplazme imajo razvit poseben organel za pripenjanje na celice gostitelja. Ta edinstvena struktura je na končnem delu celice in uravnava tako adherenco (sprijetost) kot tudi gibanje mikoplazme. Vendar pa se gibajo in pripenjajo na gostitelja tudi mikoplazme, ki tega organa nimajo. Sposobnost gibanja pospeši in olajša prodor mikoplazemske celice skozi sloj mucina (sluzi) in vstavitve organov za pripenjanje med cilije. Mikoplazemske celice se pripnejo na membrano epitelnih celic v bazi cilij s proteini, ki so povezani z organelom za pripenjanje ali pa so difuzno razporejeni po celotni površini mikoplazemske celice. Odsotnost tr-

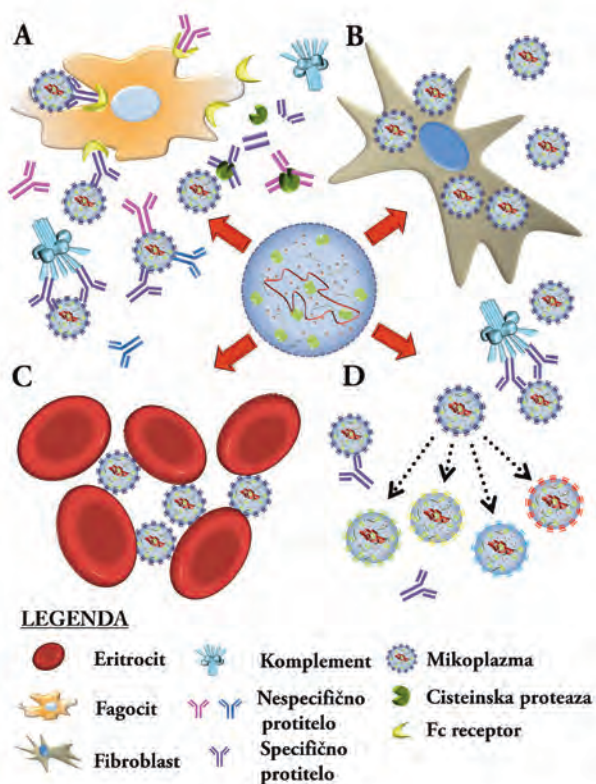
dne celične stene pri mikoplazmah omogoča neposredni stik med membranskimi proteini mikoplazem in gostiteljsko celico, kar lahko pripelje do zlitja z gostiteljsko celico ali vstopa mikoplazme v celico. Podaljšano znotrajcelično preživetje in/ali znotrajcelično razmnoževanje pripomoreta pri kolonizaciji in širjenju mikroba po gostitelju ter narekuje kronični potek bolezni. Invazivnost kokošje mikoplazme (*M. synoviae*) v celicah, ki nimajo fagocitozne aktivnosti, smo v razmerah *in vitro* dokazali pri kokošjih eritrocitih, kokošjih embrionalnih celicah in kokošjih hondrocitih. V vseh treh tipih celic je bilo mogoče najti celice *M. synoviae* prej kot 24 ur po okužbi. V celicah je *M. synoviae* ostala navzoča tudi dalj časa.

Izmikanje imunskemu odgovoru gostitelja

Mikoplazme imajo mehanizem za nastanek antigenskih različic svojih površinskih antigenov, imenovan fazna variacija. Pri njej se hitro spreminja izražanje površinskih antigenov, ki vključuje spremembe aminokislinskega zaporedja in molekulske mase teh antigenov. Pri *M. gallisepticum* in *M. synoviae* so fazni variaciji podvrženi geni družine *vlhA*, ki so se med vrstama prenesli s horizontalnim prenosom. Organizacija in izražanje genov *vlhA* ter nastanek antigenskih različic se pri *M. gallisepticum* in *M. synoviae* raz-

likujejo. *M. gallisepticum* ima 30 do 70 različic gena *vlhA*, ki so organizirani v gruče, večina različic pa je translacijsko kompetentnih. *M. synoviae* pa ima številne psevdogene, ki pokrivajo različne ločene odseke gena *vlhA* in so organizirani v enotno gručo. Pri *M. gallisepticum* se naenkrat prepiše le en gen in na površini mikoplazemske celice se izrazi le ena različica lipoproteinskega hemaglutinina VlhA. Preklapljanje izražanja med različnimi člani genske družine je pospešeno s protitelesi proti izraženemu genu. Izražanje izmenjujočih se genov zagotovi, da imunski sistem ne prepozna antigenskih različic, kar olajša adhezijo mikroba na nove ciljne celice in omogoči kronični potek bolezni.

Čeprav je pri *M. synoviae* zgradba gena za VlhA očitno homologna posameznim genom *vlhA* pri *M. gallisepticum*, so antigen-



Poenostavljeni shematski prikaz procesov v organizmu gostitelja, ki se odvijajo po okužbi z mikoplazmo. A – imunski odgovor gostitelja na vdor mikroba in obramba mikoplazem pred protitelesi; B – vdor mikoplazem v celico, ki nima fagocitozne aktivnosti; C – hemaglutinacija (zlepljanje eritrocitov z adhezini, ki se nahajajo na površini mikoplazemske celice); D – nastanek novih antigenskih različic površinskih antigenov, kot so na primer lipoproteini.

Avtorica slike: Ivanka Cizelj.

ske različice dosežene na drugačen način. *M. synoviae* ima le en popolni gen *vlhA*, v genomu pa so prisotne mnoge delne kopije z variabilno dolžino območja na genu *vlhA*, ki kodira karboksilni konec proteina. Te delne kopije se lahko rekombinirajo na dveh do petih specifičnih mestih na genu, ki se izrazi, in oblikujejo novo, neprepoznavno različico izraženega gena. Predvidevajo, da ta sistem omogoči več kot 500.000 različic. *M. synoviae* izraža variabilni lipoprotein, povezan s hemaglutinacijo, pri katerem pride do posttranslacijskega cepljenja na dva proteina, in sicer na 40 do 50 kDa velik N-konec oziroma MSPB in C-konec oziroma MSPA. MSPA deluje kot hemaglutinin, kar pomeni, da se veže na receptorje na eritrocitih in jih poveže v mrežo. Protitelesa proti MSPA, ki jih ustvari z mikoplazmo okuženi organizem, preprečijo nastanek hemaglutinacijske mreže. MSPB je najpomembnejši antigen. Protitelesa proti MSPB povzročijo, da *M. synoviae* začne izražati MSPB z drugačnimi epitopi.

Odgovor gostitelja na napad

Tesni stik mikoplazme s površino gostiteljske celice lahko sproži kaskado signalov, ki potujejo do jedra celice in vplivajo na izražanje številnih genov v celici gostiteljici. Mikoplazme inducirajo (aktivirajo) številne citokine, ki uspešno vplivajo na številne biološke aktivnosti, kot sta na primer celična delitev in diferenciacija. Pri kolonizaciji tkiv in organov gostitelja mikoplazme povzročijo nastanek specifičnih protiteles, stimulirajo opsonizacijo in fagocitozo, aktivirajo komplement in limfocite T ali B. Toksični metaboliti mikoplazem, kot sta vodikov peroksid in superoksid, pa povzročijo oksidativne poškodbe celičnih membran gostitelja. Raziskave okužb kokoši z *M. gallisepticum* so pokazale, da je kopičenje limfocitov v zgodnji fazi okužbe posledica vpliva mikoplazemskih lipoproteinov na makrofage gostitelja. Ti se odzovejo s sproščanjem zunanjih kemokinov. V poznejši fazi, ko prevla-

dajo celice B, lahko antigenska variacija v lipoproteinih povzroči kronično stimulacijo limfatičnega tkiva. Mikoplazme interagirajo z imunskim sistemom gostitelja, vplivajo na aktivacijo makrofagov in indukcijo citokinov, njihove celične sestavine delujejo kot superantigeni, pogosto kot odziv na okužbo pride do nastanka avtoimunskih reakcij. S procesom antigenske variacije površinskih molekul so se sposobne izogibati imunske-mu odzivu gostitelja.

Napad na obrambne molekule gostitelja

Imunoglobulini G so eden glavnih izotipov protiteles. Najdemo jih v krvi in zunajcelični tekočini. Z vezavo in opsonizacijo patogenega mikroorganizma povečajo njegovo fagocitozo in ščitijo telo pred okužbo. Pri mikoplazmah so odkrili proteine, ki vežejo imunoglobuline G preko Fc dela. Vezanje mikoplazme s tem delom IgG lahko onemogoči njeno vezanje z receptorji Fc na celicah s fagocitotno aktivnostjo, kar preprečuje prepoznavo in uničenje mikoplazemske celice. Kot pomemben virulenčni dejavnik mikoplazem je bila opisana tudi sialidaza. Sialidaze kot virulenčni dejavniki sodelujejo pri pospeševanju mikrobne kolonizacije in invazije tkiva ter poškodbi sializiranih molekul, celičnih površin ali zunajceličnega matriksa gostitelja. Sialidaze delujejo kot razširitveni dejavnik, saj omogočajo nemoteno razmnoževanje bakterije in posledično invazijo gostiteljskega tkiva. Visoka koncentracija sialidaz inaktivira nekatere encime, hormone in serumske glikoproteine. V naših raziskavah smo dokazali, da sevi *M. synoviae*, ki izražajo visoko nevraminidazno aktivnost, iz glikoproteinov kokošjega seruma, trahealne sluzi in imunoglobulinov G odcepljajo strukture, vezane s sialidazno vezjo. Tretji napad na obrambne molekule pa določene vrste mikoplazem izvršijo s proteazami. Naša študija je pokazala, da *M. synoviae* in *M. gallisepticum* sintetizirata cisteinsko proteazo, ki razgradi gostiteljeve imunoglobuline G podobno kot papain na

variabilni in kostantni del. Napad na gostiteljeve imunoglobuline omogoča mikoplazmi daljše preživetje in obstoj v gostitelju. Bolezni, ki jih povzročajo mikoplazme, imajo prav zaradi omenjenih dejstev navadno kronični potek. Zdravljenje je dolgotrajno, uporabljajo pa makrolidne in tetraciklinske antibiotike. Pri ljudeh mikoplazme povzročajo obolenja kože, dihal, sečil in spolnih organov. V zadnjih letih intenzivno preučujejo vlogo mikoplazem pri nastanku rakastih tumorjev, saj znanstveniki pogosto izolirajo mikoplazmo iz tumoroznega tkiva.

Pomembnejši viri:

Browning, G. F., Marenda, M. S., Markham, P. F., Noormohammadi, A. H., Whithear, K. G., 2010: *Mycoplasma*. V: Gyles, C. L., Prescott, J. F., Songer, G., Thoen, C. O., (uredniki): *Pathogenesis of Bacterial Infections in Animals*. 4. izd. Iowa: Wiley-Blackwell. 549-73.

Kleven, S. H., 2003: *Mycoplasma synoviae* infection. V: Saif, Y. M., Barnes, H. J., Glisson, J. R., Fadly, A. M., McDougald, L. R., Swayne, D. E., (uredniki): *Diseases of poultry*. 11. izd. Iowa: State University Press. 756-66.

Noormohammadi, A. H., Markham, P. F., Duffy, M. F., Whithear, K. G., Browning, G. F., 1998: *Multigene families encoding the major hemagglutinins in phylogenetically distinct mycoplasmas*. *Infect Immun*, 66: 3470-3475.

Razin, S., Yogev, D., Naot, Y., 1998: *Molecular biology and pathogenicity of mycoplasmas*. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 62: 1094-1156.

Rottem, S., 2003: *Interaction of mycoplasma with host cells*.

Physiological Reviews, 83: 417-432.

Sirand-Pugnet, P., Lartigue, C., Marenda, M., Jacob, D., Barré, A., Barbe, V., Schenowitz, C., s sod., 2007: *Being pathogenic, plastic, and sexual while living with a nearly minimal bacterial genome*. *PLoS Genetics*, 3: 744-758.

Slovarček manj znanih izrazov:

Antigen. Snov, ki povzroči imunski odziv.

Citadhezin. Molekula, ki se nahaja na celični površini bakterije in omogoča njeno vezavo na celice. Vezava patogene bakterije na površino celic gostitelja je eden glavnih korakov v procesu kolonizacije gostitelja.

Citokini. Beljakovine z majhno molekulsko maso, ki delujejo kot posredniki med elementi imunskega sistema

Epitop. Imenujemo ga tudi antigenska determinanta in je območje v makromolekuli antigena, ki ga protitelesa specifično prepoznajo. Antigen ima lahko enega ali več epitopov.

Hemaglutinacija. Proces, v katerem posebne molekule, imenovane hemaglutinini, z vezavo na receptorje na eritrocitih povzročijo njihovo zlepljanje.

Krebsov cikel. Poznan tudi pod imenom cikel citronske kisline oziroma cikel trikarboksilnih kislin. Je del aerobne metabolne poti, ki je vključena v kemijske spremembe ogljikovih hidratov, maščob in beljakovin v ogljikov dioksid in vodo, nastane pa tudi energija. S Krebsovim ciklom si celica poleg energije zagotovi izhodne spojine za biosintezo aminokislin, porfirinov ter purinskih in pirimidinskih baz za nukleotide.

Opsonizacija. Proces, v katerem molekule imunskega sistema (na primer protiteles, molekule komplemента) prekrijejo površino tujka in s tem pospešijo proces fagocitoze.

Sialidaza. Encim, ki sodeluje v katabolizmu sialične kisline. Omogoča hidrolizo glikozidne vezi med sialično kislino in sladkorjem, na katerega je vezana. Pri mikoplazmah pa je tudi eden izmed glavnih virulentnih dejavnikov.



Ivanka Cizelj je diplomirala na Veterinarski fakulteti. Svoj študij je nadaljevala kot mlada raziskovalka na področju mikoplazmologije na Biotehniški fakulteti in leta 2011 doktorirala iz biokemije in molekularne biologije. Trenutno je zaposlena na Biotehniški fakulteti, kjer se med drugim posveča tudi študiju mehanizmov patogenega delovanja mikoplazem. Svojo ljubezen do narave povezuje s potovanji v daljnje dežele.



Saša Kastelic je leta 2011 diplomirala iz biotehnologije na Biotehniški fakulteti v Ljubljani. V sklopu svojega podiplomskega študija preučuje mehanizme patogenega delovanja pasjih mikoplazem s poudarkom na raziskavah hemaglutininov in nevraminidaz. Prosti čas najraje preživlja v naravi ali pa ustvarja izdelke iz fimomase.

Fitoplazme ali življenje na genskem minimumu

Marina Dermastia

Prvi dokumentirani dokazi o fitoplazmah segajo v čas kitajskih vladarjev iz dinastije Song, ki so vladali od leta 960 do leta 1279 po našem štetju. Ti so bili veliki ljubitelji cvetja, še posebej radi so imeli potonike. Med njimi so najbolj občudovali tiste z nežno zelenimi cvetovi, ne pa tistih bolj pogostih z rdečimi cvetovi. Novejšega datuma so božične zvezde (*Euphorbia pulcherrima*), ki so nepogrešljivi sestavni del božičnih cvetličnih aranžmajev. V času prvih poročil o teh rastlinah - po prihodu Špancev v Mehiko - so jih Azteki pod imenom cuetlaxochitl uporabljali za različne stvari - iz njihovega soka so pripravljali zdravila proti vročini, iz njihovih ovršnih listov pa rdeče barvilo. Rastlino je zadnji azteški kralj Montezuma kot »darilo bogov« gojil na svojih vrtovih, saj je bila v tistih časih prevelika, da bi jo lahko občudoval v lončkih v notranjih prostorih. Današnja podoba, ki se zelo razlikuje od podobe divjih sorodnikov v Mehiki, je poznana od dvajsetih let 20. stoletja dalje.

Takrat so žlahtnitelji rastlin odkrili novo varieteto božične zvezde, ki je imela veliko cvetov in bila dovolj nizka, da so jo lahko postavili na mizo. Težava je bila, da takih rastlin niso znali dalje vzgajati iz semen. Edini način za proizvodnjo nizkih, gostih božičnih zvezd je bilo cepljenje, s cepiči, pridobljenimi iz nizke rastline. Gojitelji so vedeli, da je skrivnost njihove razrasti skrita v floemskem soku cepiča, razložiti pa jo niso znali.

Zeleno cvetoče potonike in pritlikave božične zvezde so okužene s fitoplazmami

Skrivnost nizko rastočih božičnih zvezd je bila pojasnjena šele v poznih devetdesetih letih prejšnjega stoletja, ko so znanstveniki ugotovili, da so te neobičajno rastoče rastline okužene z zelo posebnimi bakterijami – fitoplazmami. Same fitoplazme pa so bile kot povzročiteljice številnih bolezni rastlin, imenovanih rumenice, prepoznane kakšnih 30 let prej. Glede na podobnost bolezenskih



Divja božična zvezda.

Foto: Tom Turk.



Božična zvezda, okužena s fitoplazmami. Foto: Manca Pirc.

znamenj in odsotnost tipičnih znamenj bakterijskih ali glivnih okužb so bili do takrat raziskovalci prepričani, da rumenice povzročajo virusi.

Fitoplazme, ki spreminjajo rdeče cvetove potonik v zelene in božične zvezde iz velikih razpotegnjenih grmastih vej z redkimi cvetovi v gosto cvetoče nizke grmičke, pa le redko povzročijo nam všečne spremembe na rastlinah. Večinoma povzročajo hude rastlinske bolezni in grozijo številnim prehranskim in okrasnim rastlinam po vsem svetu. Ker porušijo normalno delovanje rastlinskih rastnih regulatorjev, to vodi do bolezenskih znamenj, kot sta pritlikavost in metlasta razrast, izraženi v božičnih zvezdah. Na različnih rastlinah pa povzročajo tudi razvoj listom podobnih struktur namesto cvetov, propadanje cvetov in posledično odsotnost pridelka, neolesenevanje, zavrto fotosintezo, kopičenje sladkorjev v listih in drugo.

Mikoplazmam podobni organizmi

Zaradi morfološke podobnosti so ob odkritju fitoplazme poimenovali *mikoplazmam podobni organizmi*. Obe skupini organizmov sta, kot bakterije, pozitivne po Gramu in brez celične stene, uvrščeni v monofiletski razred *Mollicutes*. Za razliko od mikopla-

zem, ki so patogeni na živalih in ljudeh, fitoplazme povzročajo bolezni le na rastlinah. Za zdaj so bili neuspešni vsi poskusi, da bi jih gojili v razmerah *in vitro*, kar je eden od glavnih razlogov, da je njihovo raziskovanje zelo težavno in vezano na preučevanje okuženih gostiteljev ter da je posledično naše znanje o teh organizmih zelo omejeno. Njihov skrivnostni položaj med prokarioti smo razrešili šele z razvojem in aplikacijami sodobnih molekularnih tehnologij. To je vodilo tudi do uvedbe trivialnega imena »fitoplazma« in končno do opisa novega taksona kot začasno vrsto ali '*Candidatus Phytoplasma*'. Znotraj *Mollicutes* so fitoplazme najbolj sorodne rodu *Acholeplasma*. Njun skupni prednik naj bi se od ostalih molikotov ločil že zelo zgodaj. Ločitvi naj bi sledili manjšanje genoma in izguba celične stene. Fitoplazme imajo danes eno najmanjših celic, z enim najmanjših znanih genomov, od 530 do 1350 kb. V njem ni genov za sintezo številnih spojin, vključenih v različne presnovne poti. Vse te snovi morajo fitoplazme dobiti od svojih gostiteljev.

Majhen genom je povezan z gostiteljevim okoljem

Če želimo razumeti prilagoditve fitoplazemskega genoma in njegovo zmanjševanje,

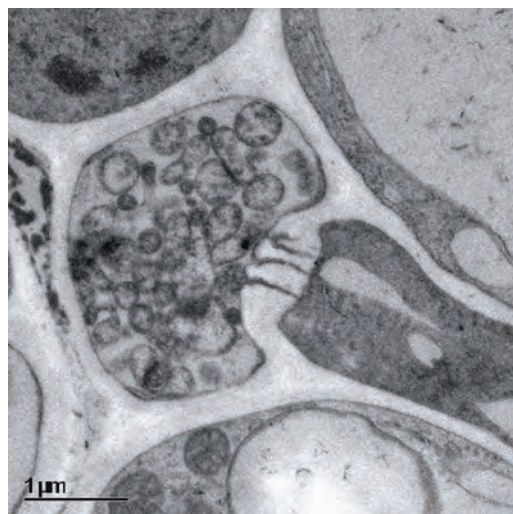
moramo najprej razumeti okolje fitoplazemskega gostitelja. Fitoplazme v rastlinah živijo skoraj izključno v soku floema – sistema za transport proizvodov fotosinteze po rastlinskem telesu. Takšno okolje fitoplazmi nudi odlične razmere za življenje in širjenje po gostiteljski rastlini. Fitoplazme so dovolj majhne, da se lahko premikajo skozi sitaste pore, ki povezujejo posamezne prevodne celice v floemu. Po floemu se premikajo pasivno, skupaj s floemskim sokom. Floemski sok je pod visokim hidrostatskim tlakom in je bogat s hranili. Po sestavi se razlikuje glede na rastlinsko vrsto, a vedno vsebuje velike količine ogljikovih hidratov. Najpogostejša je po navadi saharoza, poleg nje pa so v floemskem soku še glukoza, fruktoza, različni oligosaharidi in sladkorni alkoholi, kot sta manitol in sorbitol. V njem so tudi minerali, beljakovine, aminokisline, rastlinski rastni regulatorji citokinini, avksini, abscizinska kislina, giberelini, jasmonati in metilsalicilati ter ATP in majhne RNA. Fitoplazme na neokužene rastline prenašajo žuželčji prenašalci, ki se s hranijo s floem-

skim sokom okuženih rastlin, predvsem so to bolšice in škržatki iz reda Hemiptera. Pri hranjenju sprejmejo iz floemskega soka tudi fitoplazme, ki se nato pomnožujejo v hemolimfi žuželke. Zanimivo je, da je koncentracija organskih snovi v hemolimfi podobno visoka kot v floemskem soku. Glavni sladkor v hemolimfi je trehaloza, katere koncentracija je v korelaciji s količino saharoze v gostiteljski rastlini. Ko se taka žuželka hrani na zdravi rastlini, prenese fitoplazme v njen floemski sok in rastlina tako postane okužena.

Zaradi minimalne velikosti genoma so fitoplazme najenostavnejše znane samopodvajoče se oblike življenja, nekje na meji med celičnimi organizmi in virusi. Omejitev pri hitrosti njihove evolucije predstavlja dejstvo, da imajo gostitelje v dveh kraljestvih organizmov. Iz štirih fitoplazemskih genomov, katerih nukleotidna zaporedja so znana, sklepamo, da so fitoplazme svoje genske pomanjkljivosti nadomestile s horizontalnim prenosom genov iz drugih kraljestev, preurejanjem DNA in rekombinacijo med kro-

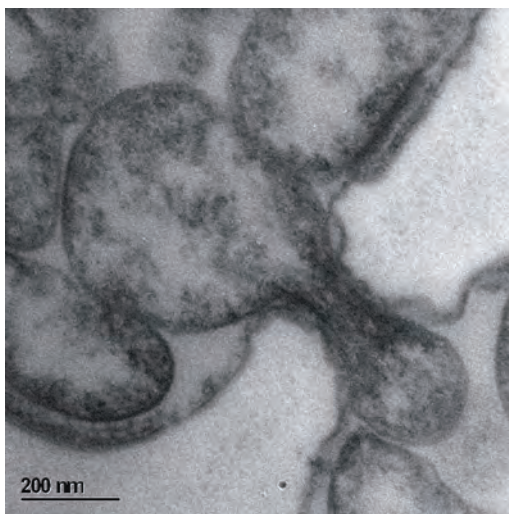
Fitoplazme v notranjosti celic madagaskarskega zimzelena (Catharanthus roseus). Slika je posneta s transmijskim elektronskim mikroskopom.

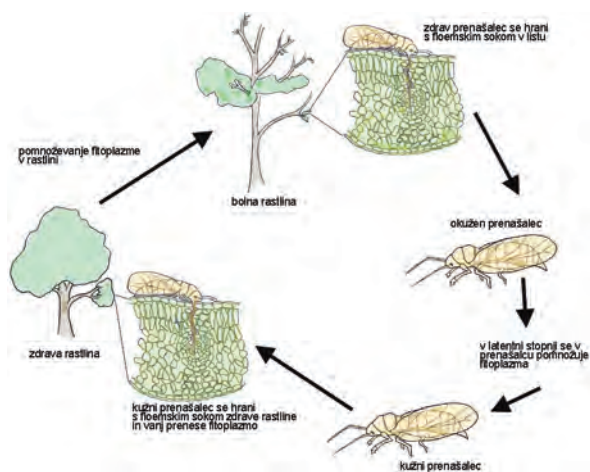
Foto: Magda Tušek Žnidarič.



Fitoplazma v sitasti pori med dvema celicama floema madagaskarskega zimzelena (Catharanthus roseus). Slika je posneta s transmijskim elektronskim mikroskopom.

Foto: Magda Tušek Žnidarič.





Okuževalni krog fitoplazme (prirejeno po Christensen s sod., 2005).

mosomom in zunajkromosomskimi elementi – plazmidi. Tako kot pri drugih molikutih je tudi večina znanih genomov fitoplazem organizirana v krožne kromosome. Izjema so fitoplazme is skupine metličavosti jablan, katerih kromosomi so linearni. Od kod ta neobičajna organizacija bakterijskih kromosomov, ni jasno; znanstveniki domnevajo, da naj bi imela virusni izvor. Vključenost različnih virusnih nukleotidnih zaporedij v fitoplazemske genome tudi drugače ni neobičajna. V fitoplazemskih genomih so pogosti plazmidi. Za nekatere seve fitoplazem so že pokazali, da imajo njihovi plazmidi vpliv na prenos s prenašalci. V do sedaj poznanih genomih fitoplazem so našli tudi tako imenovane potencialne mobilne enote, ki imajo velik vpliv na podvojitve posameznih delov genoma in naj bi prispevale h genetski variabilnosti fitoplazem. Pred kratkim so odkrili, da te enote lahko oblikujejo tudi zunajkromosomske elemente, ki se pomnožujejo in nato ponovno povežejo v fitoplazemski genom. Pri nekaterih sevih fitoplazem, kot so nekateri sevi '*Ca. P. asteris*', naj bi bilo kar 65 do 70 odstotkov beljakovin kodiranih na teh mobilnih enotah. Na drugi strani je takih genov pri fitoplazmi '*Ca. P. mali*', ki povzroča metličavost jablan, le 4 odstotke. Fitoplazme kot obligatni zajedavci nimajo številnih genov, za katere velja, da so nujni

za celično presnovo in jih imajo prosto živeče bakterije. Nimajo genov za sintezo aminokislin, maščobnih kislin in nukleotidov. Vse te snovi mora fitoplazma sprejeti z membranskimi transportnimi procesi. Za razliko od drugih bakterij, pozitivnih po Gramu, imajo fitoplazme tako zelo veliko pomembnih membranskih transporterjev. Izjemno nenavadna je odsotnost beljakovine, za katero velja, da je nujna za celično delitev. Kako se lahko fitoplazemska celica deli brez te beljakovine, za enkrat še ni pojasnjeno. Fitoplazemski geni kodirajo vse encime, nujne za glikolizo, vendar pa nimajo tistih, ki so nujni za fosforilacijo sladkorjev, ki v glikolizo vstopijo.

»Za vse naj bi bil kriv ameriški škvržatek«

V Sloveniji v zadnjih letih povzroča največjo gospodarsko škodo fitoplazma, ki nima niti še začasnega znanstvenega imena, tako da jo imenujemo kar povzročiteljica zlate trsne rumenice ali v francoskem izvirniku *flavescence dorée* (FDf). FDf je na karantenskem seznamu Evropske unije, kar pomeni, da za njeno zatiranje veljajo posebno stroga pravila. Zlata trsna rumenica se je pojavila v petdesetih letih prejšnjega stoletja v vinogradih zahodne Francije. Bolezen se je pojavila hkrati z ameriškim škvržatkom (*Scaphoideus titanus* Ball), ki so ga skupaj z divjimi trtami, namenjenimi za nove podlage, nenamerno uvozili v Evropo iz Združenih držav Amerike. Sočasnost dogodkov je raziskave te fitoplazemske bolezni upočasnili kar za 50 let, saj so znanstveniki poskušali pojasniti le povezavo med to žuželko in fitoplazmo, kar pa jih je vodilo v slepo ulico. Ameriški škvržatek je monofagna vrsta na

vinski trti, kar pomeni, da se hrani izključno s floemskim sokom te rastline. Hitro širjenje bolezni po južnem delu Evrope in njene posledice so nakazovale, da okuženi škržatki morda le niso edini vir okužbe. K postopnemu razvozlavanju uganke so veliko prispevale tudi molekulske analize sevov fitoplazme, ki se niso povsem ujemale s predvidenim širjenjem prenašalca in pojavom bolezni v različnih državah. Znanstveniki so začeli upravičeno domnevati, da mora obstajati še dodatni vir okužbe. Raziskave je končno pospešilo odkritje, da v Ameriki te fitoplazme ni, kar je bil dokaz, da se je moral ameriški škržatek s FDF okužiti po prihodu v Evropo. Danes imamo kar veliko dokazov, da so najpomembnejši naravni vir te fitoplazme jelše (*Alnus* sp.). Po Evropi, vključno s Slovenijo, je okuženost jelš s FDF več kot 80-odstotna. V jelšah pa je okužba prikrita, tako da drevesa ne kažejo pravnobnih bolezenskih znamenj. Drugi že potrjeni vir okužbe s FDF je navadni srobot

(*Clematis vitalba*). Zanimivo je, da sta obe divji rastlini okuženi z različnimi sevi FDF. In kako naj bi FDF prišla z divjih rastlin na vinsko trto? Ta korak je še nejasen, imamo pa na zalogi nekaj možnih scenarijev. Dokaže zanje dobivamo z odkrivanjem različnih polifagnih žuželk, ki so okužene z različnimi sevi FDF. Te naj bi se hranile z okuženim floemskim sokom jelš ali srobotov, zelo redko in naključno tudi na vinski trti. Ob takih naključnih dogodkih bi lahko prišlo do prenosa fitoplazme na vinsko trto. Če je v bližini rastline ameriški škržatek, se lahko ob hranjenju okuži. Ker se hrani le na vinski trti, lahko fitoplazmo razširi na sosednje rastline v vinogradu. Če je v njem veliko škržatkov, pa je širitev bolezni le še vprašanje časa. Danes vemo, da je ta čas lahko

Vinograd, zasajen s sorto vinske trte refošk, zelo okužen s FDF. Rdečenje listov je značilno za rdeče sorte, pri belih se pojavlja rumenenje. Foto: Maja Ravnikar.





Značilna znamenja na vinski trti sorte refošk, okuženi s FDF: rdečenje listov, ki se ukrivljajo navzdol, krhkost listov zaradi kopičenja sladkorjev in odganjanje novih poganjkov pozno v rastni sezoni. Foto: Maja Ravnikar.

Vzhodnjaški škržatek (*Orientus ishidae* Matsumura 1902).

Foto: Maja Ravnikar.

do tri leta, saj je koncentracija fitoplazem v rastlini zelo nizka in je potrebno nekaj časa, da se namnožijo do mere, pri kateri se pojavijo bolezenska znamenja.

Nacionalni inštitut za biologijo je s strani Uprave Republike Slovenije za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin pri Ministrstvu za kmetijstvo in okolje pooblaščen za molekularno diagnostiko fitoplazem. V okviru tega pooblastila smo leta 2005 zaznali prvi pojav FDF v vinogradu na Koprskem in od takrat dalje sledimo širitvi bolezni, prav tako pa raziskujemo tudi njene vzroke. Našli smo žuželko – vzhodnjaškega škržatka (*Orientus ishidae* Matsumura 1902), v katerem je delež okužbe zelo velik in bi bil lahko potencialni prenašalec FDF z jelše na trto. Vrsta je novinka v Evropi; prvič so jo opisali v Švici leta 2002, v Sloveniji pa dve leti kasneje. Od takrat je pri nas splošno razširjena.

Poleg vzhodnjaškega škržatka so po Evropi našli še nekaj drugih potencialnih prenašalcev, vendar za nobenega od njih prenos v naravi še ni bil nedvoumno potrjen. Prav tako se povečuje seznam okuženih rastlin, vendar tudi zanje ni dokazano, do so zares novi viri okužbe.



»Čarovniške metle« niso zdrav okras sadnega drevja

V Sloveniji so kot povzročiteljice bolezni pomembne tudi tri fitoplazme iz skupine metličavosti jablan: '*Ca. P. mali*', ki povzroča metličavost jablan, '*Ca. P. pyri*', ki povzroča propadanje hrušk, in '*Ca. P. prunorum*', ki povzroča leptonekrozo koščičarjev ali ESFY (European stone fruit yellows). Predvsem slednja v veliki meri otežuje pridelavo marelic.

Pogled v prihodnost

Po dolgih desetletjih tavanja v temi so nam fitoplazme končno začele odkrivati nekatere od svojih skrivnosti, ki nam bodo pomagale varovati naše kmetijske posevke in drevesa pred boleznimi, ki jih povzročajo. Nedvomno se svet segreva, kar med drugim pomeni tudi širjenje območja žuželk prenašalk kot tudi potencialnih gostiteljskih rastlin na območja, kjer jih še pred kratkim ni bilo. Njihovo širjenje je lahko povezano tudi s širjenjem bolezni. Celo če bi o fitoplazmah vedeli kaj več, že danes ugotavljamo, da tradicionalni ukrepi zaščite, kot sta škropljenje proti prenašalcem in uničevanje okuženih poljščin ali okuženih izvornih rastlin, delujejo zelo omejeno. Različni znanstveniki se tako poslužujejo različnih strategij v boju s fitoplazmami. Nekateri poskušajo vzgojiti odporne rastline, drugi take, ki ne bi bile užitne za žuželke prenašalke. Spet tretji poskušajo okuževati rastline z milimi sevi fitoplazem, ki naj bi rastlino varovali pred bolj agresivnimi. Možni pristop vključuje tudi okužbe z nepatogenimi bakterijami, ki naj bi znotraj žuželke tekmovali s fitoplazmami, ali alternativne načine nadzora prenašalcev. Upanje danes vzbujajo tudi tehnologije določanja nukleotidnih zaporedij z novimi, učinkovitejšimi, hitrejšimi in predvsem cenejšimi določanja nukleotidnih zaporedij in z njimi določitev večjega števila fitoplazemskih genomov. Z njimi naj bi odkrili nove ključne interakcije med gostiteljskimi beljakovinami in fitoplazemskimi virulenč-

nimi molekulami. S številnimi projekti se v mednarodno mrežo raziskovalcev fitoplazem uspešno vključujemo tudi raziskovalci Nacionalnega inštituta za biologijo. Prav v mozaik razumevanja delovanja fitoplazem na vinski trti in na sadnem drevju smo prispevali že nekaj pomembnih kamenčkov. Na podlagi novih znanj bomo lahko bolje razumeli te zanimive organizme in tudi oblikovali nove strategije njihovega nadzora.

Vir:

- Christensen, N. M., Axelsen, K. B., Nicolaisen, M., Schulz, A., 2005: *Phytoplasmas and their interactions with hosts. Trends in Plant Science*, 10: 526-535.
- Bertaccini, A., Duduk, B., 2009: *Phytoplasma and phytoplasma diseases: a review of recent research. Phytopathologia Mediterranea*, 48: 355-378.
- Kube, M., Mitrovic, J., Duduk, B., Rabus, R., Seemüller, E., 2012: *Current View on Phytoplasma Genomes and Encoded Metabolism. The Scientific World Journal*: doi:10.1100/2012/185942.
- Mehle, N., Ravnikar, M., Seljak, G., Knapčič, V., Dermastia, M., 2011: *The most widespread phytoplasmas, vectors and measures for disease control in Slovenia. Phytopathogenic Mollicutes*, 1 (2): 65-76.
- Mehle, N., Seljak, G., Rupar, M., Ravnikar, M., Dermastia, M., 2010: *The first detection of a phytoplasma from the 16SrV (Elm yellows) group in the mosaic leafhopper Orientus ishidae. New Disease Reports*, 22: doi: 10.5197/j.2044-0588.2010.022.011.
- Nikolić, P., Mehle, N., Gruden, K., Ravnikar, M., Dermastia, M., 2010: *A panel of real-time PCR assays for specific detection of three phytoplasmas from the apple proliferation group. Molecular and Cellular Probes*, 24: 303-309.
- Prezelj, N., Nikolić, P., Gruden, K., Ravnikar, M., Dermastia, M., 2013: *Spatiotemporal distribution of flavescence dorée phytoplasma in grapevine. Plant Pathology*, 62 (4): 760-766.

Zdravljenje skolioze v odrasli dobi brez operacije. 2. del: Razprava

Andrej Gogala

Ob razmeroma uspešnem zdravljenju hude skolioze v odrasli dobi se zastavlja vprašanje, kaj mojo terapijo loči od uveljavljenih metod. Najpomembnejša razlika je v steznikovem stalnem rahlem stiskanju prsnega koša. Prepričan sem, da je pomembno tudi ustvarjanje ledvene lordoze, torej pravilne hrbtenične ukrivljenosti naprej v pasu. V ta namen sem nekoliko prilagodil steznik. Spodnji konec prednjih kovinskih opornikov s sponkami sem ukrivil nazaj. S tem sem povzročil, da se je medenica nagnila naprej in ledvena lordoza povečala, zmanjšal pa se je pritisk na trebuh.

Občutek objemanja, ki nam ga daje steznik, je prijeten. Nikakor ga ni treba preveč zategovati. Če nas začne tiščati, moramo popustiti oprijem z zrahljanjem vezalke na hrbtu. Ta nam omogoča, da stalno prilagajamo steznik svojemu telesu. Telo se spreminja s polnjenjem in praznjenjem želodca ter stopnjo hidriranosti.

Steznik iz blaga sicer objema vse telo, vendar najmočnejše pritiska na najbolj izpostavljene kote reber in jih potiska navznoter. Ker steznik z enako silo pritiska na rebra tudi z druge strani, rebra počasi dobivajo bolj zaobljeno, pravilno obliko. Tako se zmanjšuje deformiranost prsnega koša. Ker

pa steznik nima praznih prostorov, kamor bi se lahko prsni koš širil, moramo zdravljenje s steznikom iz blaga prekinjati. Ploski hrbet pogosto spremlja skoliozo (Negrini in sod., 2012). Ima enake pomanjkljivosti kot plosko stopalo, ne omogoča prožnosti. Hrbtenica mora biti rahlo ujeta,



V pogledu z leve strani (posneto 1. novembra leta 2012) je dobro vidna vzpostavljena ledvena lordoza. Manjša slika na desni, posneta avgusta leta 2009 (foto: M. Maher), prikazuje presenetljivo razliko v velikosti grbe in nagnjenosti hrbtne ravnine. Ker ledvene lordoze ni bilo, je glava pomaknjena naprej, kar obremenjuje hrbtne mišice.



Van Winklov steznik iz blaga za zdravljenje prsno-ledvene skolioze. Dodani trakovi skrbijo za boljši položaj ramenskega obroča. Albee, 1919.

zato je ustvarjanje pravilne ledvene lordoze tako pomembno. Ko je hrbtenica uvita v trebušno-hrbtni ravnini, se uvitost vstran lahko zmanjša (van Loon in sod., 2008). Pri ljudeh brez lordozne krivine glava ne stoji nad medenico, temveč pred njo, težišče zunaj telesne osi pa povzroči preobremenitev hrbtnih mišic, kar povzroča bolečine. Danes se zdi nerazumljivo, da so s prvimi stezniki tipa Milwaukee zmanjševali lordozo (Fays-soux in sod., 2010). Steznik TLI (Torakolumbalna lordozna intervencija), ki je soome- ren in vzpostavlja lordozo, sedaj preizkušajo na Nizozemskem za zdravljenje adolescen- tne skolioze (van Loon in sod., 2012).

A. Negrini in sod. (2008) so dokazali, da je z vajami mogoče doseči pomembno izboljša- vo skolioze pri odraslih. Prepričan sem, da je bila nošnja nahrbtnika s fotografsko opre- mo na mojih pohodih po naravi za zdravlje- nje skolioze enako pomembna kot nošnja steznika, ki oblikuje prsni koš. Nošnja na-

hrbtnika povzroča krepitev hrbtnih mišic, ki podpirajo hrbtenico, da stoji pokonci. Poleg tega naramnice prisiljujejo ramena, da so med nošnjo nahrbtnika na isti višini. Ko sem začel hoditi na pohode brez steznika, me je začela boleti mišica na levi (vbočeni) strani hrbta, ki je zaradi skolioze skrajšana. Vendar sem vztrajal. Če je bila bolečina hu- da, sem malo počival in nato odšel naprej. Ko se je mišica okrepila, se bolečina ni več pojavljala.

Kadar se hrbtenica zaradi nesomerne drže ukrivi vstran, mišice hrbta na izbočeni stra- ni, ki se raztegnejo, povzročijo obračanje vretenc in reber (Brodhurst, 1855). Rebra potegnejo nazaj in ustvarijo grbo. Ta razla- ga rotacije prsnega koša je danes pozablje- na, vendar več dejstev govori njej v prid. Hrbtne mišice so še bolj nategnjene, ko se sklonimo naprej, zato se grba poveča in je vidna tudi ob majhni ukrivljenosti. Merjenje nagnjenosti hrbta ob predklonu je že dol- go preizkus prisotnosti skolioze, imenovan Adamsov test. Trnasti odrastki, ki služijo pritrjevanju mišic in vezi, so pri zaobrnjenih vretencih ukrivljeni na vbočeno stran, kar je jasen znak dolgotrajne obremenitve. Po- vezani so z mišicami, medtem ko se telesa vretenc lažje odklonijo od telesne osi. De- rotacijo in zmanjšanje grbe lahko dosežejo mišice na vbočeni strani hrbta, če so dovolj krepke. To dejstvo izrabljajo fizioterapevti, ko izboljšujejo držo skolioznih bolnikov. Ob ponavljajoči nesomerni obremenjenosti pa se vretenca in rebra preoblikujejo, kar otežu- je ali onemogoča vrnitev na začetno stanje (Hawes in O'Brien, 2006).

Preoblikovanje vretenc in reber v procesu kostnega preoblikovanja uravnava več hor- monov. Med njimi je melatonin, ki ga po-



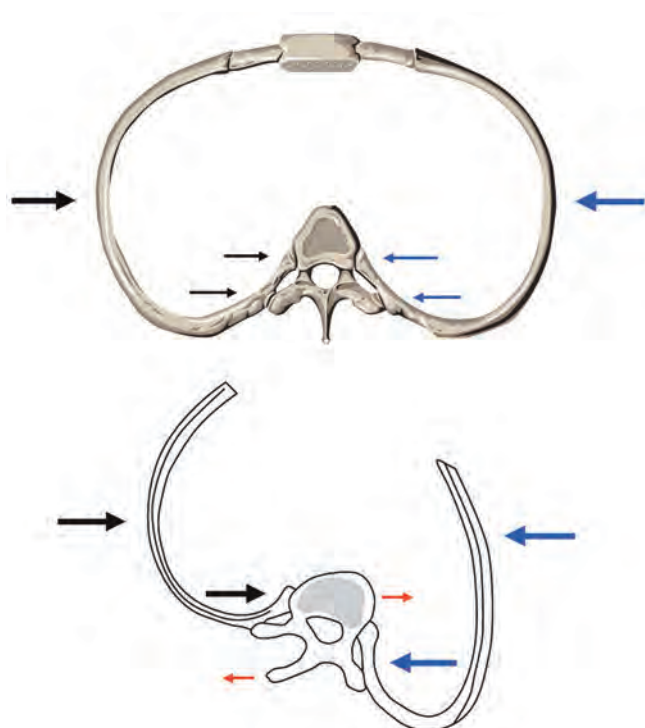
Brodhurstova naprava za zdravljenje skolioze pritiska na izbočeno stran in dviguje ramo na vbočeni strani telesa (Brodhurst, 1855).

noči izloča žleza česarika. Pri piščancih in podganah z uničeno česariko se je razvila skolioza, kar pa je preprečil vnos melatonina (Acaroglu in sod., 2012). Predvidevali so, da je lahko pomanjkanje melatonina vzrok idiopatske skolioze tudi pri ljudeh. Toda tovrstnega pomanjkanja pri skolioznih bolnikih večinoma niso opazili (Brodner in sod., 2000). Oslabljeni so lahko receptorji melatonina (Man in sod., 2011). Melatonin zavira preoblikovanje kosti, ker preprečuje njihovo razgradnjo (Histing in sod., 2012). Ob pomanjkanju melatonina se preoblikovanje kosti pospeši. Med slabo držo, ko so kosti nesomerno obremenjene, se skolioza razvije pri otrocih s hitro kostno presnovo. Izločanje melatonina ustavijo svetloba in magnetna polja. Da bi preprečili skoliozo, bi morali otroci dovolj dolgo spati v temni sobi z izključenimi elektronskimi napravami. Prehodno pomanjkanje melatonina je povezano s povečevanjem ukrivljenosti in

dodajanje melatonina pred spanjem lahko to prepreči (Machida in sod., 2009).

Med hormoni, osumljenimi vloge v razvoju skolioze, je tudi leptin, ki ga izloča maščobno tkivo. Dekleta imajo večinoma večjo vsebnost leptina kot fantje, saj imajo več maščobnega tkiva. Odlaganje maščob namreč spodbuja ženski spolni hormon estradiol (Burwell in sod., 2009). To bi lahko bil razlog, da je adolescentna skolioza veliko pogostejša pri dekletih. Pri miših brez sprednjih nog, ki so prisiljene hoditi po dveh, je leptin povečal pogostnost skolioze (Wu in sod., 2012). Pri dekletih z adolescentno skoliozo so opazili manjšo vsebnost leptina v krvi, a povečan učinek leptina v možganih. Leptin ne vpliva na kosti neposredno, temveč v možganih zavira tvorbo in izločanje živčnega prenašalca serotonina (Yadav in sod., 2009). Posledice manjšega izločanja serotonina so zmanjšan tek, zmanjšana samozavest oziroma občutek varnosti in povečana dejavnost simpatičnega živčevja, ki izloča noradrenalin. Ta preprečuje večanje kostne mase oziroma zavira drugi del kostnega preoblikovanja, tvorbo novega kostnega tkiva. Posledica dejavnosti simpatičnega živčevja je lahek skelet z dolgimi udi, kakršen prevladuje pri dekletih z adolescentno skoliozo. Na raven serotonina v možganih seveda ne vpliva le leptin. Negotovost po postavitvi diagnoze in način zdravljenja skolioze lahko močno zmanjšata samozavest mladostnika, zato se poveča dejavnost simpatičnega živčevja, kar lahko še pospeši krivljenje hrbtenice. Med zdravljenjem potrebuje mladostnik strokovno podporo (Tavernaro in sod., 2012). Ta mu daje občutek varnosti, ali z drugimi besedami, povečuje dejavnost serotoninskih nevronov v možganih, ki zavirajo tudi zaznavanje bolečine.

Pomanjkljivost plastičnih steznikov, ki hrbet imobilizirajo, je atrofija hrbtnih mišic, ki zaradi stalne podpore steznika oslabijo. Tog steznik sicer zmanjša ukrivljenost hrbtenice, toda takoj, ko prenehamo z nošnjo steznika, se krivina spet poveča. Oslabljene



Rebra somernega prsnega koša učvrščajo vretenca in ravnaajo hrbtenico (zgoraj). Pri rotiranem prsnem košu (spodaj) pa sile reber vretenca obračajo in ne morejo preprečiti krivljenja hrbtenice vstran.

mišice namreč ne morejo držati hrbtenice v zravnem položaju. Pregled, ki so ga pripravili Fusco in sod. (2011), kaže, da lahko telesne vaje izboljšajo krivino, moč, gibljivost in ravnovesje bolnikov z adolescentno idiopatsko skoliozo.

Otroci s skoliozo, ki je posledica oslabelega živčevja, imajo slabotne mišice tudi brez steznika. V Veliki Britaniji jih zdravijo s pome-ri narejenimi oblekami (kombinezoni) iz tkanine Lycra s prednapetimi elastičnimi ojačitvenimi vstiki, ki derotirajo trup in bolnika vodijo v pravilno držo (Matthews in Crawford, 2006). Obleke preizkušajo tudi pri blagih primerih idiopatske skolioze. Čeprav so se stezniki iz blaga v 19. in prvi polovici 20. stoletja ponekod uporabljali za zdravljenje skolioze, niso pridobili simpatij pri vodilnih zdravnikih svojega časa. Albee (1919) sicer objavlja sliko steznika iz blaga za zdravljenje skolioze, vendar ga priporoča le za imobilizacijo po operaciji hrbtenice. Zdravniki so namreč nošnjo steznikov

pri mladih dekletih višjih družbenih slojev navajali za enega glavnih vzrokov nastanka skolioze, ker povzroča atrofijo mišic. Absurdno je, da so namesto steznikov iz blaga uvajali zdravljenje z mavčnimi ovoji in togimi stezniki, ki mišice ravno tako, če ne še bolj, oslabijo.

Toge steznike je za zdravljenje skolioze prvi uporabljal Ambroise Paré (1510–1590). Izdelani so bili iz kovine. Med drugim je zapisal, da opore ne pomagajo, potem ko skelet dozori in se rast ustavi (Fayssoux in sod., 2010). Tej njegovi trditvi so redko oporekali. Brodhurst (1855) opisuje in s slikami prikazuje dokaj uspešno zdravljenje 18 let starega dekleta s svojim opornim pripomočkom, ki je predhodnik današnjih togih steznikov in je deloval na enak način. Pritiskal je na konvexsko stran krivine in dvigoval ramo na konkavni strani, tako kot sodobni Chêneaujev steznik iz plastike. Z raztezanjem in masažo so Brooks, Krupinski in Hawes (2009) razširili prsni koš

in zmanjšali prsno krivino odrasle bolnice z idiopatsko skoliozo. Negrini in sod. (2008) sklepajo, da je izboljšanje skolioze pri njihovi odrasli pacientki posledica odprave poslabšanja drže, brez sprememb v strukturi kosti. O učinkovitosti kombinacije vaj in nošenja opore pri odraslih bolnikih s skoliozo poroča Papadopoulos (2013).

Opisano zdravljenje hude skolioze zanika uveljavljeno prepričanje, da pri odraslih s stezniki ni mogoče doseči izboljšanja stanja. Pravzaprav naj bi to veljalo tudi za večino mladostnikov v dobi rasti. Navodila društva SOSORT za zdravljenje idiopatske skolioze iz leta 2011 (Negrini in sod. 2012) navaja, da za cilj zdravljenja s stezniki zaustavitev napredovanja krivine med puberteto (ali zmanjšanje, če je možno). Z uporabo steznika iz blaga, manipulacijo in fizioterapijo pa lahko dosežemo izvitje prsnega koša, kar prepreči nadaljnje slabšanje skolioze. Hrbtenica se ne bi mogla kriviti v stran, če se ji rebra ne bi umikala v procesu obračanja prsnega koša. Po derotaciji rebra hrbtenico podprejo in preprečijo nadaljnje krivljenje, delujejo kot podporni tramovi. Tako se morda izognemo operacijam, ki imajo lahko škodljive zaplete zaradi operacije same ali spojitve vretenc.

Uspešno zdravljenje enega primera ne pomeni, da lahko vedno pričakujemo enak uspeh. Toda že eno samo uspešno zdravljenje odraslega je dokaz, da je domneva o skoliozi kot nepovratnem procesu napačna (Hawes, 2010). Če se da zmanjšati deformacijo prsnega koša pri hudi obliki skolioze v odrasli dobi, je to toliko lažje pri mladih bolnikih v dobi hitre rasti. Steznik iz blaga lahko izboljša obliko reber, kar ne more doseči kirurg ob operaciji. Ustvari tudi lordozno krivino ledvene hrbtenice, če ta ni razvita, in s tem zmanjša zategnjenost hrbtnih mišic. S tem se zmanjša možnost, da bi mišice obračale vretenca in rebra. Terapija s steznikom morda ni primerna za osebe z zelo zmanjšano pljučno funkcijo, saj steznik omejuje dihanje. A ob začetku zdravljenja



Poseganje in visenje z levo roko na komaj dosegljivih oprimkih se je pokazalo za najučinkovitejšo vajo pri raztezanju hrbtenice. Če nastanek skolioze povzroči pretežna uporaba desne roke, jo lahko pozdravi čim pogostejša uporaba leve roke pri običajnem delu in pri vadbi.

tega nisem opazil. Stena mojega prsnega koša je bila verjetno tako toga, da nošnja steznika ni povzročila razlike. Ko pa sem se sedaj skušal s steznikom povzpeti po strmi gorski poti, mi je bilo nevzdržno. Na vsakih nekaj korakov sem se moral ustaviti, da sem se nadihal. Pozabil sem že, da je bila pred izboljšanjem prostornine prsnega koša takšna moja običajna zmogljivost.

Za uspešno izvitje prsnega koša sta potrebni tudi manipulativna terapija in fizioterapija. Moji pohodi z nahrbtnikom niso bili mišljeni kot del terapije, a so se pokazali za prav to. Popravki drže preko ravnovesne lege (na

drugo stran) so zelo pomembni, saj odpravijo nesomerno obremenitev skeleta (Lehnert-Schroth, 2007). Pri iskanju najprimernejših vaj za lastno obliko ukrivljenosti močno pomaga ogledalo. Dodal sem občasen pritisk na grbo od zadaj, priporočan tudi ob nameščanju mavčnega ovoja, uspešno uporabljane pri zdravljenju skolioze pri majhnih otrocih (D'Astous in Sanders, 2007). Le izvitje vretenc in reber zmanjša grbo ter poveča prostornino prsnega koša in s tem izboljša delovanje pljuč. Kirurgi pri operaciji pogosto zmanjšajo le ukrivljenost hrbtenice vstran, medtem ko rotacija prsnega koša ostane, grba se lahko celo poveča. Da bi izboljšali videz, nekateri kirurgi izrežejo del reber, ki tvorijo grbo, ter s tem dodatno otežijo dihanje (Weiss in Goodall, 2008).

Idiopatska skolioza verjetno ne nastane z nesomerno primarno rastjo kosti na ravnih ploskvah, ki obstajajo le pri otrocih. Deformacije hrbtenice se večinoma začnejo kot nestrukturna skolioza (Hawes in O'Brien, 2006). Klinasta vretenca niso vedno prisotna, v nekaterih primerih so spremenjene le hrustančaste medvretenčne ploščice. Krivljenje hrbtenice se nadaljuje tudi po spojitvi vretenc z operacijo in lahko zlomi kovinske palice, ki bi jo morale obdržati ravno. Vsi hormoni, za katere je znano, da imajo vpliv na nastanek skolioze, vplivajo na kostno preoblikovanje, ki se z odraslostjo upočasni, a nikoli povsem ne preneha. Zato skolioza običajno počasi napreduje tudi v odraslosti. To pa nam daje možnost, da dogajanje obrnemo – tako pri otrocih kot pri odraslih, ki imajo vsaj še nekaj ravnega hormona.

Aota in sod. (2013) so pri večini bolnikov z adolescentno idiopatsko skoliozo našli povišano količino pokazatelja kostnega raztapljanja, medtem ko je bil pokazatelj tvorbe kosti na običajni ravni. Torej se pri njih kosti razgrajujejo hitreje, kot se obnavljajo, to pa zmanjšuje trdnost kosti in lahko vodi v osteoporozo. Za to je znano, da povzroča skoliozo pri starejših.

Dednost zagotovo vpliva na nastanek sko-

lioze, ki se pogosto pojavlja pri več družinskih članih. A sklepanje, da je nesomerna rast gensko določena, je napačno. Preoblikovanje kosti je proces, ki ga uravnava cela vrsta hormonov, delovanje teh pa je odvisno od delovanja receptorjev zanje. Geni uravnavajo izdelovanje hormonov ter tvorbo receptorjev. Zaradi njih poteka kostno preoblikovanje hitreje ali počasneje. Vendar geni ne določajo, da se bo hrbtenica ukrivila in kako se bo skrivila. O tem odloča drža, preoblikovanje le omogoča prilagajanje kostne oblike prevladujoči drži. To je pogosto koristno, saj se kosti krepijo tam, kjer so obremenjene, in se tako preprečujejo zlomi, kjer niso obremenjene, pa postajajo šibkejši. V primeru skolioze je preoblikovanje žal škodljivo. Več pozornosti bi morali posvetiti pravilni drži otrok, ki so med sedenjem v šoli ali pred računalnikom pogosto zgrbljeni ali pa se nagibajo vstran. Skoliozni bolniki se morajo naučiti pokončne drže, saj jih občutki varajo in ob nagibanju mislijo, da se držijo zravnano.

Zakaj pa je večina prsnih krivin usmerjenih v desno in ledvenih v levo? Hrbtenica deluje le skupaj z mišicami in upoštevati moramo njihovo vlogo. Skolioza je pogostejša pri otrocih, ki se ukvarjajo z določenimi športi. Modi in sod. (2008) so med 116 igralci odbojke našli 6 otrok s prsno ali prsno-ledveno krivino hrbtenice, večjo od 10 stopinj po Cobbu. 5,2 odstotka igralcev s skoliozo je veliko v primerjavi s kontrolno skupino, kjer je imel skoliozo le odstotek otrok. Kar 20 igralcev (17 odstotkov) pa je imelo ob predklonu (Adamsov test) hrbet nagnjen za več kot 5 stopinj zaradi zasukanih reber in vretenc. Vzrok za to so bolj razvite hrbtne mišice na tisti strani, kjer je roka, s katero mečejo žogo. Večinoma je to desna stran, saj je desničarjev več kot levičarjev. Med igralci s skoliozo so imeli vsi desničarji prsno krivino hrbtenice usmerjeno v desno, edini levičar pa v levo. Mišice, ki so nesomerno uporabljane, lahko torej povzročijo nastanek skolioze s tem, da zasukajo rebra in vreten-

ca. Sledi krivljenje prsne hrbtenice v desno pri desničarjih in v levo pri levičarjih, ker hrbtenica izgubi podporo reber. Krivljenju hrbtenice sledi obračanje vretenc in reber z mišicami in obratno. To lahko vodi v začarani krog, ki povečuje ukrivljenost.

Goldberg in Dowling (1990) sta našla statistično pomembno povezavo skoliozne oblike z vodilno roko pri 254 dekletih z idiopatsko skoliozo. Oblika krivine se je v 82 odstotkih ujemala z ročno usmerjenostjo. Od 228 desničarjev jih je 197 imelo desno krivino, med 26 levičarji pa 12 levo krivino hrbtenice. Nesomerna uporaba prsnih mišic torej sproži razvoj skolioze v velikem deležu primerov, a ne v vseh.

Obračanje vretenc normalne, neskoliozne prsne hrbtenice otrok, starih od 0 do 16 let, so raziskali Janssen in sod. (2011). Pred tem so opazili vzorec obračanja normalne, neskoliozne hrbtenice odraslih, ki je ustrezal najpogostejšim oblikam krivin pri mladostniški idiopatski skoliozi. Pri infantilni idiopatski skoliozi so krivine značilno levostranske in se pogosteje pojavljajo pri dečkih, medtem ko je pri adolescentni idiopatski skoliozi prsna krivina značilno desnostranska in nastopa predvsem pri dekletih. Preiskava normalnih hrbtenic je pokazala, da so srednja in spodnja prsna vretenca do treh let starih otrok obrnjena v levo (bolj izrazito pri dečkih kot pri deklicah), niso znatno zaobrnjena v nobeno stran pri otrocih, starih od 4 do 9 let, in so obrnjena v desno pri mladostnikih. Dobro znano prevlado desnostranskih prsnih krivin pri mladostniški idiopatski skoliozi in levostranskih krivin pri infantilni idiopatski skoliozi lahko razložimo z opazovanimi vzorci sukanja vretenc, ki že obstajajo pri ustrežajoči starosti.

Lahko sklenemo, da obračanje vretenc nastane pred razvojem skolioze in določa usmerjenost začetne krivine. Vretenca, ki so rahlo zaobrnjena zaradi teže nesomerno razporejenih notranjih organov, lahko mišice dodatno zaobrnejo do stopnje, ko se začne

neprestano slabšanje zaradi strižnih sil reber (glej sliko na strani 408). Ročnost je odločujoča pri starejših otrocih. Skolioza brez očitnega vzroka nastopa le pri ljudeh. Enako je z ročnostjo: lateralizacija se pri nobenem drugem vretenčarju ni razvila do podobne stopnje. Vpliv ročnosti na ukrivljenost se lahko vrši prek drže. Ko nekdo sedi in piše z desno roko, je pogosto ukrivljen v levo. Isto se zgodi, ko skušamo z eno roko doseči nekaj visoko nad nami. Hrbtenica se ukrivi na nasprotno stran in rama na tej strani se povesi. Če je prsni koš someren, rebra potisnejo vretenca nazaj v sredino in jih izvičejo, ko se zravnamo iz ukrivljenega položaja. Če je prsni koš strukturno zasukan, pa tega ne morejo storiti v celoti. A dojenčki in mlajši otroci se ne ukvarjajo s telesno dejavnostjo, pri kateri bi uporabljali le vodilno roko. Pri njih drug dejavnik obrača vretenca v levo. To je lahko trebušna prepona, ki zgornjo ledveno hrbtenico stalno suka v levo (Janssen, 1912, povzeto v van Loon, 2012).

Današnji ortopedi skušajo le zaustaviti napredovanje skolioze, Bernard E. Brodhurst pa je leta 1864 zapisal: *»Ukrivljenost hrbtenice je ozdravljiva; a le, če upoštevamo vse okoliščine, ki so vodile do nje.«* Vedel je že, kako pride do rotacije in da je kostno preoblikovanje krivo za nesomerno obliko vretenc. Leta 1855 je zapisal: *»Ko se začne sukanje ali obračanje vretenc okoli osi, deformiranje poteka hitreje kot poprej ... Napetost mišic na izbočeni strani se istočasno poveča. In te z delovanjem na vretenca povzročijo njihovo obračanje: trnastih odrastkov proti vbočeni in najdebelejših delov, teles vretenc, v izbočeno stran krivine; in, zaradi stalnega pritiska se telesa vretenc sama delno raztopijo in izgubijo nekaj svoje naravne oblike, postanejo klinasta.«* Poznal je odgovor na težavo: *»... čeprav se potrebno zdravljenje podaljša, rotacijo premagamo, če ni skrajna, v enakem razmerju kot stranski nagib. To pospešimo s pritiskom na kote reber od zadaj naprej.«*

Literatura:

- Acaroglu, E., in sod., 2012: *The metabolic basis of adolescent idiopathic scoliosis: 2011 report of the »metabolic« workgroup of the Fondation Yves Cotrel.* *European Spine Journal*, 21: 1033–1042.
- Albee, F. H., 1919: *Orthopedic and Reconstruction Surgery, Industrial and Civilian.* Philadelphia and London: W. B. Saunders Company.
- Aota, Y., in sod., 2013: *Relationship between bone density and bone metabolism in adolescent idiopathic scoliosis (AIS).* *Scoliosis*, 8 (Suppl. 2): 04.
- Brodhurst, B. E., 1855: *On Lateral Curvature of the Spine, its Pathology and Treatment.* London: John Churchill.
- Brodhurst, B. E., 1864: *Curvatures of the spine, their causes, symptoms, pathology and treatment.* London: John Churchill and sons.
- Brodner, W., in sod., 2000: *Melatonin and adolescent idiopathic scoliosis.* *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 82-B: 399-403.
- Brooks, W. J., Krupinski, E. A., Hawes, M. C., 2009: *Reversal of childhood idiopathic scoliosis in an adult, without surgery: a case report and literature review.* *Scoliosis*, 4: 27.
- Burwell, R. G., in sod., 2009: *Pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis in girls - a double neuro-osseous theory involving disharmony between two nervous systems, somatic and autonomic expressed in the spine and trunk: possible dependency on sympathetic nervous system and hormones with implications for medical therapy.* *Scoliosis*, 4: 24.
- D'Astous, J. L., Sanders, J. O., 2007: *Casting and Traction Treatment Methods for Scoliosis.* *Orthopedic Clinics of North America*, 38: 477-484.
- Fayssoux, R. S., in sod., 2010: *A History of Bracing for Idiopathic Scoliosis in North America.* *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 468 (3): 654-664.
- Fusco, C., in sod., 2011: *Physical exercises in the treatment of adolescent idiopathic scoliosis: An updated systematic review.* *Physiotherapy Theory and Practice*, 27 (1): 80–114.
- Goldberg, C., Dowling, F. E., 1990: *Handedness and scoliosis convexity: a reappraisal.* *Spine*, 15: 61-64.
- Hawes, M. C., 2010: *Scoliosis and the Human Spine. A Critical Review of Clinical Approaches to Treatment of Spinal Deformity in the United States, and A Proposal for Change.* Tucson Arizona, U.S.A., 176 str.
- Hawes, M. C., O'Brien, J. P., 2006: *The transformation of spinal curvature into spinal deformity: pathological processes and implications for treatment.* *Scoliosis*, 1: 3.
- Histing, T., in sod., 2012: *Melatonin impairs fracture healing by suppressing RANKL-mediated bone remodeling.* *Journal of Surgical Research*, 173 (1): 83-90.
- Janssen, M. M., in sod., 2011: *Analysis of preexistent vertebral rotation in the normal infantile, juvenile, and adolescent spine.* *Spine*, 36 (7): E486-491.
- Lehnert-Schroth, C., 2007: *Three-dimensional treatment for scoliosis. A physiotherapeutic method for deformities of the spine.* Palo Alto, California: The Martindale Press, 276 str.
- Loon, P. J. van, Kühbauch, B. A., Thunnissen, F. B., 2008: *Forced lordosis on the thoracolumbar junction can correct coronal plane deformity in adolescents with double major curve pattern idiopathic scoliosis.* *Spine*, 33 (7): 797-801.
- Loon, P. J. M. van, 2012: *Scoliosis Idiopathic? The Etiologic Factors in Scoliosis Will Affect Preventive and Conservative Therapeutic Strategies.* V. Grivas, T. B.: *Recent Advances in Scoliosis.* InTech, str. 211-234.
- Loon, P. J. M. van, in sod., 2012: *A new brace treatment similar for adolescent scoliosis and kyphosis based on restoration of thoracolumbar lordosis. Radiological and subjective clinical results after at least one year of treatment.* *Scoliosis*, 7: 19.
- Machida, M., in sod., 2009: *Serum melatonin levels in adolescent idiopathic scoliosis prediction and prevention for curve progression – a prospective study.* *Journal of Pineal Research*, 46 (3): 344–348.
- Man, G. C., in sod., 2011: *Abnormal melatonin receptor 1B expression in osteoblasts from girls with adolescent idiopathic scoliosis.* *Journal of Pineal Research*, 50 (4): 395-402.
- Matthews, M., Crawford, R., 2006: *The use of dynamic Lycra orthosis in the treatment of scoliosis: A case study.* *Prosthetics and Orthotics International*, 30 (2): 174-181.
- Modi, H., in sod., 2008: *Muscle Imbalance in Volleyball Players Initiates Scoliosis in Immature Spines: A Screening Analysis.* *Asian Spine Journal*, 2 (1): 38-43.
- Negrini, A., in sod., 2008: *Adult scoliosis can be reduced through specific SEAS exercises: a case report.* *Scoliosis*, 3: 20.
- Negrini, S., in sod., 2012: *2011 SOSORT guidelines: Orthopaedic and Rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth.* *Scoliosis*, 7 (3): 1-35.
- Papadopoulos, D., 2013: *Adult scoliosis treatment combining brace and exercises.* *Scoliosis*, 8 (Suppl. 2): 08.
- Tavernaro, M., in sod., 2012: *Team care to cure adolescents with braces (avoiding low quality of life, pain and bad compliance): a case-control retrospective study.* 2011 SOSORT Award winner. *Scoliosis*, 7: 17.
- Weiss, H. R., Goodall, D., 2008: *Rate of complications in scoliosis surgery – a systematic review of the Pub Med literature.* *Scoliosis*, 3: 9.
- Wu, T., in sod., 2012: *Role of high central leptin activity in a scoliosis model created in bipedal amputated mice.* *Research Into Spinal Deformities* 8, *Studies in health technology and informatics*, 176: 31-35.
- Yadav, V. K., in sod., 2009: *A Serotonin-Dependent Mechanism Explains the Leptin Regulation of Bone Mass, Appetite, and Energy Expenditure.* *Cell*, 138: 976–989.

Mikroskopija, ki presega meje optične ločljivosti

Marko Krefť, Jernej Jorgačevski

*Optična mikroskopija se uporablja za raziskovanje strukture in funkcije celice. Med uveljavljene različice optične mikroskopije sodi konfokalni mikroskop. To je fluorescenčni mikroskop, s katerim lahko opazujemo vsako optično ravnino objekta posebej. Taka slika je trirazsežna, z dobrim kontrastom. Ločljivost take slike je zaradi lastnosti svetlobe omejena na 200 nanometrov. Pred kratkim smo v Ljubljani zgradili mikroskop STED (angleško: **ST**imulated **E**mission **D**epletion, kar pomeni »vzbujeno praznjenje emisije«), ki presega to omejitev ločljivosti.*

Omejitev ločljivosti fluorescenčnih mikroskopov

Mikroskop je nepogrešljivo orodje za raziskovanje celic. Velika večina celic je prozornih. Vidimo jih le, če mikroskop izkoristi več fizikalnih lastnosti svetlobe. Za delovanje posamezne steklene leče, mikroskopa in fotografskega objektivja je ključen pojav lom svetlobe. Nekateri mikroskopi pa izkoriščajo še odboj, polarizacijo, uklon in interferenco svetlobe. Največkrat pred opazovanjem z mikroskopom celice obarvamo. Tako lahko izkoristimo še absorpcijo svetlobe in fluorescenco.

Fluorescenca je pojav, pri katerem ob absorpciji fotona elektroni v atomih fluorescentne snovi (fluorokroma) preidejo v višje energijsko stanje. Pri vrnitvi elektronov v osnovno stanje se izseva svetloba, ki ima daljšo valovno dolžino od svetlobe vzbujanja. Poglavitna hiba običajnih fluorescenčnih mikroskopov je, da ostro sliko fluorescence predmeta v eni ravnini zamegli neostra slika ozadja. Čim debelejši je predmet, bolj meglena je slika. To pomanjkljivost odpravlja konfokalni mikroskop. Konfokalni

mikroskop loči svetlobo, zbrano iz opazovane ravnine, od svetlobe ozadja. Zato lahko z optičnim rezanjem iz globine tkiv izluščimo bolj jasne slike. Konfokalna mikroskopija je zato postala uveljavljena tehnika v celični biologiji in fiziologiji. Ločljivost običajne in konfokalne fluorescenčne mikroskopije je omejena zaradi uklona svetlobe, in sicer na približno polovico valovne dolžine. To omejitev je leta 1873 odkril in pojasnil nemški fizik Ernst Abbe. Skupaj z Ottom Schottom je pomembno prispeval k uspehu podjetja, ki ga je vodil Carl Zeiss in ki deluje še danes.

$$d = \frac{\lambda}{2n \sin \alpha}$$

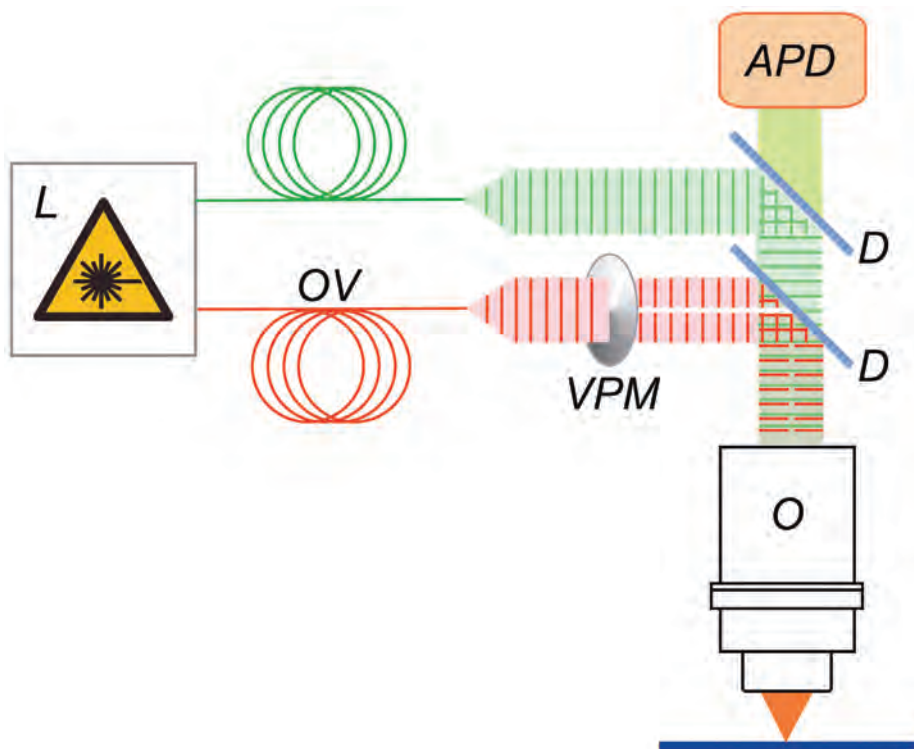
Ernst Abbe je leta 1873 pojasnil omejitev ločljivosti optičnih mikroskopov (d). Ločljivost je odvisna od valovne dolžine svetlobe (λ), lomnega količnika snovi, v kateri je objekt opazovanja (n) in sinusa vpadnega kota svetlobe v objektiv (α). Danes lahko z mikroskopom STED to teoretično omejitev zaobidemo.

Fluorescenčni mikroskop STED (vzbujeno praznjenje emisije) omogoča preseganje omejitve ločljivosti

Stefan W. Hell si je leta 1994 zamislil, leta 1999 pa tudi zgradil mikroskop, ki presega Abbejevo omejitev ločljivosti. Mikroskop

je temeljil na zamisli, da lahko s svetlobo zmotimo običajni proces fluorescence. Po vzbujanju elektroni preidejo v višje energijsko stanje, nato pa se kmalu spontano vrnejo v osnovno stanje in pri tem atomi izseva-jo fluorescenčno svetlobo. Z močno svetlobo lahko sprožimo predčasno izsevanje fotona. Fluorokrom, ki je prisiljeno izseval foton, se deaktivira in ne more priti do spontane fluorescence. Fluorokromi prisiljeno oddajo fotone, preden bi jih oddali spontano. Taki fotoni imajo daljšo valovno dolžino od fluorescenčne svetlobe in imajo isto smer kot svetloba, ki je prisiljeno izsevanje povzročila – stran od objektiva. Zato lahko prisiljeno in spontano izsevanje ločimo z uporabo izredno močnih laserjev za vzbuditev tega procesa. Mikroskopijo so poimenovali z angleškim akronimom STED (**ST**imulated **E**mission **D**epletion), kar pomeni »vzbujeno praznjenje emisije«.

Naključno polarizirana laserska svetloba je že v laserju (L) razcepljena v dva curka, ki ju vodimo v dve ločeni optični vlakni (OV). Z dvema dikroičnima zrcaloma (oznaka D; tako zrcalo prepušča določene valovne dolžine, druge pa odbije) curka usmerimo skozi objektiv (O). Luknja v sredini žarka STED povzroči posebna optična komponenta (VPM, vortex phase mask), ki povzroči polarizacijo curka svetlobe v obliki vijalice od 0 do 360 stopinj. Za detektor fluorescenčnega signala uporabimo plazovno fotodiodo (APD, avalanche photodiode). Mikroskop, ki je posebej razvit za naše raziskave celične fiziologije, ima vse optične komponente podvojene in tako omogoča sočasno snemanje dveh kanalov pri dveh različnih valovnih dolžinah (valovni dolžini vzbujanja sta 570 nanometrov in 650 nanometrov, valovni dolžini za STED pa 710 nanometrov in 745 nanometrov). Tako lahko merimo časovno odvisno zgradbo dveh fluorescenčnih struktur z nanometrsko ločljivostjo. Ilustracija: Marko Kreft.



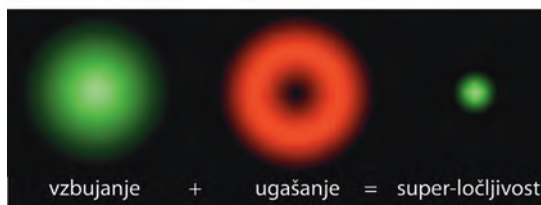
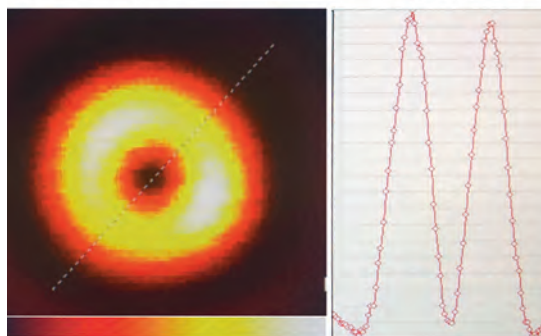
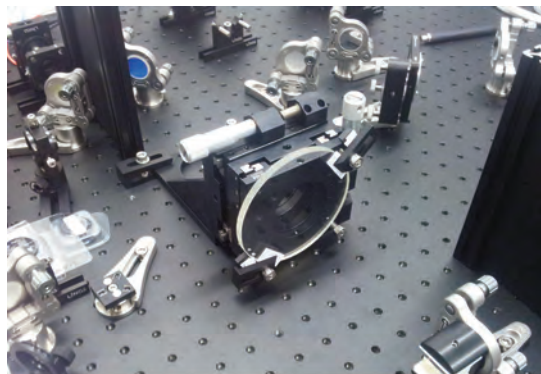
Z izrabo učinka STED lahko laserski curek ostro ošilimo. Tako omejimo oddajanje fluorescenčne svetlobe le na zelo majhno območje, mnogo manjše od območja, ki bi ga zaradi uklona sicer osvetljevali z laserjem. Za uspešen učinek STED moramo vzbujanje fluorescence in njeno ugašanje časovno natančno uskladiti. Zato fluorescenco vzbujamo z nizom laserskih bliskov. Drugi niz laserskih bliskov pa fluorescenco ob robu sproti ugasne. Drugi niz bliskov ima v sredini drobno vrzel svetlobe. Laserski curek ima torej obliko plašča, v vzorcu pa osvetljuje območje oblike venca ali kolobarja. Bliski svetlobe STED so časovno ločeni od bliskov vzbujanja le za nekaj pikosekund.

Fluorescenca v vzorcu uspešno nastane le v središču votlega curka svetlobe STED, ki ima v preseku obliko kolobarja ali venca. Premer te vrzeli je mnogo manjši od premera curka za osvetljevanje, tako je območje uspešne fluorescence močno omejeno (ošiljeno), kar omogoča sestavljanje slike s superločljivostjo. Mikroskop sestavi celotno sliko tako, da usklajeno premika oba (sno-pa) curka svetlobe po preparatu, računalnik pa beleži jakost svetlobe fluorescence v teh posameznih drobnih fluorescenčnih točkah.

Kakšno ločljivost lahko dosežemo?

Mikroskopija STED nima nobene načelne omejitve ločljivosti. Z močnejšimi laserji dosežemo višje ločljivosti:

$$d = \frac{\lambda}{2n \cdot \sin \alpha \sqrt{1 + \frac{I}{I_s}}}$$



V curek svetlobe za STED naredimo luknjo s posebno optično komponento (vortex phase mask, stekleni disk na zgornji sliki), ki povzroči polarizacijo curka svetlobe v obliki vijačnice od 0 do 360 stopinj. Zato vidimo na sliki namesto pike venec svetlobe. Profil jakosti na desnem grafu kaže, da je luknja v sredini zelo temna in bo omogočila pojav fluorescence le v prostorsko močno omejenem delu slike. Na spodnji shemi vidimo, da z ugašanjem dosežemo ošiljeni curek svetlobe, kjer pride do vzbujanja fluorescence. Tako je dosežena ločljivost, ki je boljša od ustrezne optične (superločljivost). Foto: Marko Kreft, ilustracija: Jernej Jorgačevski.

Enačba je podobna Abbejevi, le da je v imenovalcu ulomka dodan člen, ki opisuje učinkovitost STED-a. I je jakost laserske svetlobe STED, I_s pa je jakost (intenziteta) svetlobe STED, ki ugasne polovico vseh fluorokromov. Običajno je jakost I_s približno 20 megawattov na kvadratni centimeter (MW/cm^2). Tako visoke jakosti lahko povzročijo bledenje barvil. Bledenje je še posebej močno, če svetloba vzbuja molekule, ki so v tripletnem stanju. Singletno stanje elektronov je takrat, ko so vsi elektroni sparjeni in imajo nasprotni spin. Taki sta osnovno in vzbujeno stanje. Tripletne stanje pa je takrat, ko ima en par elektronov enak spin. Bledenju se izognemo tako, da pari pulzov svetlobe prispejo do fluorokromov v intervalih, ki so daljši od časa relaksacije tripletnih stanj. Tripletne stanja lahko imenujemo tudi temotna stanja, čase relaksacije pa poimenujemo T-Rex (ang. Triplet-state relaxation). Čas takega stanja je običajno nekaj mikrosekund, zato uporabimo laserje z bliski, ki si sledijo s frekvenco nekaj megahertzov (MHz). Tako se fluorokromi vsakokrat ponovno vzbudijo šele, ko se tripletne stanje povrne v osnovno stanje in so fluorokromi pripravljeni za novo vzbujanje.

Visokofrekvenčno vzbujanje, ki je sinhronizirano z visokofrekvenčnim laserjem STED, je zahtevalo zapletene in drage titan-safirske laserje z napredno povezavo med dvema laserjema. Že samo tak sistem za osvetljevanje dosega ceno pol milijona evrov. Tak sistem je izvedljiv s kratkimi svetlobnimi bliski, ki trajajo manj kot eno pikosekundo (ps), za učinkovit učinek STED pa jih je bilo treba podaljšati za stokrat. To časovno podaljševanje je zahtevalo dodatno zapleteno nelinearno optiko.

V zadnjem času so razvili laserje s sevajočim medijem v optičnem vlaknu. Taki laserji oddajajo svetlobo različnih valovnih dolžin. Zato takim laserjem lahko rečemo tudi beli laserji. Gostota moči presega 1 miliwatt na nanometer (mW/nm), bliski svetlobe pa

si sledijo s frekvenco več megahertzov. Za učinek STED lahko uspešno uporabimo območja valovnih dolžin širine 20 nanometrov, tako ima lahko posamezni blisk energijo 20 nanojoulov (nJ). Ko tak blisk z objektivom usmerimo na majhno površino preparata, manjšo od kvadratnega mikrometra, je gostota svetlobne moči kar več gigawattov na kvadratni centimeter (GW/cm^2). Če bi torej s tako gostoto moči želeli stalno osvetljevati kvadratni centimeter površine, bi potrebovali moč, ki jo oddajajo vse elektrarne v Sloveniji. Laserji so pulzni in osvetljujejo preparat le zelo kratek čas. Svetloba je usmerjena v le eno drobno točko hkrati. Kljub temu dosegajo zadostno moč za učinek STED le v rumenem in rdečem delu spektra, zato za fluorescenčno označevanje mikroskopskih vzorcev izbiramo temu primerne fluorokrome. Čas trajanja pulza takih belih laserjev je okrog 100 ps. Bliski laserske svetlobe za STED in za vzbujanje fluorescence so popolnoma sočasni, saj izvirajo iz istega laserja. Potrebni časovni zamik bliskov STED pa nastavimo s preprostim podaljševanjem optične poti, na primer z vstavljanjem določene dolžine vmesnih optičnih vlaken.

Mikroskopija STED v Sloveniji

Pred dvema letoma smo v sodelovanju s Stefanom Hellom, Claudio Geisler in Alexandrom Egnerjem iz nemškega Laser Laboratorium Goettingen začeli z izgradnjo dvo-kanalnega mikroskopa STED za hitre fiziološke meritve. Gradnja je potekala okviru Centra odličnosti za integrirane pristope v kemiji in biologiji proteinov (CIPKeBiP) in nacionalnega raziskovalnega programa za celično fiziologijo, ki ga vodi akad. prof. dr. Robert Zorec. Razvoj in gradnja sta se začela v Goettingenu v Nemčiji, pred kratkim pa sta se zaključila v Ljubljani. Mikroskop je nameščen v Referenčnem centru za konfokalno mikroskopijo Carl Zeiss na Inštitutu za patološko fiziologijo Medicinske fakultete v Ljubljani.

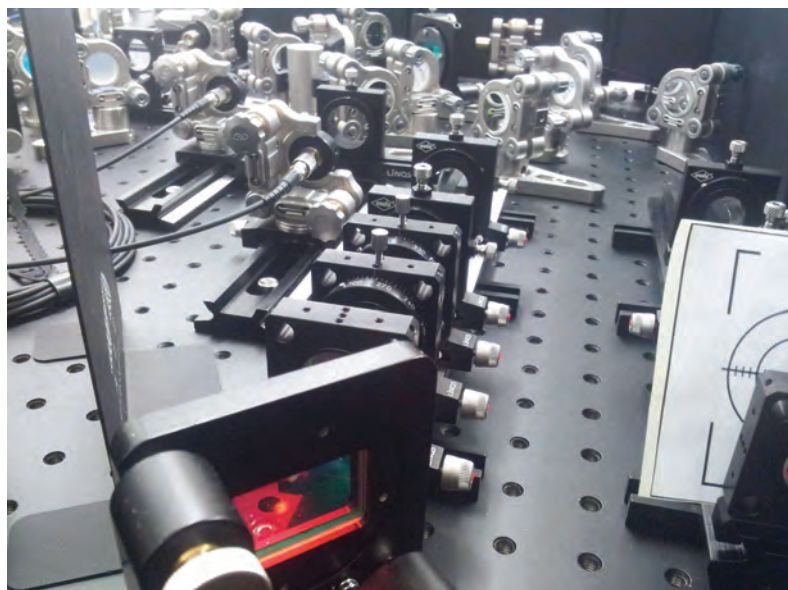


Izgradnja dvokanalnega mikroskopa STED. Foto: Marko Kreft.

Uporabili smo laser, ki je bil razvit po naročilu v britanskem podjetju Fianium. Glavni oscilator laserja sproži pulz svetlobe vsakih 50 ns, čas trajanja pulza pa je 100 ps. Taka neobdelana svetloba laserja je že primerna za STED. Isti oscilator uravnava proženje svetlobe za STED in vzbujanje, zato sta ti dve svetlobi že sinhroni. Laser ima tri izhode, en izhod je za svetlobo vzbujanja (beli laser z valovnimi dolžinami od 450 do 2000 nanometrov), dva izhoda pa za svetlobo ugašanja fluorokromov (710 nanometrov in 745 nanometrov). Curek belega laserja smo z dikroičnimi zrcali in filtri razdelili na dva curka z valovnima dolžinama 570 nanometrov in 650 nanometrov. Poleg po naročilu razvitega laserja ta kompleksni sistem sestavlja še 297 različnih tipov komponent, od

enostavnega nosilca za lečo do fluorescenčnega mikroskopa.

Za doseganje kar največje ločljivosti pri dani moči laserjev je bistveno, da sta laserska žarka za vzbujanje in praznjenje stanj dobro naravnana, da se prekrivata. Že najmanjši premiki optičnih komponent zaradi temperaturnega raztezanja in posedanja povzročijo slabšanje kakovosti slike. Zato vsak dan pred meritvami izvedemo uravnavanje prekrivanja laserskih žarkov v treh razsežnostih. Poleg tega moramo pred meritvami preveriti tudi, ali izsevana fluorescenca natančno zadene vhod detektorja. Vse komponente našega mikroskopskega sistema so podvojene, da dosežemo dvobarvno sliko. Prve meritve z mikroskopom STED smo



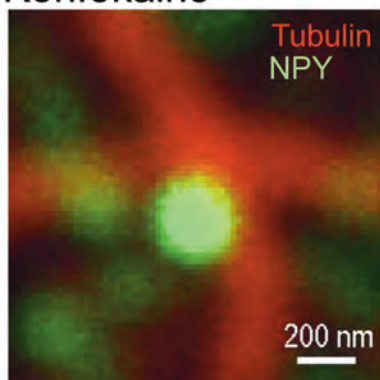
Del mikroskopa STED, kjer lahko vidimo številne sestavne optične elemente: dikroično zrcalo (rdeče osvetljeno), ki mu sledijo polarizatorji, zrcala in optično vlakno (zvitke na levi). Foto: Marko Kreft.

opravili na astrocitih, kjer smo želeli določiti premer mešičkov, ki vsebujejo signalne molekule. Astrociti so celice glije v možganih, ki vplivajo na prenos informacije v

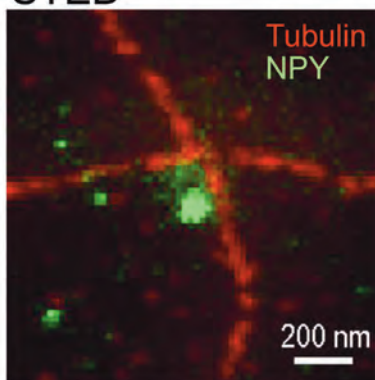
sinapsah. Kemični prenašalci se z mehanizmom eksocitoze iz mešičkov izločajo v sinaptično špranjo. Kemične prenašalce v celicah glije imenujemo glijini prenašalci

Primerjava konfokalne mikroskopije in mikroskopije STED. Na sliki vidimo del astrocita (tip celic v možganih), ki je bil označen s fluorescentnimi protitelesi proti tubulinu (rdeča) in proti nevropeptidu Y (zelen). Tubulin je molekula v mikrotubulih, ti pa so del citoskeleta. Citoskelet ima pomembno vlogo pri različnih celičnih funkcijah, med drugim služi tudi kot tračnica za transport mešičkov po celici. Mešički vsebujejo različne signalne molekule, ena izmed njih je tudi nevropeptid Y. Na izsekih konfokalne slike in slike STED opazimo razliko v ločljivosti med obema tehnikama. Zeleno so obarvani mešički, rdeče pa mikrotubuli. Avtorja mikroskopske slike: Jernej Jorgaževski, Claudia Geisler.

Konfokalno



STED



(glijatransmiterji), podobno kot živčni prenašalci (nevrotransmiterji), ki se izločajo iz nevronov. Z elektronsko mikroskopijo so izmerili, da so premeri mešičkov od 30 do 700 nanometrov. Ločljivost fluorescenčne mikroskopije, vključno s konfokalnim mikroskopom, je zaradi uklona svetlobe omejena na 200 nanometrov. Z mikroskopom STED smo izmerili premere mešičkov od 40 do 400 nanometrov. Te meritve so bile povsem primerljive z meritvami z elektronsko mikroskopijo. Pri tako visoki ločljivosti moramo tudi upoštevati, da smo za označevanje uporabili specifična protitelesa, ki dodatno povečajo izmerjene premere mešičkov. Ti poskusi so torej pokazali, da se mikroskopija STED lahko za slikanje bioloških vzorcev precej približa ločljivosti elektronske mikroskopije. Biološke vzorce moramo pred

slikanjem z elektronskim mikroskopom primerno pripraviti, zato živih tkiv in celic ni mogoče slikati. Za spremljanje fizioloških procesov snemamo časovno sliko dogajanja v živih celicah. Mikroskop STED omogoča raziskave bioloških procesov s superločljivo-stjo.

Literatura:

- Jorgacevski, J., Potokar, M., Grilc, S., Kreft, M., Liu, W., Barclay, J. W., Bückers, J., Medda, R., Hell, S. W., Parpura, V., Burgoyne, R. D., Zorec, R., 2011: *Munc18-1 tuning of vesicle merger and fusion pore properties. The Journal of Neuroscience*, 31: 9055-9066.
- Hell, S. W., 2007: *Far-Field Optical Nanoscopy. Science*, 316: 1153-1158.
- Wildanger, D., Rittweger, E., Kastrup, L., Hell, S. W., 2008: *STED microscopy with a supercontinuum laser source. Optics Express*, 16: 9614-9621.

Ali je bil Lažnivi Kljukec geolog? • Iz zgodovine geologije

Ali je bil Lažnivi Kljukec geolog?

Mihael Brenčič

V zakladnici slovenskih ljudskih pregovorov bomo našli številne reke, povezane z lažjo. Na primer: »Laž ima kratke noge« ali pa »Kdor laže, ta krade«. Naša vzgoja nam prepoveduje, da bi lagali. Če nam kdo laže, nas to prizadane ali pa ima celo hujše posledice v naših medčloveških odnosih. A laž, kako nenavadno, je lahko tudi sproščujoča. Kdo med nami ni poslušal svojih dedov ali starejših sorodnikov, ki so pripovedovali zgodbe iz svoje mladosti, v katerih se je vse kadilo in na veliko pokalo, v katerih so nastopali kot veliki osvajalci ženskih src in v katerih se je sploh veliko dogajalo? V pripovedi smo uživali, se smejali in včasih zmajevali z glavo, ko pa smo se, ko je čar pripovedovanja ugasnil, začeli o zgodbi spraševati, smo ugotovili, da se v njej skriva le droben oko-

stnjak resnice, ki je obložen z debelo mastjo laži. Navidezne laži in pretiravanja so način, s katerim pisatelji skušajo pogosto pritegniti bralca, pri pisanju se poigravajo z ozko mejo med resničnostjo in domišljijo, med opisom navidezno resničnih dogodkov in popolnimi izmišljijami. Takšnih del bomo v svetovni literaturi našli veliko. Nekatera so pozabljena, druga še danes, po desetletjih, od kar so nastala, privlačijo staro in mlado. Mednje sodi tudi delo z baročno dolgim naslovom *Čudovita potovanja po kopnem in morju, vojni pohodi in zabavne prigode barona Münchhausna ali po naše Lažnivega Kljukca, kakor jih sam pripoveduje svojim prijateljem ob čaši vina* ali krajše *Lažnivi Kljukec*.



Lažnivi Kljukec korači proti Etni. Ilustracija Gustava Doréja iz leta 1862.

Bralec se bo vprašal, kaj si avtor članka predstavlja, ko v ugledni poljudnoznanstveni reviji z dolgoletno tradicijo razpreda o zaprašenem Lažnivem Kljukcu. Rekel si bo: »Če bom imel čas in zanimanje za branje, si ga bom izposodil v knjižnici ali ga doma poiskal po knjižnih policah. Na tem mestu

naj nas pusti pri miru s takšnimi marnjami in naj svoj prostor prepusti drugim resnim temam.« Dragi bralec, nikar ne glej tako ozko. Pred teboj je drobec, zelo nenavaden drobec iz zgodovine znanosti. Če je sodobna znanost izjemno pestra in polna nenavadnih obratov, je takšna tudi njena zgodovina. In kar velja za druge človekove dejavnosti, velja tudi za znanost. Kdor ne pozna njene zgodovine, njenih poti in stranpoti, ne bo razumel njene sedanjosti. Za poglavji *Lažnivega Kljukca* se skriva nekaj listov iz zgodovine geologije. Usoda njegovega avtorja in usoda knjige nam odkrijeta včasih čudne in nenavadne poti razvoja znanosti.

Lažnivi Kljukec je velik pustolovec, gurman, ljubimec, uživač in tudi znanstvenik. Natančno branje knjige nam razkrije, da se v pripovedih o njegovih potovanjih skriva veliko naravoslovnih opisov, ki jih avtor knjige s svojim značilnim pretiravanjem popači, toda v njih zlahka prepoznamo avtorjevo poznavanje različnih pojavov v naravi. V *Lažnivem Kljukcu* bomo našli tudi opise, ki bi jih danes opredelili kot geološke, vsaj po vsebini. In če pri tem še pomislimo, da je knjiga otrok razsvetljenstva, je to nekoliko nenavadno. In kje v knjigi so tista mesta, kjer se Lažnivi Kljukec sooči z geologijo ali širše gledano z montanistiko?

Najbolj znano geološko poglavje je tisto, v katerem skoči Kljukec v vulkan Etna in obišče boga Vulkana. Poglejmo, kaj o svojem nenavadnem obisku pravi sam: »Nekoga¹ jutra sem se navsezgodaj odpravil iz koč, ki je ležala na podnožju ognjenika, trdno odločen, da si ogledam in preiščem notranjost te znamenite ognjene ponve, pa naj bi pri tem tudi izgubil življenje. Po utrudljivi, triurni hoji sem prišel na vrh gore. Vulkan je bruhal tedaj že tri tedne nepretrgoma. Kakšen je ob takih okoliščinah, to je bilo že tolikokrat opisano, da bi bil s svojim poročilom res med zamudniki, tudi

1 Vse navedbe iz *Lažnivega Kljukca* so iz prevoda Vladimirja Kralja iz leta 1956.



*Rudarji iz rudniškega jaska vlečejo pribočnika.
Ilustracija Gustava Doréja iz leta 1862.*

če bi se taka stvar sploh dala živo opisati. In če opisi tega ne zmorejo, in to morem trditi iz svoje izkušnje, je pač najbolje, da s takimi nemogočimi poskusi ne zapravljam časa in vam ne kvarim dobre volje.« In nato nadaljuje: »Šel sem trikrat krog in krog žrele, ki si ga lahko zamislite kot lijak orjaškega obsega, in tedaj sem sprevidel, da s tem ne bom pametnejši, zato sem se kratko malo odločil skočiti v žrelo. Komaj sem to storil, že sem se znašel v obupno gorki topilnici in rdeče žareče oglje je moje ubogo telo na mnogih plemenitih in neplemenitih mestih ožgalo in osmodilo.« Od tod dalje sledi opis njegovega srečanja z bogovi pod zemljo in tega, kako je med njimi naredil red.

Kljukec se sreča tudi z rudniki. V tretjem poglavju Lažnivi Kljukec opisuje svoje lovske pse. Ko se je malce po svoji poroki odpravil na lov, kamor je vzel tudi svojo

ženo, je ta kmalu po začetku lova skupaj z njegovim pribočnikom in konjarjem izginila. Polotil se ga je nemir in prislonil je uho k tlem in prav razločno je zaslišal glas vseh treh, ki je prihajal izpod zemlje. Kaj kmalu je opazil, da se v bližini nahaja jašek premogovnika in prav nobenega dvoma ni bilo, da so vsi trije strmoglavili v rov. Lažnivi Kljukec nadalje opisuje: »V polnem diru sem pojezdil v bližnjo vas, da si poiščem rudarjev, ki so končno po dolgem, zelo utrudljivem delu spravili ponesrečence iz devetdeset sežnjev globokega jaska na beli dan. Najprej so izvlekli konjarja, nato njegovega konja, nato pribočnika in njegovega konja, potem mojo ženo in navsezadnje njeno kobilo.« Ker Lažnivi Kljukec rad

pretirava, pravi, da so vsi trije ostali brez poškodb, le z nekaj odrgninami in praskami.

Poleg teh opisov bomo zasledili tudi veliko omemb različnih gorovij in pokrajin. Tako velikokrat omeni Alpe in njihovo višino. Tresenje primerja s potresi in opiše različne morfološke značilnosti Zemljinega površja. V obdobju, ko je knjiga nastala, so bila aktualna različna zemljepisna odkritja. Med svojimi potovanji Kljukec opisuje območje Severne Amerike, Afrike in polarna območja. Vsi ti opisi odkrivajo avtorja, ki je bil s takrat aktualnimi odkritji dobro seznanjen, nekatere med njimi pa je poznal iz prve roke.

Kdo je avtor te nenavadne knjige, v kateri odkrijemo povezave z razsvetljenskim naravoslovjem? Če si bomo ogledali predgovore



Edini ohranjeni portret Rudolfa Ericha Raspeja (povzeto iz Carswell, 1950).

k slovenskim izdajam, ki so jih prispevali različni prevajalci skozi celotno 20. stoletje, bomo odkrili, da avtorstvo večinoma pripisujejo Gottfriedu Avgustu Bürgerju, pomembnemu nemškemu pesniku. Bürger je v slovenskem prostoru najbolj znan kot avtor balade *Lonora*, ki jo je mojstrsko prepesnil France Prešeren. Le novejša izdaja prevodov v drugi polovici 20. stoletja omenjajo, da je avtor knjige neki Rudolf Erich Raspe. Kako je mogoče, da ima knjiga dva avtorja, eden od njiju pa je omenjen le mimogrede?

Delo z opisom dogodivščin barona Münchhausna je prvič izšlo v angleščini leta 1785, vendar nobena kopija te izdaje ni ohranjena. Druga izdaja je izšla leta 1786 in vsebuje le nekatera od poglavij, ki danes sestavljajo celotno delo. Še istega leta delo zamenja založnika in izide v razširjeni in ilustrirani obliki. V vseh teh izdajah je Rudolf Erich Raspe naveden kot avtor. S to izdajo zaživi *Lažnivi Kljukec* svoje pestro življenje, knjigo ponatiskujejo, dopolnjujejo in brišejo posamezna poglavja. Danes je zelo težko opre-

deliti, katera poglavja so Raspejevo delo in katera ne. Kaj kmalu so sledili prevodi in priredbe v številne jezike. V nemščini je delo prvič izšlo leta 1786, na naslovnici je bilo zapisano, da je bilo natisnjeno v Londonu, v resnici pa je izšlo v Göttingenu. Na začetku, ko je knjiga začela svojo popularno pot, je bilo zelo veliko protislovnih informacij o tem, kdo je pravi avtor besedila. Sprva so avtorstvo nemške izdaje pripisovali Bürgerju, ki pa avtorstva ni nikoli ne potrdil in ne zanikal. Šele ko so Bürgerja že po njegovi smrti literarni kritiki napadli, češ da je napisal pogrošno literarno delo, je njegov biograf razkril, da je pravi avtor knjige Rudolf Erich Raspe. Zakaj se je pravo avtorstvo knjige tako zelo skrivalo, nam postane jasno, če si ogledamo Raspejev življenjepis. Rudolf Erich Raspe se je rodil leta 1737 v Hannovru. Oče je bil rudarski nadzornik, ki je delal na območju Saškega rudogorja in si tam pridobil številne izkušnje. Tudi mladi Rudolf je nekaj časa preživel v tem okolju in si že v mladosti pridobil nekaj znanja o geologiji, mineralogiji in rudarstvu. Študiral je na univerzah v Göttingenu in Leipzigu. Leta 1762, še med študijem, ga omenjajo kot velikega strokovnjaka na področju naravoslovja in antičnih besedil. V ta čas segajo njegove prve objave, bodisi njegovih lastnih literarnih in literarno kritičnih del bodisi prevodov iz različnih jezikov. Med drugim v različne jezike prevaja Leibnitzova dela. Leta 1764 postane sekretar univerzitetne knjižnice v Göttingenu in ob tej priliki piše priložnostna dela, s katerimi slavi Hannoversko vladarsko hišo, ki je v sorodu z angleškimi kralji. Leta 1767 Raspe zavzame pomemben položaj profesorja v Casslu in hkrati postane upravnik obsežne Casselske zbirke kuriozitet, ki je v osebni lasti deželnega kneza Friderika II, gospoda Hesse-Casselskega. Zbirke kuriozitet so bile predhodnice današnjih muzejev. Pri tem niso imele javno izobraževalne vloge, kot jo imajo muzeji danes, temveč so predstavljale predvsem zbirke nenavadnih in neobičajnih



Raspejev dobrotnik in zopnik Hessenski knez Frederik II. (povzeto iz Carswell, 1950).

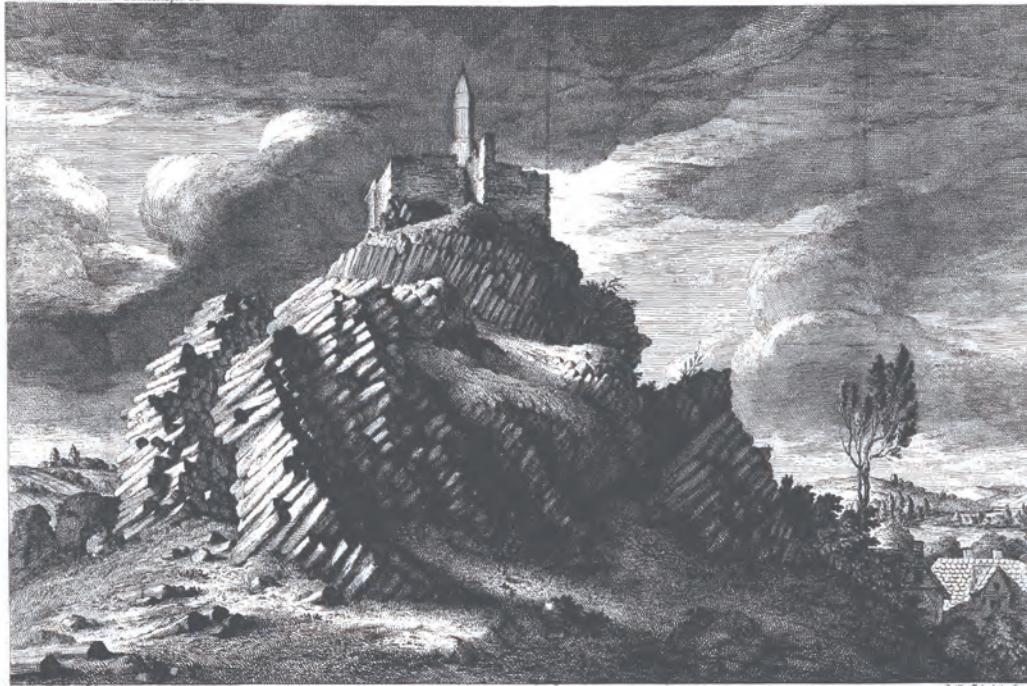
predmetov, v katerih je bilo pogosto našarjeno vsemogoče, odvisno od zanimanja njegovega lastnika. Pomembni deželni knezi so pogosto vzdrževali velike zbirke kuriozitet, skupaj z njihovimi upravniki, kot je bil na primer Raspe. V času svojega službovanja na tem mestu Raspe potuje po Nemčiji ter piše dela z različnih intelektualnih področij, od umetnosti do naravoslovja. V tem času se poroči ter dobi otroke. Za svoj položaj skromnega uradnika živi na nenavadno veliki nogi.

Med njegovimi naravoslovnimi deli iz tega časa velja omeniti knjigo iz leta 1763 z v slovenščino težko prevedljivim naslovom *Specimen Historia Naturalis Globi Teraqui*, kar bi lahko prevedli kot *Primer naravo-*

slovne zgodovine vodne in zemljine oble. V tej knjigi objavi eno prvih znanstvenih teorij o nastanku vulkanov. V delu opiše ugasle, fosilne vulkane na območju Nemčije in razglablja o bazaltnih poligonalnih stolpičih, ki so posledica počasnega ohlajanja magme tik pod površjem Zemlje. Leta 1769 v reviji *Philosophical Transactions*, glasilu Kraljevske znanstvene družbe iz Londona, objavi delo o ledenodobnih živalih. Naslednje leto sledi v isti reviji še objava članka o bazaltih na Hessenskem. Na podlagi teh dveh objav Raspeja sprejmejo v to ugledno in najstarejše znanstveno društvo. Leta 1775 z znatno vsoto denarja odpotuje v Italijo, da bi za zbirko kurozietet nabral in nakupil nove eksponate. Ob povratku v Nemčijo se ne vrne v Cassel, temveč odide v Berlin, od koder v domače mesto po pošti odpošlje le ključe zbirke. Nato pa izgine kot kafa. Že pred odhodom v Italijo so ga sumili, da je iz zbirke odtujil in preprodajal eksponate, predvsem kovance in medalje. S temi postopnimi krajami in prodajami je financiral svoje razkošno življenje in družino. Tudi na poti po Italiji je zapravil ves denar in se vrnil brez težko pričakovanih eksponatov. To je bila kaplja čez rob, lastnik zbirke Frederik II. ukaže za njim razpisati tiralico. Izsledijo ga v Clausthalu in ga celo privedejo na policijsko postajo, vendar mu ponoči uspe pobegniti iz celice. Čez čas se pojavi v Londonu in na celino se ne vrne nikoli več. Nikoli več ne vidi svoje žene in svojih otrok.

V Londonu mu trdo prede. Živi kot revež in se potika po različnih podnajemniških stanovanjih. Skuša se preživljati kot prevajalec in anonimni avtor. Čeprav mu nekateri znanci pomagajo in mu nudijo skromno finančno podporo, mu življenje ne steče. Vržejo ga tudi iz Kraljeve znanstvene družbe. V takšnem položaju mu ne ostane drugega, kot da skuša izkoristiti svoje znanje geologije, metalurgije in rudarstva. V Veliki Britaniji je industrijska revolucija v popolnem razcvetu in lastniki rudnikov potrebujejo strokovno pomoč. Raspe prevzame vlogo

Philos. Trans., Vol. LXI, Tab. XIX, p. 485



Felsberg a castle in Käßia, situated on a Basalt-hill

Ilustracija iz Raspejevega članka o bazaltih, ki ga je leta 1770 objavil v reviji Transactions of the Royal Society of London.

sledilca rude, v posameznih rudnikih prevzame začasno vlogo vodje predelave rud, kasneje prevzame tudi upravništvo celotnih rudnikov. Deluje predvsem na področju polimetalnih rudnikov v Cornwallu in Derbyshireju. Pri tem Raspe intenzivno eksperimentira z različnimi rudami in predelovalnimi postopki, predvsem z namenom boljše ekonomske izkoristljivosti rud in učinkovitejše ekstrakcije kovin. Med temi poskusi mu uspe predelati tudi wolfram, česar pa ne objavi. Šele nekaj desetletij kasneje se izkaže, da je bil Raspe prvi, ki mu je uspelo proizvesti to nenavadno in dragoceno kovino.

Svojemu nezavidljivemu položaju izobčenca in tatu navkljub si v Veliki Britaniji zelo prizadeva, da bi se vrnil v intelektualno

srenjo. Prevaja in sodeluje pri pisanju različnih del. Leta 1776 v angleščino prevede in nekoliko razširi svoje latinsko delo o vulkanih in ga naslovi *An Account of Some German Volcanoes* (*Premislek o nekaterih nemških vulkanih*). V to obdobje sodi tudi nastanek pripovedi barona Münchhausna ali Lažnivega Kljukca. Iz nemščine prevaja tudi druga znanstvena dela, na nekaterih je naveden kot prevajalec, nekatera pa je verjetno prevedel tudi anonimno, vendar katera, ni znano. Tudi v Angliji ga spremljajo afere in čudne zgodbe. Ponekod ga cenijo, drugod ga imajo za šarlatana in prevaranta. Svojo življenjsko pot konča tragično. Kot upravnik rudnika v Killarneyu na Irskem leta 1794 umre za posledicami tifusa.

Raspe je svojega najbolj znanega junaka oblikoval na podlagi nekaterih starejših zgodb, ki naj bi imele svoj izvor na Portugalskem, predvsem pa je zgodbe povzel in priredil na podlagi pripovedovanj resnične

osebe Hieronymusa Carla Friedricha von Münchhausna, konjeniškega oficirja, ki je v svoji mladosti služboval v Rusiji. Hieronymus je bil sorodnik drugega, v tistem času mnogo pomembnejšega plemenitega moža Gerlacha Adolpha von Münchhausna, vodje dvorne pisarne – premierja na hannoveranskem dvoru, katerega uslužbenec je Raspe nekaj časa bil. Gerlach von Münchhausen je bil med drugim med ustanovitelji Univerze v Göttingenu, ki je do druge svetovne vojne v razvoju znanosti imela izredno pomembno vlogo. Zgodovina pravi, da je Raspe Hieronymusa von Münchhausna osebno poznal in da je k njemu rad zahajal, saj je ta z veseljem pripovedoval svoje zgodbe vsakomur, ki ga je bil voljan poslušati. Žal mu slava, za katero je poskrbel Raspe, ni godila, na njegovo posestvo so se začeli zgrinjati obiskovalci in številni radovedneži, ki so se iz ostarelega plemiča tudi norčevali. Nekaj let po izidu knjige je pravi von Münchhausen užaloščen in ponižan umrl.

Ali je Raspe na svoji poti v Italijo prečkal tudi ozemlje današnje Slovenije, ni znano. Kljub temu je njegovo znanstveno delo pomembno tudi za razumevanje razvoja montanistike v naših krajih. V vlogi prevajalca je iz nemščine v angleščino prevajal dela švedskega mineraloga in rudarskega strokovnjaka Johanna Jacoba Ferberja in avstrijsko-madžarskega polihistorja in humanista Ignacija von Borna, dveh pomembnih razsvetljenskih intelektualcev, ki sta se v veliki meri posvečala prav raziskavam mineralogije in geologije. Ferber je avtor prvega strokovnega opisa rudnika živega srebra v Idriji iz leta 1774. Kot kažejo zadnje raziskave, je soavtor ali celo glavni avtor tega dela verjetno von Born. Raspe dela o Idriji sicer ni prevedel ali pa tega prevoda še ne poznamo, prevedel pa je večje število del obeh polihistorjev. Med temi prevodi se je znašlo tudi Ferberjevo delo *Pisma iz Italije*. V tej knjigi pisem je kot prvo objavljeno Ferberjevo pismo von Bornu iz Benetk. Pismo je bilo napisano konec septembra 1772. V njem Ferber opiše

svojo pot po Sloveniji, ko z Dunaja preko Maribora in Ljubljane obišče rudnik v Idriji in notranjska kraška polja, nato pa se preko Vipave in Gorice odpravi v Benetke. To pismo je za zgodovino geologije na Slovenskem izredno pomembno. Z njegovo pomočjo lahko ugotovimo, da je bil Ferber v Idriji sredi septembra 1772, še bolj kot to pa je pomembno, da imamo v pismu opraviti z enim prvih znanstveno utemeljenih opisov geoloških razmer na tedanjem Spodnjem Štajerskem in Kranjskem.

Poleg tega, da je Raspe dognanja Ferberja in von Borna posredoval angleškemu bralcu, so pomembne tudi njegove obsežne uvodne študije, v katerih se je lotil interpretacije nastanka rudišč, ki jih obravnavata oba avtorja, in tako razglablja tudi o nastanku in vlogi rudnika v Idriji.

Stiki Raspeja, Ferberja, predvsem pa von Borna z nekdanjo Kranjsko se kažejo kot izredno zanimivi in terjajo podrobnejše zgodovinske raziskave. Že sedaj vemo, da je imel von Born stike s Zoisovim krogom, da je zelo tesno sodeloval z Antonijem Scopolijem, ko je bil ta v Idriji, in da sta z njim sodelovala tudi brata Gruber. Prav tako ostaja do nadaljnjega odprta tudi Raspejeva vloga pri posredovanju informacij o geologiji Zoisovemu krogu. Zois je v svoji knjižnici imel Raspejevo latinsko delo o vulkanih iz leta 1763.

Viri in literatura:

- Brenčič, M., 2014: *Nastanek Ferberjeve knjige o Idrijskem rudniku*. *Idrijski razgledi*, 54 (2), v tisku.
- Bürger, G. A., 1956: *Čudovita potovanja po kopnem in morju, vojni pohodi in zabavne prigode barona Münchhausna ali po naše Lažnivega Kljukca, kakor jih sam pripoveduje svojim prijateljem ob čaši vina*. Prevedel dr. Vladimir Kralj. Ljubljana: Mladinska knjiga, 171 str.
- Carswell, J., 1950: *The Prospector - Beign the Life and Times of Rudolf Erich Raspe*. London: The Cresset Press, 278 str.
- Čar, J., 1991: *Ferberjev prispevek k poznavanju idrijskega živosrebrovega rudnika*. Zbornik za zgodovino naravoslovja in tehnike, 11: 211-217.
- Raspe, R. E., 1895: *The Surprising Adventures of Baron Munchausen*. Knjiga dostopna v okviru spletnega projekta Gutenberg (<http://www.gutenberg.org/>).

Nenavadni fosilni raki vitičnjaki

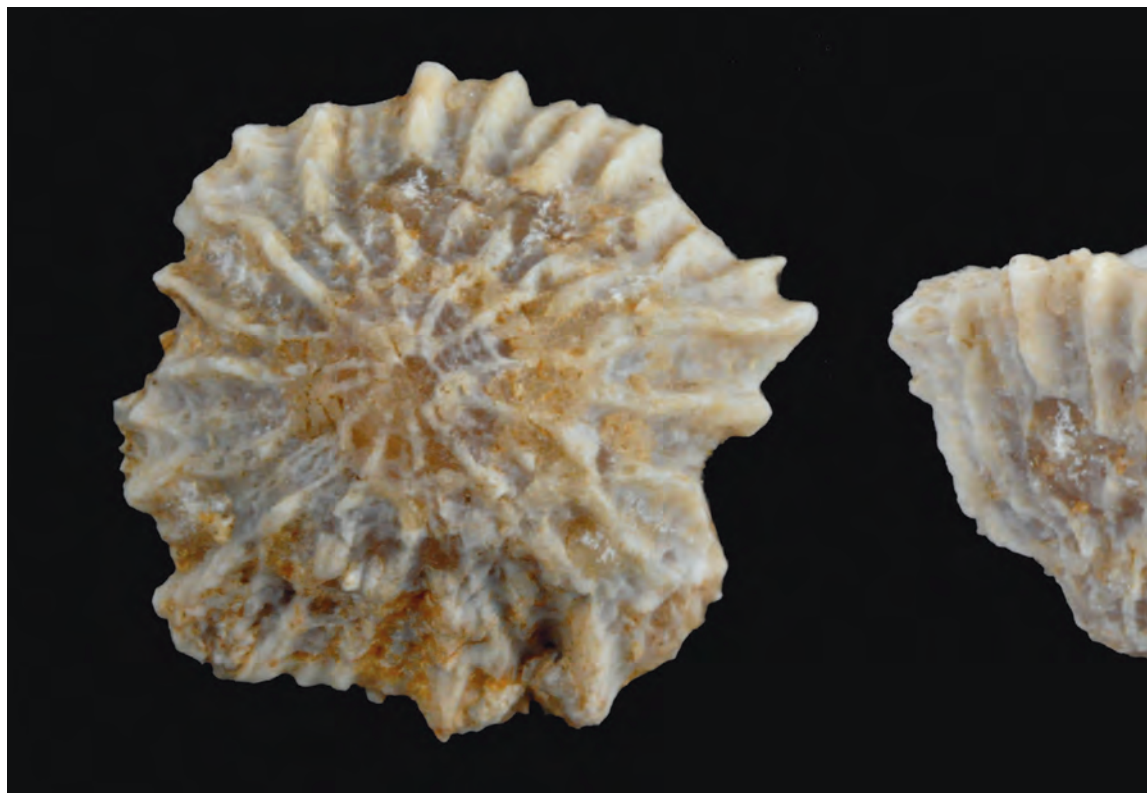
Matija Križnar

Vsakdo pozna tiste majhne lupinice, ki so prilepljene na skalah ob morski obali. Zelo težko jih je odluščiti od kamna in so včasih prava nadlega, ko skušamo v vodo. To so lupine rakov vitičnjakov ali ciripednih rakov. Mnogo njihovih sorodnikov živi po vseh svetovnih morjih in poseljujejo obale, morsko dno, koralne grebene in celo nekatere morske sesalce (kiti in želve).

Fosilnih ostankov rakov vitičnjakov je po nekod izjemno veliko, saj se njihove lupine trde. Prvi predstavniki rakov vitičnjakov se pojavijo že v paleozoiku. V Sloveniji poznamo kar nekaj nahajališč njihovih ostankov iz terciarnih plasti. Verjetno najbolj znano

je tisto pri Govcah nad Laškim, kjer smo odkrili tudi zelo velike primerke rodu *Balanus*. Seveda je tudi drugod po miocenskih nahajališčih fosilov mogoče najti posamezne lupine školjk s pritrjenimi lupinami rakov vitičnjakov.

V miocenskih plasteh Dupleka pri Mariboru so odkrili tudi manjše koralne grebene, ki so takrat uspevali v zelo toplem in čistem morju. Poleg koral so našli tudi školjke, polže in nenavadne ostanke rakov vitičnjakov. Miocenski ostanki rakov vitičnjakov so nenavadnih oblik in so veliki le približno deset milimetrov. Na prvi pogled spominjajo na majhne korale, a je to le prilagoditev, saj so ti vitičnjaki živeli skriti med posamezni-



Dva primerka ciripednih rakov iz najdišča pri Šentilju. Najdba in zbirka Dean Šauperl.

Foto: Matija Križnar.



Ciripedni rak (Creusia darwiana) iz miocenskih plasti pri Dupleku.

Našel Franc Pajtler, hrani Prirodoslovni muzej Slovenije.

Foto: Matija Križnar.





Creusia darwiana v življenjskem položaju (obkrožen) med koraliti. Primerek je iz miocenskih plasti kamnoloma na Avstrijskem Štajerskem. Najdba in zbirka: Dean Šauperl. Foto: Matija Križnar.

mi koralnimi polipi. Fosilni ostanki rakov vitičnjakov iz Dupleka pripadajo vrsti *Creusia darwiana*. Zelo podobne ostanke smo našli tudi v okolici Šentilja v zelo podobnih miocenskih plasteh. Zagotovo so se raki vitičnjaki ohranili še drugod v miocenskih plasteh vzhodne Slovenije, kjer so bili podobne razmere za rast koralnih grebenov kot v sosednji Avstriji, iz katere prav tako poročajo o najdbah vrste *Creusia darwiana*. Čeprav majhni in neopazni ostanki rakov vitičnjakov rodu *Creusia* kažejo na zanimivo simbiozo s koralami, kakršno srečamo tudi danes. Združba koral, rakov vitičnjakov in drugih organizmov dopolnjuje pogled na miocenska okolja v okolici Maribora, še zlasti ob dejstvu, da so bili večji koralni grebenčki zelo redki.

Literatura:

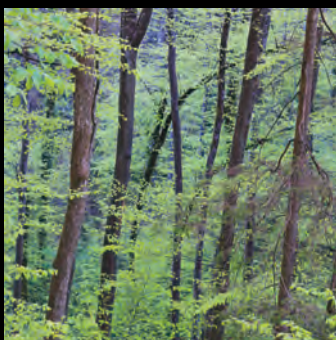
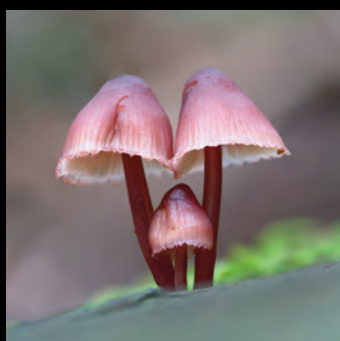
- Schultz, O., 1998: *Tertiärfossilien Österreichs – Wirbellose, niedere Wirbeltiere und marine Säugetiere*. Korb: Goldschneck-Verlag. 160 str.
- Baluk, W., Radwanski, A., 1967: *Miocene cirripeds domiciled in corals*. *Acta Palaentologica Polonica*, 7 (4): 457–513.

PROTEUS

letnik **76**
www.proteus.si



mesečnik za poljudno naravoslovje



Stvarno kazalo

Uvodnik

Tomaž Sajovic 4, 52, 100, 148, 196, 244, 292, 340, 390

Članki

Mihael J. Toman: *Natura 2000* – omrežje izbranih varstvenih območij 6

Ksenija Slavec, Alenka Radšel Medvešček: Gripa in možnosti njenega preprečevanje 15

Janez Strnad: ITER – pot 21

Kazimir Tarman: Alfred Russel Wallace – evolucionist v Darwinovi senci 27

Miloš Markič: Oljni skrilavci – po svetu in pri nas 55

Zvonka Zupanič Slavec: Rumena mrzlica in malarija – množični morilki pri gradnji Panamskega prekopa. Ob stoletnici gradnje in njegovi načrtovani širitvi 70

Janez Strnad: Sto let Braggovega načina preiskovanja kristalov 77

Alenka Gaberščik: Spremenjenost biosfere prispeva k spremembam ozračja in podnebja 103

Mirjan Žorž: Razvrščanje kristalov po njihovih oblikah (prvi del) 108

Tomaž Rott: Patologija, kraljica medicine 113

Tina Bregant: Moč in pomen dotika za novorojenčka in dojenčka 151

Mirjan Žorž: Razvrščanje kristalov po njihovih oblikah (drugi del) 157

Blaz Podgoršek, Gregor Lakner: Kje boš zarislal črto? Tabuji v sodobni medicini 173

Janja Trček: Ocetnokislinske bakterije imajo številne zanimive lastnosti 199

Omar Alhady: Spon-

tani pnevmotoraks 203

Mirjan Žorž: Razvrščanje kristalov po njihovih oblikah (tretji del) 212

Janez Strnad: Subjektivna interpretacija kvantne mehanike 221

Danijel Bezek: Viktor Repanšek – oče prvih slovenskih sort krompirja 224

Jana Erjavec: Gobe in zaklad, ki se skriva v njih 247

Aleksandar Gavrić: Miro Košak – utemeljitelj srčno žilne kirurgije v Sloveniji 255

Mirjan Žorž: Razvrščanje kristalov po njihovih oblikah (četrti del) 264

Janez Strnad: Stoletnica Franck-Hertzevega poskusa 271

Franjo Drole: Rakov škocjan in Planinsko polje 2014 275

Luka Pintar: *Abrus precatorius* L. – opozorilo tistim, ki potujejo v trope ali subtropo 281

Matija Križnar: Malteško otočje – geološka in paleontološka zakladnica 301

Mirjan Žorž: Razvrščanje kristalov po njihovih oblikah (peti del) 309

Karin Ljubič, Iztok Fister mlajši: Pomen oblike in velikosti organizma pri izmenjavi snovi z okoljem 316

Dare Šere, Iztok Vrešč: Prvič ugotovljen v Sloveniji: rubinasti slavec (*Luscinia caliope*) 322

Daniel Rojšek: Jamski led v Paradani 343

Marina Dermastia: Difenbahija in njeno skrivno ljubezensko življenje z živalmi 350

Andrej Gogala: Zdravljenje skolioze v odrasli dobi brez operacije. 1. del:

Zgodba 358

Janez Strnad: Polarizacija prasevanja in inflacija vesolja 366

Janja Trček: Oksalotrofne bakterije s tvorbo kalcita prispevajo k zniževanju koncentracije ogljikovega dioksida v ozračju 372

Peter Strgar, Polona Strgar in Branko Zupan: Najvišje doslej znano nahajališče lepega čevlčca (*Cypripedium calceolus*) v Triglavskem pogorju in v Sloveniji sploh 374

Ivanka Cizelj, Saša Kastelic: Majhne, a mogočne: mikoplazme v boju za preživetje 393

Marina Dermastia: Fitoplazme ali življenje na genskem minimumu 398

Andrej Gogala: Zdravljenje skolioze v odrasli dobi brez operacije. 2. del: Razprava 405

Marko Kreft, Jernej Jorgačevski: Mikroskopija, ki presega meje optične ločljivosti 413

Mihael Brenčič: Ali je bil Lažnivi Kljukec geolog? 419

Matija Križnar: Ne navadni fosilni raki vitičnjaki 426

Boštjan Dvořák: O jamamaju in sorodnih prelcih. Dr. Janu Carneluttiju v slovo 437

Jože Skumavec: Drevesna dediščina v blejskih parkih in okolici 445

Mirjan Žorž, Igor Dolinar, Miha Jeršek, Rafael Šerjak, Gregor Kobler, Jože Pristavec: Spinelno dvojčenje kremenca s Slivnice 458

Jurij Kurillo: Noč rakunov 467

Miha Krofel: Rakuni v Sloveniji 468

Študentska ekskurzija Kostarika 2012

Boris Sket: Kostarika

– marsičesa o njej še ne vemo 64

Nobelove nagrade za leto 2013

Janez Strnad: Nobelova nagrada iz fizike za leto 2013 120

Nina Vardjan, Robert Zorec: Celični promet mešičkov. Nobelova nagrada za fiziologijo ali medicino 2013 166

Janez Mavri: Nobelova nagrada za kemijo 2013: Razvoj večnijskih modelov za simulacije kompleksnih molekularnih sistemov 216

Biologija v šoli

Jože Mlakar: Razvoj življenja od molekule do človeka 36

Pogovori

Janez Strnad: Pogovor s profesorjem Tomažem Zwittrom 295

Cvetje v jeseni

Branko Dolinar: Zavita škrbica (*Spiranthes spiralis* (L.) Chevall.) 39

Naravoslovna fotografija

Petra Draškovič: Etika v naravoslovni fotografiji 469

Fotografski natečaj za mlade naravoslovne fotografe za leto 2013

Petra Draškovič: Rezultati natečaja naravoslovne fotografije za leto 2013 124

Študijski krožek *Svet v dlaneh – skozi druge kulture spoznavamo sebe*

Vlado Bernetič, Špela Pahor: Razstava podvodne fotografije Tihomirja Makovca v Mestni knjižnici Izola in predstavitev ekoloških raziskav v akvatoriju Luke Koper v mesecu oktobru 2013 177

Srečanje Azija-Evropa

Katja Šporar: Izzivi ohranjanja biotske pestrosti v tropskih ekosistemih – delavnica *Srečanja Azija-Evropa (ASEM)* 82

Wraberjeva knjižnica v ljubljanskem Botaničnem vrtu

Jože Bavcon: Ko so ti knjige del življenja, potem ima vsaka knjiga svojo zgodbo 130

Naše nebo

Mirko Kokole: Nebo v septembru 41

Mirko Kokole: Rjave pritlikavke ali orjaški planeti? 90

Mirko Kokole: Jupiter in Dvojčka 137

Mirko Kokole: Bik in argonove molekule 185

Mirko Kokole: Kometa in vesoljska sonda Rosetta 231

Mirko Kokole: Pomladansko nebo 283

Mirko Kokole: Čarliko, prvi asteroid z obročem 331

Mirko Kokole: Odkrili Zemlji podobni planet v bivalnem območju zvezde 377

Mirko Kokole: Našli izgubljenega brata našega Sonca 473

Nove knjige

Igor Dakskobler: Bavconovo življenje z rastlinami v knjižni izdaji 87

Igor Dakskobler: *Moj prvi vodnik po živalskem in rastlinskem svetu* 228

Matija Gogala: *Narava Bele krajine* 330

Darko Ogrin: Monografija o Sloveniji in njenih pokrajinah 376

V spomin

Igor Dakskobler: Prof. mag. Dušan Robič (1933-2013) 88

- Jernej Pavšič, Vasja Mikuž: Rajku Pavlovcu v spomin (1932–2013) **134**
- Marjana Regvar: Rastlinski fiziologinji profesorici Nadi Gogala v spomin **182**
- Daniel Rojšek: Profesorju Ivanu Gamsu v spomin **328**
- Počastitve**
- Matija Gogala: Trg Ivana Regna v Gore-nji vasi **230**
- Društvene vesti**
- Janja Benedik: Članski program Prirodoslovnega društva Slovenije za leto 2013/2014 **44**
- Angleški povzetki**
- Andreja Salamon Verbič **46, 94, 139, 188, 234, 285, 334, 380, 475**
- Letno kazalo**
- Tomaž Sajovic **429**
- Kazalo avtorjev**
- Alhady, Omar **203**
- Bavcon, Jože **130**
- Benedik, Janja **44**
- Bernetič, Vlado **177**
- Bezek, Danijel **224**
- Bregant, Tina **151**
- Brenčič, Mihael **419**
- Cizelj, Ivanka **393**
- Dakskobler, Igor **87, 88, 228**
- Dermastia, Marina **350, 398**
- Dolinar, Branko **39**
- Dolinar, Igor **458**
- Draškovič, Petra **124, 469**
- Drole, Franjo **275**
- Dvořák, Boštjan **437**
- Erjavec, Jana **247**
- Fister mlajši, Iztok **316**
- Gabersčik, Alenka **103**
- Gavrić, Aleksandar **255**
- Gogala, Andrej **358, 405**
- Gogala, Matija **230, 330**
- Jeršek, Miha **458**
- Jorgačevski, Jernej **413**
- Kastelic, Saša **393**
- Kobler, Gregor **458**
- Kokole, Mirko **41, 90, 137, 185, 231, 283, 331, 377, 301, 473**
- Kreft, Marko **413**
- Križnar, Matija **301, 426**
- Krofel, Miha **468**
- Kurillo, Jurij **467**
- Lakner, Gregor **173**
- Ljubič, Karin **316**
- Markič, Miloš **55**
- Mavri, Janez **216**
- Mikuž, Vasja **134**
- Mlakar, Jože **36**
- Ogrin, Darko **376**
- Pahor, Špela **177**
- Pavšič, Jernej **134**
- Pintar, Luka **281**
- Podgoršek, Blaž **173**
- Pristavec, Jože **458**
- Radšel Medvešek, Alenka **15**
- Regvar, Marjana **182**
- Rojšek, Daniel **328, 343**
- Rott, Tomaž **113**
- Sajovic, Tomaž **4, 52, 100, 148, 196, 244, 292, 340, 390, 429**
- Sket, Boris **64**
- Skumavec, Jože **445**
- Slavec, Ksenija **15**
- Strgar, Peter **374**
- Strgar, Polona **374**
- Strnad, Janez **21, 77, 120, 221, 271, 295, 366**
- Šalomon Verbič, Andreja **46, 94, 139, 188, 234, 285, 334, 380, 475**
- Šere, Dare **322**
- Šerjak, Rafael **458**
- Šporar, Katja **82**
- Tarman, Kazimir **27**
- Toman, Mihael J. **6**
- Trček, Janja **199, 372**
- Vardjan, Nina **166**
- Vreš, Iztok **322**
- Zorec, Robert **166**
- Zupan, Branko **374**
- Zupanič Slavec, Zvonka **70**
- Žorž, Mirjan **108, 157, 212, 264, 309, 458**
- Kazalo gesel**
- α -proteobakterije **372**
- Abbe, Ernst **413**
- Abrus precatorius* L. **281**
- Acetobacter* (rod ocet-nokislinskih bakterij) **199**
- adolescentna skolioza **405**
- Aedes aegypti*, komar, prenašalec rumene mrzlice **70**
- aktinobakterije **372**
- ameriški škržatek (*Scaphoideus titanus* Ball) **398**
- amfilina molekula **216**
- andradit **264**
- anestezija **255**
- Andesipyrigus*, polžek **64**
- Anopheles*, komar, prenašalec malarije **70**
- Antheraea mylitta*, indijski hrastov prelec **437**
- Antheraea pernyi*, kitajski hrastov prelec **437**
- Antheraea polyphemus*, polifem **437**
- Antheraea yamamai*, japonski hrastov prelec, jamamaj **437**
- antidenci **120**
- antigen **393**
- antimonit **157**
- antimorfna simetrija **157**
- apofilit **264**
- Araceae, kačnikovke **350**
- arahidonska kislina **216**
- arbovirusi (virusi rumene mrzlice) **70**
- Archaeopteryx*, kozica **64**
- arterijski krvni tlak **247**
- asanacija (sanitacija) **70**
- asteroseizmologija **41**
- astrociti **166, 413**
- astrofizika **295**
- astronomija **41, 90, 134, 185, 231, 283, 295, 331, 377, 473**
- atom **271**
- atomsko jedro **271**
- Atya*, sladkovodne kozice **64**
- Atyidae, sladkovodne kozice **64**
- Avstralski astronomski observatorij, Sid-ing Spring **295**
- avtopsija (obdukcija) **113**
- azurit **157**
- β -proteobakterije **372**
- bakterije **393**
- barit **157**
- barjanski okarček (*Coenonympha oedippus*) **6**
- Barkla, Charles Glover **77**
- Bavcon, Jože: *Naše rastline* (2013) (Nove knjige) **87**
- Bayes, Thomas **221**
- bazilisk (kot raznašalec semen difenbahije) **350**
- beljakovina lentin **247**
- beljakovinsko vezani polisaharid (PSK, Krestin) **247**
- benigne novotvorbe (tumorji) **113**
- Bergmannovo pravilo **316**
- beril **309**
- Betz, Abbate **301**
- BICEP2 (Background Imaging for Cosmic Extragalactic Polarization), raziskovalna skupina **366**
- biogeni amini **216**
- biogeografija **64**
- biologija **182**
- biologija in podnebne spremembe **103**
- biologija v šoli **36**
- biološko aktivne molekule v gobah **247**
- biomedicina **216**
- (bio)molekularne simulacije **216**
- biosfera (živi svet) **103**
- biosintetska sposobnost mikoplazem **393**
- biosinteza **372**
- biotehnologija **247**
- biotska raznovrstnost **6**
- bolometer **366**
- Born, Ignacij von **419**
- botanika **39, 281, 350, 374**
- božična zvezda (*Euphorbia pulcherrima*) **398**
- Bragg, William Henry **77**
- Bragg, William Lawrence **77**
- Braggova enačba **77**
- brazilski dvojčki **458**
- bronhoskopija **255**
- bukov ostrigar (*Pleurotus ostreatus*) **247**
- bulozni emfizem **203**
- C-taktilna živčna vlakna **151**
- cAMP (ciklični adenozin monofosfat, sekundarni prenašalec) **166**
- Campanya, Louis (francoski zdravnik) **70**
- celica **166**
- celice kvasa (*Saccharomyces cerevisiae*) **166**
- celična absorpcija **316**
- celična rast **316**
- celični organel **166**
- celični promet mešičkov **166**
- celično izločanje **316**
- celično razmnoževanje **316**
- cepitev atomskih jeder (fisija) **21**
- cepljenje proti gripi **15**
- CERN **120**
- Chironomidae, mušice trzače **64**
- Chlamydia*, pektinidne školjke **301**
- cinabarit **212**
- cirkon **264, 393**
- citadhezin **393**
- citokin interferon- γ **166**
- citoplazma **166**
- citoplazemska membrana **199**
- citoplazemski elementi **113**
- citoskelet **166, 413**
- citosolna aktivnost ionov Ca^{2+} **166**
- citosolna koncentracija glukoze **166**
- COBE (Cosmic Background Explorer) **366**
- Coenonympha oedippus*, barjanski okarček **6**
- Copepoda, rakci ceponožci **64**
- Creusia darwiana*, rak vitičnjak **426**
- CT-afarentna živčna vlakna **151**
- Cygnus falconeri*, labod **301**
- Cypripedium calceolus*, lepi čevlji **374**
- čadovec **212**
- Čariklo, asteroid z obročem **331**
- črni glinavci **55**
- črpalka za zunajtelesni krvni obtok, razvoj **255**
- Daira speciosa*, rakovica **301**
- Darwin, Charles **27**
- DeBakey, Michael E. **255**
- degenerativna evulucija **393**
- Demonstracijska

- elektrarna (Demonstration power plant, DEMO) 21
 dendrologija 445
Deset korakov k uspešnemu dojenju (Mednarodna pediatrična zveza), listina 151
 desetštevna simetrija 309
Desmodus rotundus, netopir vampir 64
 diagnostična kateterizacija 255
 difuzija 166, 316
 dihanje 103
 dikroično zrcalo 413
 dipentagonska bipiramida 309
Direktiva o pticah, 1979 (79/409/EGS) 6
Direktiva o habitatih, 1979 (92/43/EGS) 6
 disdiakistriakontaeder 309
 dišeča tramovka (*Gleophyllum odoratum*) 247
 ditetragonalna bipiramida 264
 dojenje 151
 dolgoperiodni kometi 231
 dolomit 212
 dotik kot sredstvo komunikacije 151
 dravt 212
 drevesna dediščina v blejskih parkih in okolici 445
 drevesna žabica (*Polypedates macrotis*) 82
 Duplek pri Mariboru, najdišče rakov vitičnjakov 426
 dvanajstštevna simetrija 309
 dvojčenje kristalov 309
 dvoštevna antimorfija 157
 dvoštevne kristalografske osi 108, 157
 dvoštevni minerali 157
Echinolampas, morski ježki 301
 Einstein, Albert 77
 ekologija 350, 467, 468
 eksocitoza 166
 ekstremni vodostaj 275
 elektotermni organizmi 316
 elektromagnetna interakcija 120
 elektromagnetno valovanje 366
 elektron 120, 271
 elektronska mikroskopska kopija 413
 elektrošibka interakcija 120
 elektrošibka teorija 120
 Elmidae, hrošči 64
 encimologija 216
 endobronhialna intubacija 255
 endometrioza
 endosimbionti 166
 endotermni organizmi 316
 energija atomov 271
 enoštevna antimorfija 108
 enoštevni minerali 108
 etika v naravoslovni fotografiji 469
 etiopatogeneza bolezenskih sprememb 113
Euphorbia pulcherrima, božična zvezda 398
 evkarionti 166
 evkariontska celica 166
 fagocitotna aktivnost 393
 fanerozoik 103
 fazna variacija 393
 Ferber, Johann Jacob, švedski mineralog in rudarski strokovnjak, pisec dela *Pisma iz Italije* 419
 firmikuti 372
 fisija (cepitev atomskih jeder) 21
 fitoplankton (rastlinski plankton) 103
 fitoplazemski genomi 398
 fitoplazemski gostitelj 398
 fitoplazme 398
 fitoplazme kot povzročiteljice bolezenskih rastlin 398
 fizika 21, 77, 120, 221, 271, 295, 366, 413
 floem 398
 fluorescenčni mikroskop STED (STimulated Emission Depletion, vzbujeno praznjenje emisije) 413
 fluorescenčno označeni mešički 166
 fluorit 264
 fluoroapatit 264
 fluoroapofil 264
 fluorokrom 413
 foraminifere 301
 Forsskål, Petrus 301
 fosfor (sproščanje) 103
 fosili 301
 fosilna goriva 55
 fosilni vretenčarji 301
 fosilni zobje morskih psov 301
 fotoavtotrofi 103
 fotolitični razpad molekul 166
 foton 120, 271
 fotorepiracija 103
 Franck-Hertzjev poskus, stoletnica 271
 Franck James 271
 Friedrich, Walther 77
 Fusion for Energy (F4E, Zlivanje za energijo), Cadarache v Franciji 21
 fuzija (zlivanje atomskih jeder, termonuklearna reakcija) 21
 fuzijski reaktor (termonuklearni reaktor, reaktor na zlivanje) 21
 γ-proteobakterije 372
 galenit 264
 Gams, Ivan (1923–2014) 328
Ganoderma lucidum, svetlikava pološčenka 247
Ganoderma spp., pološčenke 247
 genetska variabilnost fitoplazem 398
 genom mikoplazme 393
 geografija 328, 376
 geologija 55, 134, 301, 419
 geološki radar 343
Gleophyllum odoratum, dišeča tramovka 247
 glija 166
 glijini prenašalci 413
 glikogen 166
 globigerinski apnenec 301
Gluconobacter (rod oacetnokislinskih bakterij) 199
 glukoza 166
 gluon 120
 goba (plodišče) 247
 gobe in tradicionalna medicina 247
 gobe in moderna medicina 247
 gobe kot kazalci onesnaženosti tal 247
 gobe, vir biološko aktivnih snovi 247
 Gogala, Nada (1937–2013) 182
 Gorgas, William Crawford (ameriški zdravnik) 70
 gozd 103
 Gozdni in botanični rezervat Paradana 343
 Gozo 301
 granati 264
 gravitacijsko lečenje 366
 gravitacijsko valovanje 366
Grifola frondosa, velika zraščanka 247
 gripa (influenca) 15
 Guth, Alan 366
Gymnadenia conopsea, navadni kukovičnik 39
Haemagogus, komar, prenašalec rumene mrzlice 70
 halit 264
 heksagonalna prizma 309
 heksagonalna bipiramida 309
 heksagonalna simetrija 458
 heksagonalni sistem 108
 heksakisoktaeder 264, 458
 Hell, Stefan W. 413
 hemaglutinacija 393
 hematit 212
 hematopnevmotoraks 203
 hemimorf 157
 hemimorfni minerali 157
 hemoglobin 166
 Hertz, Gustav 271
 heulandit 157
 hidratirani proteini 216
 hidropnevmotoraks 203
 Higgs, Peter W. 120
 Higgsov bozon 120
 Higgsovo polje 120
 Hijade 185
 Hipokrat 203, 358
 holomorfija 157, 264
 Hooker, Joseph, botanik 27
 hrbtnica 358
 hrošči (Elmidae) 64
 Humboldt, Alexander von 27
 iatrogeni pnevmotoraks 203
 idiomorfni kristali 108
 idiopatska skolioza 405
 ikozaeder 309
 ikozaedrit 108, 309
 ikozaedrična simetrija 108
 ikozaedrični petštevni minerali 309
 imunohistokemija 113
 imunohistologija 113
 imunomodulacijske lastnosti učinkovin iz gob 247
 imunski odgovor 393
 imunski sistem 166
 ininflacija vesolja 366
 insekticidi 70
 insekticidne lastnosti učinkovin iz gob 247
 interakcija rastlin z nemikoriznimi glivami in rastlinskimi virusi 182
 intersticijska voda 64
 invazivne vrste 103
 ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor, Mednarodni termionuklearni poskusni reaktor, Pot) 21
 izmenjava snovi z okoljem 316
 izpusti ogljikovega dioksida (vzroki) 103
 jamamaj 437
 jamska kozica (*Troglocaris anophthalmus*) 64

- jamski led Paradane **343**
japonski hrastov prelec, jamamaj (*Antheraea yamamai*) **437**
jasmonska kislina kot signalna molekula pri razvoju rastlin **182**
jedrska fuzija devterija **90**
Jupiter **137, 283**
- kačnikovke (Araceae) **350**
kalcijev oksalat **372**
kalcijev oksalat, kristali (v koreninah kačnikovk) **350**
kalcit **212, 372, 458**
karakteristično rentgensko sevanje **77**
Karplus, Martin **216**
katamenialni pnevmotoraks **203**
kavstobioliti **55**
kemična sinapsa **166**
kemija **216**
kemoterapija **247**
kengurunčkanje **151**
kentavri (asteroidi med Saturnom in Uranom) **331**
Kepler, vesoljski teleskop **41**
kinin **70**
kitajski hrastov prelec (*Antheraea pernyi*) **437**
klasifikacija toksičnosti (Svetovna zdravstvena organizacija) **281**
klastične kamnine **301**
kloroplast **166**
kmetijsko šolstvo **224**
komar (*Aedes aegypti*), prenašalec rumene mrzlice **70**
komar (*Anopheles*), prenašalec malarije **70**
komar (*Haemagogus*), prenašalec rumene mrzlice **70**
komet 67P/Churyumov-Gerasimenko **231**
komet ISON **137**
kompleksni molekulski sistemi **216**
konfokalni mikroskop **413**
konvekcija **166**
kopičenje ogljika v usedlinah **103**
koralinaceje (rdeče alge) **301**
koronarna revasku-
- larizacija (CABG, Coronary Artery Bypass Graft) **255**
korone morskih ježkov **301**
Kostarika **64**
Košak, Miro, utemeljitelj srčno-žilne kirurgije v Sloveniji **255**
kozica (*Archaeopteryx*) **64**
kozmetična plastična kirurgija **173**
krasoslovje **275, 328**
kraljski pojavi **343**
kratkoperiodni kometi **231**
kremen **157, 212, 458**
kremno rumeni globigerinski apnenci **301**
kristali **77, 108, 157, 212, 264, 309**
kristalna mreža **77**
kristalni razred (singonija) **108**
kristalni spektrometer **77**
kristalografija **108, 157, 212, 264, 309**
kristalografska os **108**
kristalografski sistem **108**
kroglasta (globularna) kroglasta kopica M13 v Herkulu **473**
kroženje vode **103**
krožni kromosomi **398**
Kruger, Dolores, medicinska sestra **151**
krvne celice **166**
krvni sladkor **247**
kubična holomorfija **264**
kubooktaedrični kristal **309**
Kuiperjev pas **231, 331**
kukavice (*Orbis*) **39**
kukavičevke (*Orchidaceae*) **39**
Kunaver, Pavel **343**
kvantna mehanika **221, 271, 366**
kvantna teorija gravitacijskega polja **366**
kvantni bayesijанизem (QBizem) **221**
kvarki **120**
- Laboratorij za računalniške bioiznanosti in bioinformatiko (Kemijski inštitut v Ljubljani) **216**
lamele **458**
larvicidi **70**
laser **413**
Laue, Max **77**
Lavrič, Božidar **255**
LDL-holesterol **247**
ledvena lordoza **405**
lektin abrin, celični strup **281**
lentinan **247**
Lentinus edodes, užitni nazobčanec **247**
lepi čevlji (*Cypripedium calceolus*) **374**
lepidopterologija **437**
leptin **405**
eptoni **120**
levastatin **247**
levcit **264**
Levitt, Michael **216**
Linde, Andrei **366**
linearno polarizirano valovanje **366**
ločljivost v mikroskopiji **413**
Luscinia, slavci **322**
Luscinia calliope, rubinasti slavec **322**
Luscinia luscinia, veliki slavec **322**
Luscinia megarhynchos, mali slavec **322**
Luscinia svecica, modra taščica **322**
Lyell, Charles, geolog **27**
- Machovi poskusi svilgojstva **437**
mačja ušesa (*Ophrys*) **39**
magnetiti **264, 458**
magnetohidrodinamični generator **21**
magnezit **458**
Malajski arhipelag (pisec Alfred Russel Wallace) **27**
malarija **70**
mali medvedi (*Procyonidae*) **467**
Mali naravni most **275**
mali slavec (*Luscinia megarhynchos*) **322**
maligne novotvorbe (tumorji) **113**
Malteško otočje **301**
Malthus, Thomas Robert **27**
Mars **283**
marshit **458**
- materialna sestava Osončja **231**
medatomske interakcijske energije **216**
medicina **15, 70, 113, 166, 166, 173, 203, 216, 358, 405**
medicinska sprememba spola **173**
medicinske gobe **247**
medicinsko preoblikovanje videza **173**
medsortno križanje krompirja **224**
mehanična krogljučna srčna zaklopka (model Starr-Edwards) **255**
melatonin **405**
membranska kapaciteta **166**
Mermin, David N. **221**
mešiček **166, 413**
metabolne lastnosti oacetnokislinskih bakterij **199**
metalurgija **419**
micelij **247**
mikoflora **182**
mikoplazme **393**
mikoriza **182**
mikorizna simbioza **182**
mikorizne rastline **182**
mikrobiologija **199, 372, 393, 398**
mikroskop in raziskovanje celic **413**
mikroskopija STED v Sloveniji **413**
mikroskopija (svetlobna in elektronska) **113, 413**
mikroorganizmi **372**
mikrovalovi **366**
Milankovičev učinek (periodičnost Zemljinega gibanja glede na Sonce) **103**
mineralogija **458**
miocenske plasti **301**
miocenske školjke **301**
miocenski polži **301**
mitohondrij **166**
mnogotero vesolje (multiverse) **366**
mobilnost mešičkov **166**
modra taščica (*Luscinia svecica*) **322**
mokrišča **103**
molekularna patologija **113**
molekule MHC II (Major Histocompat-
- ibility Complex class II molecules) **166**
molekulska biologija **199, 372**
molekulska mehanika **216**
modre glinice **301**
Mollicutes, bakterijski razred **393, 398**
monoaminergični sistemi **216**
monoamino oksidaza A **216**
monoklinski sistem **108**
montanistika **419**
morski ježki (*Echinolampas*) **301**
morski ježki (*Scutella*) **301**
motnje celične rasti **113**
motnje krvnega in limfatičnega obtoka **113**
možgani **166**
Münchhausen, Gerlach Adolf von **419**
- nadomestni življenjski prostori **6**
naravne katastrofe **103**
naravni antibiotiki **247**
naravni izbor **27**
naravoslovje v razsvetljenstvu **419**
naravoslovna fotografija **120, 469**
navadna cepilistka (*Schizophyllum commune*) **247**
naše nebo **41, 90, 134, 185, 231, 283, 331, 377, 473**
navadni kukovičnik (*Gymnadenia conopsea*) **39**
Natura **200**
navzočnost oacetnokislinskih bakterij v tkivih žuželk **199**
nekonvencionalni fosilni energetski viri **55**
neplodnost **173**
nepolarizirano valovanje **366**
neptunit **108**
netopir vampir (*Desmodus rotundus*) **64**
nevrobiologija **151**
nevrolška obolenja **166**
nevroni **166**
nevrotoksini **166**
nevrotransmiterji

(živični prenašalci) 166
 nevtrino (elektronski, mionski, tauonski) 120
 nevtron 120
 nezakonite presaditve 173
 Nobelova nagrada iz fizike za leto 2013 120
 Nobelova nagrada za fiziologijo ali medicino za leto 2013 166
 Nobelova nagrada za kemijo za leto 2013 216
 Nobelove nagrade, povezane z Röntgenovimi žarki 77
 nočni pavlinčki (*Saturidae*) 437
Novorojenčkom prijazne porodnice (Baby-Friendly Hospital Initiative, BFHI), pobuda 151
 nuklearna magnetna resonanca 216
 nukleosinteza 185

O nagnjenosti zvrsti, da bi se neomejeno razlikovale od prvotnega tipa (pisec Alfred Russel Wallace) 27
O zakonitosti, ki ureja uvajanje novih vrst (1848, pisec Alfred Russel Wallace) 27
 občutljivost za dotik 151
 obpljučni (plevralni) prostor 203
 obrast v akvatoriju Luke Koper 177
 obnovljivi viri energije 55
 očetnokislinske bakterije 199
 očetnokislinske bakterije kot pogojno patogene bakterije 199
 očetnokislinske bakterije kot simbionti v prebavilih žuželk 199
 očetnokislinske bakterije kot spodbujevalci rasti rastlin 199
 odkrivanje bolezni 113
 ogljikov dioksid 103, 372
 ogljikovodiki 55
 ohranjanje biotske raznovrstnosti 82
 okrasne rastline 350

oksalat-karbonatna pot 372
 oksalna kislina 372
 oksalogeno drevesa 372
 oksalogene glive 372
 oksalotrofne bakterije 372
 oksalotrofne glive 372
 oksidacija D-sorbitola v L-sorbozo, vmesni proizvod pri pridobivanju C-vitamina 199
 oksidacija glicerola v dihidroksiacetona, sestavino kozmetičnih preparatov za porjavenje 199
 oksidacija glukonata v 5-ketoglukonat, pomemben predhodnik proizvodnje vinske kisline 199
 oksidativni procesi 103
 oksitocin 151
 okuževalni krog fitoplazem 398
 oligocenske plasti 301
 oljni muljevci 55
 oljni karbonatni muljevci 55
 oljni peski 55
 oljni skrilavci 55
 oljni skrilavci v Sloveniji 55
 operacija na odprtem srce s črpalko za zunajtelesni krvni obtok 255
 operativna korekcija skolioze 358
Opbrys, mačja ušesa 39
 oprasovalci kačnikovk 350
 oprasovanje kačnikovk 350
 opsonizacija 393
 oranžnoploda difenbahija (*Dieffenbachia aurantiaca*) 350
 oranžnoploda difenbahija, plodovi 350
Orchidaceae, kukavičevke 39
Orbis, kukavice 39
Orientus ishidae Matsumura 1902, vzhodnjaški škržatek 398
 orjaški plinasti planeti 90, 137
 ornitologija 322
 ortoklaz 157
 ortorombni sistem 108

Ortov oblak 231
 osemštevna simetrija 309
 osnovno energijsko stanje atoma 271
 otrokov razvoj 151
 otrokovo duševno zdravje 151
 ozonska plast v stratosferi 103
 ozračje 103
 ozvezdje Bika 185
 ožigalkarji v akvatoriju Luke Koper 177

padavine 103
 pajesenov prelec (*Samia cynthia*) 437
 pajkovci nitastonožci (*Amblypygi*) 64
 paleontologija 301, 426
 Panamski prekop 70
 Paradana (*Velika in Mala ledena jama*, Jama pri Mali ledeni jami, ledeniško-kraška globel) 343
 paradoks Schröding-erjeve mačke 221
 patogene vrste mikoplazem 395
 patologija 113
 patološka morfologija 113
 Paulijeva prepoved 90
 Pavlovec, Rajko (1932–2013) 134
 pediatrična srčna kirurgija 255
 pedion 108
 pektinidne školjke (*Chlamys*) 301
 pentagonalni sistem 108
 pentagonit 309
 pentagonski dodekaeder 309
 petštevne kristalografske osi 108
 petštevni minerali 309
 pigmejska veverica (*Exilisciurus exilis*) 82
 pinakoid 108, 458
 piramidasti pilovec (*Anacamptis pyramidalis*) 39
 pirit 264
 piroliza 55
 pisana ploskocevka (*Trametes versicolor*) 247

pisana ploskocevka (*Trametes versicolor*), imunostimulacijsko sredstvo proti raku 247
 Planckov čas 366
 planet Kepler-168f 377
 Planinsko polje 275
 plastična kirurgija 173
 platina 264
 plazma 21
 plazmalem 166
 plazmodiji (paraziti, ki povzročajo malarijo) 70
 pleistocen 103
 pleistocenski sedimenti 301
 Plejade ali Gostovci 18
Pleurotus ostreatus, bukov ostrigar 247
 plevralna črta 203
 plevralni (obpljučni) prostor 203
 plin v plasteh premogov 55
 plin v skrilavcih 55
 plinska analiza krvi 203
 pljuča 203
 ploski hrbet 405
 pnevmotoraks 203
 podnebe 103
 podnebne spremembe 82
 podzemeljski živalstvo (Kostarika) 64
 polarizacija B 366
 polarizacija E 366
 polarizacija prasevanja 366
 polarizirano valovanje 366
 poletna škrbica (*Spiranthes aestivalis*) 39
 polifem (*Antheraea polyphemus*) 437
 položčenke (*Ganoderma* spp.) 247
 pomen oblike in velikosti organizma pri izmenjavi snovi z okoljem 316
 povodni konji (*Hippopotamus pentlandi*, *Hippopotamus melitensis*) 301
 površje kometa 231
 povzročiteljica zlate trsne rumenice, fitoplazma (FDf) 398
 prasevanje 366
 presaditev srca 255
 pridobivanje ledu

(Paradana) 343
 prilagoditev organizma na temperaturno okolje 316
 prostotrošnice (*Basidiomycota*) 247
 protibakterijske lastnosti učinkovin iz gob 247
 protiglivne lastnosti učinkovin iz gob 247
 protitrombozni učinek 247
 protitumorske lastnosti učinkovin iz gob 247
 protivirusne lastnosti učinkovin iz gob 247
 protivnetne lastnosti učinkovin iz gob 247
 podpljučni (subpleuralni) mehurček 203
 polhi (*Eliomys, Leithia*) 301
 polisaharid shizofilan 247
 poloidalno polje 21
 polžek (*Andesipyr-gus*) 64
 polži (*Conus, Strombus, Turritella*) 301
Polypedates macrotis, drevesna žabica 82
 popularizacija astronomije 295
 posvojitve 173
 poučevanje biologije 36
 površinski gravitacijski pospešek zvezde 41
 powellit 264
 predstavitev ekoloških raziskav v akvatoriju Luke Koper (Mestna knjižnica Izola, 2013) 177
 premogi 55
 premogi, potencialno primerni za pridobivanje olj in plinov 55
 preperevanje kamnin (na kopnini) 103
 presaditev (transplantacija) 173
 presejevanje mutiranih kvasovk 166
 presinaptični končič 166
 primarna proizvodnja 103
 privzem kovin v mikoriznih glivah 182
 prizma 157
Procyon lotor, rakun 467, 468

- Procyonidae*, mali medvedi **467**
 proizvodnja oljnih skrilavcev **55**
 projekt Gaia-ESO **295**
 projekt Hermes-GALAH **295**
 prokarionti **166**
 propriocepcija **151**
 proteini **216**
 proteinski kompleks SNARE (Soluble N-ethylmaleimide-sensitive factor Attachment protein Receptor) **166**
 proton **120**
 psilocibin **247**
- ramenonožci (*Apbelesia bipartita*, *Terebratula terebratula*) **301**
 Rak **275**
 rak vitičnjak (*Creusia darwiana*) **426**
 rakci ceponožci (Copepoda) **64**
 Rakov Škocjan **275**
 rakovica (*Daira speciosa*) **301**
 Rakova meglica (M1) **185**
 rakun (*Procyon lotor*) **467, 468**
 rakunasti pes **468**
 Raspe, Rudolf Erich (1737-1794), naravoslovec in pisec dela *Čudovita potovanja po kopnem in morju, vojni pohodi in zabavne prigode barona Münchhausna ali po naše Lažnivega Kljukca, kakor jih sam pripoveduje svojim prijateljem ob čaši vina* **419**
 Raspe, Rudolf Erich (1737-1794), pisec knjig *Primer naravoslovne zgodovine vodne in zemeljske oble* in *Premislek o nekaterih nemških vulkanih* **419**
 rastlinska fiziologija **182**
 rastlinski plankton (fitoplankton) **103**
 rastlinski hormoni **182**
 rastlinski obrat **343**
 rastni dejavnik 1, podoben inzulinu (Insulin-like Growth Factor-1, IGF-1) **151**
 RAVE (Poskus o radialnih hitrostih), mednarodni raziskovalni projekt **295**
 raziskave ekosistemov **82**
 raziskave rastlin **182**
 razstava podvodne fotografije Tihomirja Makovca (Mestna knjižnica Izola, 2013) **177**
 razvrščanje kristalov po njihovih oblikah **108**
Rdeči seznam ogroženih rastlinskih in živalskih vrst **39**
 reaktor na zlivanje (fuzijski reaktor, termonuklearni reaktor) **21**
 Regen, Ivan **230**
 rekombinacija **366**
 rentgenološka invazivna diagnostika srčnih bolezni **255**
 rentgenska svetloba **77**
 rentgenski difraktogram **108**
 Repanšek, Viktor, oče prvih slovenskih sort krompirja **224**
 rezultati natečaja naravoslovne fotografije za leto 2013 **124**
 ribe kostnice **301**
 rjave pritlikavke **90**
 rjava pritlikavka PSO J318.5338-22.8603 **90**
 rjava pritlikavka WISE J064723.23-623235.5 **90**
 Robič, Dušan (1933-2013), slovenski gozdar in fitocenolog **88**
 rodohrozit **458**
 romboeder **212**
 rombska bipiramida **157**
 rombski dodekaeder **264**
 Ross, sir Ronald (angleški zdravnik, Nobelov nagrajenec) **70**
 Rothman, James E. **166**
 Röntgen, Conrad Wilhelm **77**
 rubinasti slavec (*Luscinia calliope*) **322**
 rudarjenje oljnih skrilavcev ali oljnih peskov **55**
 rudarstvo **419**
- rudnik živega srebra v Idriji **419**
 rumena mrzlica **70**
 rumeno rjavi oligocenski apnenci **301**
 rutil **309**
- sadra **157**
 Sanabria, Edgar Rey, profesor neontologije **151**
 sanitacija (asanacija) **70**
Saturnia pyri, veliki nočni pavlinček **437**
Saturniide, nočni pavlinčki **437**
 Saturnovi obroči **331**
Scaphoideus titanus Ball, ameriški škržatek **398**
 Schechtman, Dan **108**
 scheelit **264**
 Schekman, Randy W. **166**
Schizophyllum commune, navadna cepilistka **247**
 Schott, Heinrich Wilhelm **350**
 Scilla, Agostino **301**
Scutella, morski ježki **301**
 Seljak, Uroš **366**
 serotonin **405**
 sesedena pljuča **203**
 sevanje Sonca **103**
 Seznam svetovne dediščine UNESCO (Škocjanski jamski splet) **328**
 sferalerit **264, 458**
 sfenoid **157**
 sfenomorfija **458**
 sferična simetrija **264**
 sialidaza **393**
 siderit **212, 458**
 sidranje membrane mešička na plazmalemo **166**
 siegenit **458**
 silikatne kamnine **103, 331**
 silikatni prah **231**
 simbioza med materjo in novorojenčkom **151**
 simulacija molekulske dinamike **216**
 sinaptotagmin **166**
 singonija (kristalni razred) **108**
 singularnost **366**
 sinteza miglitola, ki prepreči aktivnost encima α -glukozidaze **199**
- sipano valovanje **77**
 sistem kubičnih simetrij **264**
 skaleoeder **458**
 Sklad za otroke pri Združenih narodih (United Nations Children's Fund) **151**
 skolioza **358, 405**
 skrb za otroka **151**
 Skupni evropski torus (JET), Culham blizu Oxforda v Angliji **21**
 sladkovodne kozice (*Atya*) **64**
 sladkovodne kozice (Atyidae) **64**
 sladkovodne kozice (Kostarika) **64**
 slavci (*Luscinia*) **322**
 sloni (*Elephas (Palaeoloxodon) falconeri*, *Elephas (Palaeoloxodon) melitensis*, *Elephas (Palaeoloxodon) mnaidriensis*) **301**
Slovenija in njene pokrajine (Jurij Senegačnik) **376**
 slovenske sorte krompirja **224**
 služba za transfuzijo krvi **255**
 snežinka **309**
 socialna prikrašjanost **151**
 somček (*Trichomycterus*) **64**
 socvetje oranžnoplode difenbahije **350**
 socvetje oranžnoplode difenbahije kot paritveno mesto živali, predvsem žuželk **350**
 Sončeve pege **103**
 sonda Cassini **331**
 sonda Karaman-Chappuis **64**
 sonda Philae **231**
 spangolit **458**
 spektroskop **295**
 spektroskopija s pomočjo sevanja blizu infrardečega spektra (Near InfraRed Spectroscopy, NIRS) **151**
 speleoklimatogeografija **343**
 spinel **264, 458**
 spinelni dvojčki **458**
 spinelni zakon **458**
 spinelno dvojčenje kremenca s Slivnice **458**
Spiranthes aestivalis, poletna škrbica **39**
Spiranthes spiralis (L.) Chevall., zavita škrbica **39**
 splošna teorija relativnosti **366**
 spodnji koralinacejski apnenci **301**
 spontani pnevmotoraks **203**
 spontani zlom simetrije **120**
 sporazumevanje v celici **166**
 SPT (South Pole Telescop), raziskovalna skupina **366**
 srčni spodbujevalnik **255**
 srčna kirurgija za pridobljene bolezni srca **255**
 srčno-žilna kirurgija **255**
 srebro **264, 458**
 središče inverzije **108, 157**
 stalni led (vhodni del Velike in Male ledene jame v Paradani) **343**
 standardni model delcev **120**
 steklina pri rakunih **467**
 steznik **358, 405**
 steznik Milwaukee **358, 405**
 steznik TLI (Tora-kolumbalna lordozna intervencija) **405**
 stik kože s kožo **151**
 stik matere z otrokom **151**
 struvit **157**
 struktura biologija **216**
 sturmanit **309**
 subjektivna interpretacija kvantne mehanike **221**
 subpleuralni (podpljučni) mehurček **203**
 subtroglifilne živali **64**
 Südhof, Thomas C. **166**
 svetlikava pološčenka (*Ganoderma lucidum*) **247**
 svetloba, fizikalne lastnosti **413**
 svetloba zvezd **295**
 svilgojstvo **437**
 svitek (torus) **21**
- šestštevna holomorfija **309, 458**
 šestštevne kristalografske osi **108**

- šeststevni minerali 309
- šibka interakcija 120
- šibki bozoni 120
- števnost (kristalografija) 108
- štirištevna antimorfija 264
- štirištevne
- kristalografske osi 108
- štirištevni minerali 264
- štirištevni minerali – kubični 264
- študijski krožek *Svet v dlaneh – skozi druge kulture spoznavamo sebe* 177
- študijski krožki 177
- tabuji v sodobni medicini 173
- taščna biološka zdravila 113
- taščna membrana 166
- tehnika zaledenelih rezov med operacijo 113
- temna energija 120
- temna snov 120
- temperaturne razmere, merjenje (vhodni del Velike ledene jame v Paradani) 343
- tenzijski pnevmotoraks 203
- tenzijski pnevmotoraks, odprti ali zaprti 203
- terapevtski dotik 151
- terapija pri okužbah z virusom HIV 247
- termogene vrste kačnikovk 350
- termonuklearna reakcija (zlivanje atomskih jeder, fuzija) 21
- termonuklearni reaktor (fuzijski reaktor, reaktor na zlivanje) 21
- tesno vezani plin v peščenjakih 55
- testiranje biološko aktivnih snovi iz gob 247
- tetraeder 458
- tetraedrit 264
- tetragonalna bipiramida 264
- tetragonalna prizma 264
- tetragonalni sistem simetrij 108, 264
- tipna zaznava 151
- tipno spodbujanje 151
- Tkalca jama 275
- tokamak (rus. toroidalna kamera s magnetnimi katuskami, svitkasta celica z magnetnimi tuljavami) 21
- topaz 157
- toplotni obrat 343
- torakalna punkcija 203
- torakalna drenaža 203
- torakalna kirurgija 255
- torakocenteza (metoda igelne plevralne punkcije) 203
- torakoskopija (VATS, Video-Assisted Thoracoscopic Surgery) 203
- torakotomija 203
- torbenit 264
- toroidalno polje 21
- torus (svitek) 21
- Trametes versicolor*, pisana ploskocevka 247
- transpiracija 103
- transplantacija (presaditev) 173
- transport kalcijevega oksalata v zemljo 372
- trapezoeder 212
- travmatski pnevmotoraks 203
- Trg Ivana Regna v Gorenji vasi 230
- Trichomycterus*, somček 64
- trigonalni sistem 108
- triklinski sistem 108
- tripartitna sinapsa 166
- tripromorfna simetrija 157
- trištevna heksagonalna sfenomorfija 458
- trištevne kristalografske osi 108
- trištevni minerali 212
- triterpeni 247
- Troglocaris anophthalmus*, jamska kozica 64
- troposfera 103
- tropski gozd 82
- tuberkuloza 203
- turmalin 212
- učinki temperature, suše in ultravijoličnega sevanja na rastline 182
- učni načrti za biologijo v osnovnih in srednjih šolah 36
- uklon svetlobe 413
- umetna oploditev 173
- umetni pnevmotoraks kot metoda zdravljenja tuberkuloze 203
- uporaba gob v različnih industrijskih panogah 247
- uporaba polisaharidov v živilstvu, medicini, elektroindustriji in tekstilni industriji 199
- Uredba o posebnih varstvenih območjih (območjih Natura 2000)*, 2004 6
- Uredba o zavarovanih prostoživečih rastlinskih vrstah Slovenije* 39
- užitni nazobčanec (*Lentinus edodes*) 247
- Valvasor, Janez
- Vajkard 301
- varstvo narave 6, 328, 343
- večnivojski modeli za simulacije kompleksnih molekulskih sistemov 216
- vedenje opic 151
- velika zračenka (*Gri-fola frondosa*) 247
- Veliki hadronski trkalnik (CERN) 120
- Veliki naravni most 275
- veliki nočni pavlinček (*Saturnia pyri*) 437
- veliki plinski planeti (Jupiter, Saturn, Uran, Neptun) 331
- veliki pok 366
- veliki sesalci (fosilni ostanki, Malta) 301
- veliki slavec (*Luscinia luscinia*) 322
- Velo polje 374
- Vernar 374
- vesoljska misija Gaia (ESA, Evropska vesoljska misija) 295
- vesoljska sonda Rosetta 231
- vesoljski teleskop James Webb 90
- vesoljski teleskop Kepler 377
- vesoljske sonde, ki preučujejo komete 231
- vesoljsko mikrovalovno ozadje 366
- vezuvian 264
- Vhodni del Velike jame v Paradani, prvi opisani primer toplotnega in rastlinskega obrata na Zemlji 343
- virusi gripe 15
- virusi rumene mrzlice (arbovirusi) 70
- visoka voda 275
- vnetja 113
- vodna para 103
- vodni ekosistemi 6
- vodni manometer 203
- vodnik po živalskem in rastlinskem svetu 228
- vodotoki (ohranjanje, upravljanje) 6
- vonj oranžnoplode difenbahije (hlapne spojine) 350
- vpliv herbicidov na rast gliv 182
- vpliv magnetnega polja na rastline in glive 182
- vpliv oblike telesa na izmenjavo snovi z okoljem 316
- vpliv rastlin na podnebje 103
- vpliv velikosti telesa na izmenjavo snovi z okoljem 316
- vretenotenjenje biotske raznovrstnosti 6
- vrstna pestrost v akvatoriju Luke Kopar 177
- vzbujeno energijsko stanje atoma 271
- vzgoja novih vrst krompirja 224
- vzgoja tkiv in rastlinskih organov 182
- vzhodnjaški škržatek (*Orientus ishidae* Matsumura 1902) 398
- Wallace, Alfred Russel 27
- Wallaceja 27
- Warshel, Arieh 216
- WISE (Widefield Infrared Survey Explorer, vesoljski infrardeči teleskop WISE) 90
- wolfram 419
- Wraber, Tone 130
- Wraberjeva knjižnica v ljubljanskem Botaničnem vrtu 130
- wulfenit 264
- zaprtotrošnice (Asco-
- mycota) 247
- zavita škrbica (*Spiranthes spiralis* (L.) Chevall.) 39
- zdravilne učinkovine v gobah 247
- zdravljenje gripe 15
- zdravljenje skolioze 358, 405
- zeleni peski 301
- Zelo velike antene (VLA) 366
- zemeljska nafta 55
- zemeljski plin 55
- zgodovina geologije 419
- zgodovina medicine 70
- zgodovina naravoslovja 27
- zgornji koralinacejski apnenci 301
- zgornjeoligocenski apnenci 301
- zgradba kristalov 77
- zlato 264
- zlivanje atomskih jeder (fuzija, termonuklearna reakcija) 21, 90
- zlivanje (fuzija) jeder vodika 90
- Zlivanje za energijo (Fusion for Energy, F4E), Cadarache v Franciji 21
- Zoisov krog 419
- zoologija 467, 468
- zvezdne kopice 473
- zvezdne kopice M41, M44 (Jasli, Prezepe, Čebelnjak), M46, M47, M50, M67 283
- zvezda HD 162826 v ozvezdju Herkula, nastala skupaj s Soncem 473
- zvezde 90
- Zwitter, Tomaž (pogovor) 295
- živčni prenašalci (nevrotrošmiteriji) 166
- žlahtnenje slovenskih sort krompirja 224
- žledolom 2014 275
- žreplanje bivališč v Panami 70

O jamamaju in sorodnih prelcih

Dr. Janu Cerneluttiju v slovo

Boštjan Dvořák

Japonski hrastov prelec (*Antheraea yamamai*) je posebnost naših gozdov in ena redkih vrst nočnih pavlinčkov (*Saturniidae*), ki se je trdno ustalila v ustreznem okolju zunaj svoje prave domovine. Rod *Antheraea* šteje še kup na las podobnih, manj znanih bližnjih sorodnikov. V prispevku se bomo posvetili predstavnikom, ki naseljujejo podobne zemljepisne širine oziroma podnebne pasove različnih predelov severne poloble, in se osredotočili na nekatere bistvene razlike med njimi in »domačo« vrsto.

Jamamaj (slika 1) je eden najbolj opaznih in zanimivih primerov naselitve neke vrste žuželke v tujem okolju; o njegovi priselitvi in širitvi v naših krajih je obsežno pisal *Proteus* v letih 1956 in 1984 in zelo podrobno predstavil njegov življenjski krog. Skoraj 150 let po Machovih poskusih svilgojstva je danes povsem ustaljen in splošno navzoč predstavnik domače favne listnatih in mešanih gozdov celinsko vlažnega podnebja na obsežnem območju od vzhodnih Alp do nekate-

rih osrednjih predelov Balkanskega polotoka. V večjem delu tega območja razširjenosti je tudi največja vrsta metulja v Evropi, ki jo po razponu kril (do 16 centimetrov) dosega le še domači veliki nočni pavlinček (*Saturnia pyri*), ki pa v nasprotju z njim naseljuje suhe stepske predele in sredozemski prostor. Ponekod v Evropi se je sicer še nekaj pred jamamajem »prijel« tudi pajesenov prelec (*Samia cynthia*), predstavnik nočnih pavlinčkov poddružine *Attacinae*, ki tako kot jamamaj izvira iz severovzhodne Azije, vendar pa lahko gosenice te vrste dolgoročno preživijo le na pajesenu (*Ailanthus glandulosa*), drevesu, uvoženem iz njene domovine. Zato so populacije te živali ostale vse do danes nestabilne in strogo omejene na majhna degradirana območja, predvsem mestne in urbanizirane površine, ki jih preraščajo mladi sestoji tega drevesa.

V nasprotju z napačno predstavo o hitrem prilagajanju žuželk na novo okolje ali podnebje se lahko neka vrsta metulja obdrži v tujem okolju le, če se razmere v novem biotopu natanko ujemajo s tistimi na izvirnem območju, kar pa velja za sestavo, podnebje in pokrajino območja listnatih gozdov zahodnega Balkana in severnih višinskih predelov otoka Honšu. Glede na to, da je takih predelov v zmernih pasovih različnih širin in višin še kar nekaj, naseljujejo pa jih jamamaju zelo podobne sorodne vrste, se zdi verjetno, da



Slika 1: Jamamaj (*samec*).

Foto: Boštjan Dvořák.



Slika 2: *Gosenica kitajskega hrastovega prelca* (*Antheraea pernyi*). Foto: Boštjan Dvořák.



Slika 3: *Gosenica polifema* (*Antheraea polyphemus*). Foto: Boštjan Dvořák.



Slika 4: *Gosenica indijskega hrastovega prelca* (*Antheraea mylitta*). Foto: Boštjan Dvořák.

bi se lahko v naših gozdovih ustalila tudi katera koli od teh sorodnic, če bi komu ušla iz reje tako kot Machu jamamaji. Dejansko so se v Machovem času po epidemičnem izbruhu pebrine, bolezni, ki je prizadela dotlej povsod gojenega kitajskega murvinega prelca (*Bombyx mori*), več tisoč let staro, izključno kulturno sviloprejko neznanega izvora, in s tem močno ogrozila svilogojstvo, gojitelji na mnogih koncih Evrope ukvarjali z velikimi vrstami nočnih pavlinčkov zmernih širin, katerih gosenice tudi predejo uporabne svilene zapredke, hkrati pa imajo to prednost, da so prave naravne vrste, ki živijo v podobnih podnebnih razmerah in na podobnih drevesnih vrstah, kot jih najdemo doma. Naj omenimo, da so se po znanih podatkih in poročilih domala vsi takratni svilogojci intenzivno ukvarjali tudi in predvsem z možnostmi naselitve teh tujerodnih vrst v prosti naravi in se z veliko vnemo posvečali množičnim izpustom in podobnim akcijam načrtnega vnašanja živali v domače okolje,

kar so utemeljevali predvsem z gospodarskimi vidiki in v čemer so jih pogosto podpirali predstavniki oblasti. Preizkusili so večino znanih vrst, res pa je, da se začuda nobeden od teh nepremišljenih, lahkomišelnih in neodgovornih podvigov ponarejanja domače favne ni posrečil – z izjemo jamamaja, ki pa je v naravo ušel in ni bil izpuščen namenoma. Ali gre za naključje?

Gojenje predstavnikov rodu *Antheraea*, ki je bogato zastopan v pasu listnatega gozda vzhodne Azije, nekaj vrst pa živi tudi v Novem svetu, v svilogojske namene je imelo tri velike prednosti; razen zelo redkih izjem gosenice vseh približno 40 znanih vrst, razširjenih tako v zmernih kot v tropskih predelih, odlično uspevajo na hrastih, bukvah (Fagaceae) in gabrih (Corylaceae) ter nekaterih drugih predstavnikih teh dveh družin (slike 2, 3, 4, 5), njihovi lepo jajčasto oblikovani zapredki so pleteni strnjeno, s sklenjeno površino brez vršaste odprtine – izhod si naredi šele metulj ob izleganju s kapljico



Slika 5: Mlada jamamajeva gosenica; dorasla ima kot edina predstavnica rodu tudi zeleno glavo.

Foto: Boštjan Dvořák.

jedke tekočine, ki topi svilo –, metulji pa se hitro in zelo lahko pariyo, in sicer tudi v zaprtih prostorih, kar je za gojenje zelo pomembno. Zadnja točka ne velja za jamamaja, ki se v ujetništvu zelo težko pari in ga je zato težko gojiti v več zarodih; samci lahko močni feromon nemoteno zaznavajo samo na prostem in na večje razdalje, podobno kot domači pavlinček *Saturnia pyri*. Bližnji sorodniki, na primer jamamaju zelo podobni kitajski/mongolski hrastov prelec *A. pernyi*/

harti, ki živi recimo v Mandžuriji do Amurja, so znani po takojšnjem in večkratnem parjenju, ki traja vso noč oziroma do 24 ur po združitvi, isti samec pa lahko tako v teku enega tedna oplodi tudi do sedem samic zapored in, ker se med enim in drugim parjenjem le malo sprelti, ostane vitalen. Enako velja za velikega indijskega predstavnika *A. mylitta*, katerega gosenice predejo izredno lepo oblikovane, kot ko-

košja jajca velike in na posebnem »ročaju« iz trde svile z vej kot žičnice viseče zapredke (slika 6), ki so paša za oči in prav tako priljubljeni vir svile. Obe vrsti v ta namen tudi množično gojijo. Za razliko od doma- la vseh sorodnikov je parjenje pri jamamaju dokaj kratkotrajno, saj traja največ nekaj ur, pogosto pa le nekaj minut, kar pa povsem zadošča za oploditev jajčec. Značilno zanj pa je tudi, da se samica lahko pari večkrat



Slika 6: Svež samec *Antheraea mylitta* ob praznem zapredku.

Foto: Boštjan Dvořák.



Slika 7: Polifem; severnoameriški predstavniki rodu, tako kot mnogi drugi tamkajšnji pavlinčki, mirujejo z nazaj zloženimi ali »priprtimi« krili. Foto: Boštjan Dvořák.

zapored, z več samci, kar se pri drugih vrstah ne dogaja.

Posebnosti pri parjenju se ujemajo s splošnimi značilnostmi jamamajevega vedenja. Metulji so sicer nerodni, a burni in bliskovito hitri letalci, ki se v zraku divje prekopčujejo, med mirovanjem pa jih vznemiri vsak dotik, piš vetra ali pa že samo gibanje v bližini. Za vse znane sorodnike, razen severnoameriškega polifema (*A. polyphemus*) (slika 7), je značilno kriptično vedenje; če se jim približamo ali se jih celo dotaknemo, se umirijo in potuhnejo, da so neopazni. Za večino predstavnikov tega rodu je značilno, da splezajo na prst, če ga previdno primaknemo s strani in pritismo na nožice, in na njem spet obmirujejo; tako jih zlahka prestavljamo in prenašamo. Pri bolj plašnih vrstah pa se mirno vede vsaj samica, ki jo

lahko prestavimo, medtem ko samec odskoči. Le pri jamamaju se že ob najmanjšem dotiku oba spola bliskovito vržeta na tla in divje zamahujeta s krili. To je v reji pogosto tudi ovira pri parjenju, saj se samica tako pogosto odziva na približevanje samca, po skoku s stene pa potem zaradi vznemirjenja kar nekaj ur ni dovzeta za parjenje. Vse druge vrste se namreč pariyo tako, da spolno vzburjena samica, ki vabi s feromonsko žlezo in pri tem drži krila nazaj, privabi samca s strani in ta, ko prileti, spleza nanjo; lahko ga prenesemo tudi na prstu in z njega sam spleza na samico (slika 8). Jamamajev samec pa ne pleza, ampak lahko samico naskoči le ob naletu, tako da pristane na njej in se je pri tem oprime. To se v zaprtem prostoru zlepa ne posreči. Dolgotrajno parjenje pri drugih vrstah ustreza potuhnjnemu načinu življenja. Med njim se metulja namreč ne premikata in torej nista zaznavna do naslednjega večera, ko se ločita in samica nemudoma začne lepiti jajčeca.

Najbolj bistvena jamamajeve posebnost v okviru rodu pa je prezimovanje na stopnji jajčeca; vsi sorodniki zmernih širin prezimujejo kot bube v zapredkih. Zapredki so pri vseh vrstah lepih, pravilnih jajčastih oblik, gosenice pa jih navadno uvijajo v listje, tako da so na vejah vendarle prikriti. Svileni ovoji, ki so pri vseh predstavnikih rodu zelo trdni in imajo lepo zaobljeno zunanjo površino ter gladko notranjost, tvorijo prostorno kamrico, v kateri buba ni varna le pred vremenskimi spremembami, ampak tudi pred naravnimi sovražniki. Grizenje svile je za vretenčarje očitno preveč neprijetno, hkrati pa jim zanemarjanje zapredkov zagotavlja obilica pomembne hrane v ustreznem letnem času. Gosenice vseh vrst so pomemben vir hrane ptic pevk (po opazovanjih Matije Gogala tudi sov), z njimi pa so posebno povezane šoje (*Garrulus glan-darius*). Jamamajev zapredek se odlikuje po elegantno podolgovati jajčasti obliki in lepi rumenkasto zeleni barvi. Poleg tega je ne-



Slika 8: Za ves rod tipično parjenje na praznem zapredku; *A. mylitta*.

Foto: Boštjan Dvorák.

navadno majhen, komaj kaj večji od tolstega želoda. Manjši so le še snežno beli zapredki severnoameriškega polifema (*A. polyphemus*). Oboje pripomore k dobri prikritosti med listjem poletnih krošenj, medtem ko so belkasto sivi ali rjavi zapredki prilagojeni na suho listje, gole veje in sneg. Podobno zeleni so zapredki japonske vrste pavlinčka (*Rhodinia fugax*), ki tudi prezimuje kot jajčece in močno spominja na našega kraškega pavlinčka (*Perisomena caecigena*). Že zapredki bližnjega jamamajevega sorodnika *A. pernyi* pa so rjavkasto beli in do trikrat večji, čeprav so metulji manjši od jamamajev. Zapredki

tropskih vrst so pogosto še veliko večji, opremljeni s trdnimi, skrbno pletenimi ročaji, spominjajo pa na posušene plodove hranilnih dreves. Čeprav se gosenice nekaterih teh tropskih vrst hranijo z raznimi drugimi rodovi dreves, jih lahko zelo uspešno gojimo na listju domačih hrastov, bukev, brez in gabrov, na katerih sorodnike ležejo jajčeca tudi v večjih višinah svoje tropske domovine. Najtrše zapredke si pletejo gosenice bližnjega avstralskega rodu *Opodiphthera* (slika 9), ki so ga šele pred kratkim oddelili od rodu *Antheraea*; te-

mno sive tvorbe spominjajo na koščke betona in so iz neprodušnih slojev, iz katerih se metulji ob izleganju prebijajo tudi po 24 ur s pomočjo ostrih zobcev ob korenu kril, ta pa se jim ne razvijejo, če jih iz njih predčasno osvobodimo. Posamezni primerki vrste *O. eucalypti* lahko, podobno kot pri domačem velikem nočnem pavlinčku, na stopnji bube preživijo tudi po več kot deset let. Gosenice teh vrst se v naravi hranijo z evkalipti, a jih lahko biologi po svetu uspešno gojijo tudi na brezah. Zapredki vseh vrst *Antheraea* in temu sorodnih rodov so trdno pritrjeni na podlago in navadno visijo z vej;



Slika 9: *Opodiphthera eucalypti* (samec).

Foto: Boštjan Dvořák.

izjema so le nekatere populacije vrste *A. polyphemus*, katerih zapredki, kot pri mnogih drugih severnoameriških vrstah pavlinčkov, jeseni z listjem odpadejo in prezimijo na tleh. Zanimivo pa je, da se gosenice vseh sorodnih afriških rodov bubijo brez zapredanja v zemlji.

Mnoge japonske vrste pavlinčkov, po drugi strani pa vsi predstavniki rodov *Calligula*, *Neoris* in *Rhodinia*, ki imajo vsi težišče razširjenosti ob vzhodnoazijskih obalah, prezimujejo na stopnji jajčeca, v okviru rodu *Antheraea* pa je jamamaj izjema. Za vse vrste, ki prezimujejo kot jajčeca, pa velja st odstotno, da nastopajo v enem samem zarodu na leto, medtem ko se vrste, ki prezimujejo kot bube, lahko razvijajo v dveh ali več generacijah na leto ali pa je to celo običajno. Samice vrst, ki nastopajo v več zarodih, ležejo jajčeca v drugem zarodu navadno na druge družine dreves kot v prvem. To so po večini drevesa z bolj kompaktnim, aromatičnim listjem, ki pozneje vzbrstijo, a ostanejo sočna še v poznopoletnem in jesenskem času, medtem ko je drevje obeh pri jamamaju omenjenih družin (hrasti, bukve, kostanji, gabri, breze, jelše), ki prevladuje na višjih širinah in v višjih legah, za hrano gosenic

večinoma primerno le v prvi polovici rastne sezone, ko vsebuje dovolj vode. Od tod na prvi pogled nerazumljivo opažanje, da gosenice mnogih severnoameriških prelcev v domovini najdemo na številnih drevesnih vrstah, v Evropi pa jih je bilo dolgoročno mogoče uspešno gojiti le na peščici, pogosto le na eni sami vrsti. Velika večina severnoameriških in daljnovzhodnih vrst prelcev pa živi v več kot enem zarodu na leto, naseljujejo pa predele, ki so po številu drevesnih družin neprimerno bolj pestri kot Evropa. V teh predelih gorstva potekajo namreč od severa proti jugu in se rastlinstvo ob poleđenitvah lahko umika proti jugu, po njih pa spet širi na sever, medtem ko povprek ležeča gorovja zapirajo pot in povzročajo upadanje števila vrst. Vrste prelcev, ki so, tako kot jamamaj, omejene le na peščico hranilnih dreves severnega tipa, so se oblikovale v gorah ali izoliranih predelih z zelo kratkim poletjem, to pa še toliko bolj velja za tiste, ki prezimujejo na stopnji jajčeca: njihove gosenice morajo spomladi čim prej do hrane, ker drevje omenjenega tipa hitro izgublja sočnost. Zato so gosenčice mnogih takih vrst, tako pri *A. yamamai* kot pri *Caligula japonica*, odporne proti mrazu in lahko pre-

živijo zmrzali do -10 stopinj Celzija, čeprav poganjki pri takih temperaturah navadno pozebejo.

Pogled na omejitve gorskega oziroma – v Evropi – vsega prevladujočega drevesnega rastlinstva zmernih širin na družine rožnic (Rosaceae), bukovk (Fagaceae) in leskovk (Corylaceae) nam pomaga razumeti, zakaj imajo »naše« avtohtone gozdne vrste prelcov, na primer beli T ali rjavi pavlinček (*Aglaia tau*), le po en zarod na leto, in po drugi strani, zakaj metulji tistih domačih in tujih vrst, ki prezimujejo kot jajčeca – poleg jamamaja tudi avtohtoni kraški pavlinček (*Perisomena caecigena*) –, letajo šele pozno, ob koncu sezone: samic ne privablja vonj po svežih rastlinah, ampak po njihovih gnjovilih delih, jajčeca pa lepijo v razpoke za drevesno lubje.

Za posebno prilagoditev jamamaja na nestanovitno gorsko podnebje govori tudi dejstvo, da je lahko – v nasprotju z vsemi bližnjimi sorodniki – kot metulj dejaven še pri zelo nizkih temperaturah, tudi pod 10 stopinj Celzija; vsi drugi, tudi severnoameriški predstavnik *A. polyphemus*, letajo le v toplih nočeh s temperaturami okrog 20 stopinj Celzija, jamamaji pa se po jesenskem padcu temperature celo pospešeno izlegajo in jih, recimo v Sloveniji, pogosto največ opazimo prav po neurjih. Mokro viharo vreme po eni strani izboljšuje razmere za lepljenje jajčec, po drugi pa jih varuje pred plenilci. Jamamajeve gosenice pa se skoraj enako hitro razvijajo tudi v muhastih poletjih, medtem ko pri sorodnicah rast v hladnejših obdobjih zastaja.

Jamamaj danes naseljuje tudi obsežne celinske predele onkraj japonskih otokov in je razširjen od nekaterih srednjekitajskih gorskih grebenov nekako do Amurja in po ruskem Primorju kot podvrsta *A. yamamai ussuriensis*, ki pa se komaj kaj razlikuje od japonske podvrste in se je v celinski prostor očitno razmahnil šele v novejšem času prek sahalinske ožine. Podatki, da prebiva tudi na Šri Lanki, pa so zagotovo zmotni

in gre tam za drugo, podobno vrsto. Kako pomembno vlogo ima japonsko otočje kot občasno izolirano območje pri nastajanju vrst, vidimo po tem, da so mnogi rodovi pavlinčkov celinskega predela severovzhodne Azije zastopani s po dvema podobnima vrstama: jamamaj in bližnji sorodnik *A. pernyi*, *Rhodinia fugax* in *R. jankowskii*, lunici *Actias artemis* in *A. gnoma*, *Caligula simla* in *C. japonica* in tako naprej. Obratno je pajesenov prelec (*Samia cynthia*) danes razširjen tudi na Japonskem, kamor je bil vnesen kot sviloprejka, in njegove gosenice najdemo na pajesenu (ajlantu) na večini otokov. Otok Honšu pa poleg tega naseljuje njegov bližnji, avtohtoni sorodnik *Samia pryeri*, ki mu je tako podoben, da ju komaj lahko razlikujemo. Tudi gosenica se komaj loči od gosenice pajesenovega prelca, a jo najdemo skoraj izključno na tamkajšnji vrsti bodike *Ilex rotunda* in ne na pajesenu. V nasprotju s pajesenovim prelcom, ki se hitro pari in ga je lahko gojiti, pa je japonska vrsta veliko bolj burna, parjenje pa se v zaprtem prostoru navadno ne posreči.

Daljša obdobja zemljepisne izolacije na območju s kratkimi poletji in zelo kratko vegetacijsko dobo, mrzlimi zimami in omejenim jedilnikom je odločilno vplivalo na oblikovanje vrste *Antheraea yamamai* kot edinega predstavnika rodu, ki lahko trajno naseljuje tudi nekatere evropske pokrajine.

Viri:

- Camelutti, Jan, 1956: *O metuljih priseljencih. Proteus*, 137-143.
 Akai, K., Kato, Y., Kiuchi, M., Kobayashi, J., 1991: *Wild Silkmoths 91*.
 Izerskij, V. V., 1999: *Бомбикоидные чешуекрылые и хохлатки Сибири и Дальнего Востока. Киев*.
 Mušič, Marjan, 1955: *Iz življenja in dela Machovih. Časopis za slovensko krajevno zgodovino Kronika*, 3 (3): 156–170.
 Smerdu, Rado, 1984: *O metuljih jamamajih. Proteus*: 100-111.
 Voelschow, Arnold, 1902: *Die Zucht der Seidenspinner. Schwerin*.

Drevesna dediščina v blejskih parkih in okolici

Jože Skumavec

Uvod

Drevo je najvišja oblika rasti rastlinskega sveta. V njegovem zelenju, listu, kakor tudi v zelenju drugih rastlin se rudninske snovi pretvarjajo v organske. To je glavni vir življenja, prvi člen v presnovni in prehranjevalni verigi. Je osnovni element gozda, ki je najvišje razvit kopenski ekosistem. Drevo na podlagi prevodnih elementov dviguje vodo z raztopinami iz najglobljih korenin do svojega vrha, ki je pri najvišjih drevesih na svetu tudi 110 metrov visoko. Bolj ko o njem razmišljamo, bolj se lahko čudimo njegovemu preživetju in sposobnostim za obstanek v vseh viharjih razmerah njegovega življenja. Čudimo se, kako lahko živi organizem, kot drevo je, preživi skoraj 9.000 let, kot nam pripoveduje rekonstrukcija drevesne zgodovine borov (*Pinus longaeva*), po kateri naj bi bila ta drevesa stara 8.700 let. Iz letnega debelinskega prirastka se da razbrati zgodovino

vina drevesa. Iz letnic se da ugotoviti starost drevesa, iz širine, sestave, oblike in barve branik pa znanstveniki (dendrokronologi) sklepajo o dogodkih, ki so vplivali na rast drevesa - od podnebja in padavin do razmer, v kakršnih je uspevalo, in sprememb, ki so mu jih zadali človek in živali. Branike so neizbrisni zapis vseh dogodkov v življenju drevesa. Prerez debla sta analizirala že Teofrast in Collumella. Leonardo da Vinci pa je s svojim enciklopedičnim duhom zaslugil, da bi iz branik lahko razbirali, kakšne podnebne razmere so vladale v določenem obdobju. Po tej poti so kasneje krenili še drugi znanstveniki. Med drugim so tako ugotovili, da je v letih od 1708 do 1709 zajel Evropa mrzel val, o katerem je kasneje pisal tudi Linné.

Vsa ta dejstva iz zgodovine preučevanja rasti drevesa nas še bolj spodbujajo k spoznavanju in razmišljanju o drevesih kot dedi-



Smreka žalujka.

ščini. Poznavalci o eni sami drevesni vrsti napišejo knjigo, tudi o drevesih na Bledu se mi je nabralo gradivo zanj. Namen članka je skromnejši. V njem sem želel objaviti le seznam drevesnih vrst, ki rastejo v blejskih parkih in okolici ob sprehajalnih poteh. Za malo daljši opis sem izbral le nekaj izstopajočih dreves.

Tudi v Sloveniji se nekateri kraji ponašajo s starimi drevesnimi orjaki: Ribnica na severni strani Pohorja s Sgermovo smreko, Ludranski vrh južno od Črne na Koroškem z Najevsko lipo, znane so tudi stare tise in pravi kostanji ter tudi druge vrste. V bližnji Zgornji Radovni je lipovec star od 400 do 470 let, naprej v bližini Kranjske Gore, v Mali Pišnici, pa raste domnevno najstarejši macesen pri nas.

Tudi na Bledu imamo bogato drevesno dediščino. Najstarejša drevesa so tristo in več let stari hrasti dobi, nekaj je dreves orjakov, zelo velika je pestrost drevesnih vrst in drugih dendroloških posebnosti.

Stara drevesa in razvojno stare vrste

Za dediščino je najbolj pomembna starost, zato je prav, da začnem z najstarejšimi drevesi na Bledu, s hrasti. V Sloveniji imamo šest samoniklih vrst hrastov, od teh na Bledu kar tri: dob, graden in puhasti hrast, tu je še tujerodni rdeči hrast. Med seboj so si precej podobni. Posebej za dob in graden velja, da tam, kjer se na rastišču srečujeta, nastanejo medvrstni križanci. Naši hrasti na morenah, Grajskem hribu in Straži ter v naravnem parku Grimšče so najpomembnejši nosilci teh rastišč. V naravnem parku v Grimščah še vedno kljubujejo času približno **300 let stari orjaki hrasti - dobi**. Starost je ocenjena na podlagi štetja letnic na panju pred kratkim posekanega orjaka. Najdebelejši ima obseg 461 centimetrov. Višina tega

hrasta je 22 metrov. Ostali, z manjšim premerom, so večinoma višji in vitalnejši.

Da je hrast, posebej dob, naše spoštovanja vredno drevo, lahko ugotovimo po številnih krajevnih in ledinskih imenih v naši okolici: Dobe, Dobrava, Dobravca in malo dlje Dob, Dobrna, Dobovec ...

Na Bledu raste drevo - **živi fosil**, njegova domovina je Kitajska in Japonska. To je **dvokrpi ginko**. Razvojno je to najstarejša drevesna vrsta. V mezozoiku, natančneje v noriju, to je pred 200 milijoni leti, so bili ginkovci splošno razširjeni. V bližini vile Prešeren raste vitalno, 25 metrov visoko žensko drevo dvokrpega ginka, ki je debelo 63 centimetrov. S pahljačastimi in dvokrpi mi listi je nekaj posebnega. Njegova krošnja ima poleti značilno barvo, najbolj čudovito pa se obarva jeseni, preden listi odpadejo. Čeprav so v parkih pogosti, jih tako mogoče ne, kot je v blejskem parku, vidimo redko.



Najdebelejši hrast dob na Bledu je star približno tristo let.

Dvokrpi ginko.

Razvojno najstarejši iglavec pri nas je **navadna tisa** (*Taxus baccata*). V blejskih parkih so drevesa in grmi tise pogosti. Tisin les je bil skoraj nenadomestljiv pri izdelavi samostrellov ter lovskih in vojaških lokov, zato je bila tisa v srednjem veku skoraj iztrebljena. Verjetno pa so jo še bolj sekali, ker je bila nevarna konjem in drugim živalim, če so jo zaužile. Tisa je v parkih zelo pogosta zaradi vednozelenne temne barve in slikovitih rdečih plodov v avgustu. Zaradi spečih brstov, ki ob povečanju svetlobe poženejo, je primerna za oblikovanje. So pa vsi deli tise, razen rdečega mesnatega ovoja semena, zelo strupeni.



Pokopališka vrba pred žledolomom (8. oktobra 2010) in po njem (11. aprila 2014).





Kavljasti bor. Ženski in moški cvetovi.

Vrb je veliko vrst in se lahko med seboj tudi križajo, zato je določevanje vrst težavno. Na Bledu je pogosta **vrba iva** (*Salix caprea*), in to pretežno v obliki grma. Ob jezeru, kjer je bolj vlažno, pa uspeva **bela vrba** (*Salix alba*), ki ima povešene poganjke. To ni vrba žalujka, ampak gojena okrasna pokopališka vrba (*Salix Xsepulcralis*).

Redke drevesne vrste

Kavljasti bor (*Pinus uncinata*) je vrsta, ki je v evropskih gorah samonikla, ne raste pa v Sloveniji. Zelo redko ga najdemo tudi v parkih. Skupinica raste ob jezeru pred hotelom Toplice. Ime je dobil po kavljasti obliki krovnih lusk na storžih. Storži rastejo na poganjku najpogosteje po dva nasprotno ali celo po trije skupaj. Nekateri dendrologi ga uvrščajo kot podvrsto rušja. Lahko ga primerjamo z rušjem, ki raste ob njem. Zaradi kavljastega bora je pot okoli jezera zanimivejša.



Hiba. Široke luske s storžki.

Hiba (*Thujopsis dolabrata*) sodi v družino cipresovk. Imenujejo jo tudi hibanski paklek. Je japonski endemit, od tam so jo prinesli v Evropo sredi 19. stoletja. Tudi v parkih ni prav pogosta. Od klekov so loči po širših luskah, spodnjih svetlih listnih režah in po nazaj zavihanih plodnih luskah na storžku. V blejskih parkih se sramežljivo skriva na treh mestih. Uspeva tudi v Begunjah in v Preddvoru.

Na Bledu raste le eno **mamutovo drevo** ali **mamutovec** (*Sequoiadendron giganteum*).

Drevo je vitko in visoko 33 metrov, obseg debla znaša 276 centimetrov, čisto deblo, torej deblo brez vej, pa do krošnje meri 20 metrov. Po videzu je drugačen, kot so preddvorski in tisti ob kranjski gimnaziji. Ti so skoraj do tal vejnati. Njegova domovina je pacifiško območje Severne Amerike. Ta drevesna vrsta doseže višino do 100 metrov in debelino do 8 metrov ter dočaka starost do 3.000 let.



Semena mamutovca so prinesli iz Amerike sredi 19. stoletja.

Navadna bukev (*Fagus sylvatica*) je vsem znano drevo, gozdarji ji pravimo mati gozda. Na Bledu raste tudi več okrasnih sort te vrste.

Pred občinsko stavbo je rastla dominantna, vitalna sršajevolista bukev (*Fagus sylvatica* 'Asplendifolia'), imenovana tudi hrastovolistna ali napiljenolistna bukev, ki jo je 5. februarja letos polomil žled. Obseg debla je meril 340 centimetrov, visoka je bila 25 metrov in razraščena v tri debla.

Ta del parka je po naročilu takratnega lastnika vile Zore Pongratza (sedaj občinska stavba) uredil švedski arhitekt Carl Gustav Svensson leta 1890. Verjetno je bila ta bukev posajena v tem času, kar potrjuje tudi njena ocenjena starost - približno 120 let. Za park je zaradi zmanjšanja pestrosti mogočnih in starih dreves to velika škoda. Bila je edina bukev te sorte v blejskih parkih. Še ena te sorte, vendar z obžagano krošnjo, raste na Bledu ob objektu na Ljubljanski cesti 13 A. Podobno padli bukvi sem videl le še v Kamniku in Volčjem potoku. Nekaj pa jih je v mariborskem parku.

Okrasnim bukvam z rdečimi listi nisem določal sort, razvrstil sem jih le v skupino rde-

čelistne bukve z nepovešenimi poganjki in v skupino rdečelistnih bukve s povešenimi poganjki (povešave), ki jih je na Bledu kar nekaj.

Na koncu Velike Zake, dobrih 100 metrov stran od nekdanje železniške čuvajnice, raste orjak navadne bukve, ki mu je vihar leta 2011 odlomil dominantni vrh na višini 170 centimetrov. Drevo je zanimivo in vredno ogleda. Na višini 1,3 metra meri v obsegu 532 centimetrov oziroma v premeru 169 centimetrov. Kljub posledicam viharjev je bukev visoka 31 metrov.

Skoraj vsak sprehajalec okoli jezera pozna **navadno mamluro** (*Maclura pomifera*). V mladosti trnasto drevo, doma iz Severne Amerike, ki je pri nas tudi v parkih kot okrasno drevo razmeroma redko.

Orjaki in posebneži

Po razsežnostih sodijo v to skupino že opisani hrast dob, mamutovo drevo in navadna bukev. Največje drevo v blejskem parku je **beli topol** (*Populus alba*). Obseg debla v prsni višini je 468 centimetrov in višina drevesa 34 metrov. Verjetno je eden izmed največjih belih topolov v Sloveniji. Drevnino takega drevesa je težko izračunati, saj



Sršajevolistna bukev 4. maja 2011 in 5. februarja letos.

za take dimenzije izračuni v gozdarskem priročniku ne obstajajo. Kljub temu sem s pomočjo priročnika in dodatnih izračunov ocenil, da ima to drevo verjetno več kot 30 kubičnih metrov drevnine.

Med orjake lahko prištejemo **veliki jesen** (*Fraxinus excelsior*), ki ima obseg 446 cen-

timetrov in je visok 22 metrov. Po debelini presega pričakovanja, saj so veliki jeseni redko debelejši od enega metra. Ob jezeru niso tako debeli, so pa višji in z lepšimi debli.

Le 40 minut hoje potrebujemo, da pridemo do **navadne smreke** (*Picea abies*), »smreke velikanke« oziroma Gogalove smreke, na

Rdečelistna bukev.



Povešava rdečelistna bukev.





Navadna bukev.



Navadna maklura.

Stanu nad železniško postajo. V prsni višini ima obseg 407 centimetrov oziroma premer 130 centimetrov, visoka pa je 38 metrov. Po višini ni nič posebnega, je pa debelejša od znane Sgermove smreke, ki je leta 1995 imela premer 108 centimetrov in je tudi znatno višja, saj je visoka 62 metrov. Na tabli pri smreki na Stanu je napisana starost 120 let. Ne vem, kako je bila ugotovljena, vendar ocenjujem, da je mlajša, saj raste na zaraščenem pašniku oziroma travniku. Po mojih izračunih ima deblo 20 kubičnih metrov lesa.

Drevo **javorolistne platane** (*Platanus Xhispanica*) ob jezeru lahko uvrstimo med orjake in posebneže: med orjake po debelini, saj je obseg njenega debla 461 centimetrov, preračunano v premer v prsni višini 147 centimetrov, med posebneže pa ne le zato,

ker ima veliko enostransko razvito krošnjo nad jezersko gladino, temveč predvsem po lepem korenčniku in koreninah.

Pozimi neopazno drevo ob jezeru med Toplicami in predorom je **poljski brest** (*Ulmus minor*), naša samonikla vrsta, vendar je za to drevo značilna posebna, zeleno rumena barva krošnje vse od pomladi in do pozne jeseni. Že od daleč se vidi, da je to drevo po barvi krošnje nekaj posebnega, nekaj lepega, edinstvenega, nekaj takega, da ga moraš obiskati.



Beli topol kraljuje v blejskem parku.



Veliki jesen.

Tako debelo smreko le težko najdemo.



Koreničnik in korenine javorolistne platane.



Poljski brest.

Seznam drevesnih vrst

Navedene so drevesne vrste, njih rodovi in družine, ki sem jih opazil na javnih površinah, parkih in v hišnih vrtovih. Pri nekaterih drevesih večjih velikosti so navedeni podatki obsega debla v višini 1,3 metra (obs. = xxx centimetrov), za lažjo predstavo je zapisan tudi premer ($\otimes$ = xx centimetrov), višina (v = xx metrov), pri drevesih, kjer je bilo možno oceniti starost na podlagi štetja letnic na sosednjih panjih ali na podlagi vencev vej, pa je naveden tudi podatek o ocenjeni starosti. Višine so ugotovljene z napravo, ki deluje na podlagi kotnih funkcij, pri tem so odstopanja +/- 10 odstotkov.

Vrste so urejene po sistemu klasifikacije binomske latinske nomenklature v botaniki, ki jo je utemeljil Carl Linné. Družine, rodovi in vrste so razvrščene po ključu za določanje praprotnic in semenk iz leta 2007 (*Mala flora Slovenije*). Tudi slovenska in latinska imena so uporabljena iz tega ključa. Za ostale izrazito parkovne tujerodne vrste, ki jih v slovenskem ključu ni, so uporabljena imena iz druge navedene literature.

Vsa navedena drevesa sodijo k **semenkam** (*Spermatophyta*).

Iglavci in ginkovke sodijo k **igličastolistnim golosemenkam** (*Coniferophytina*, *Gymnospermae*). Sem uvrščamo naslednjih 6 družin:

1. Družina: **ginkovke** (*Ginkgoaceae*).

Rod: **ginko** (*Ginkgo*).

Vrsta: **dvokrpi ginko** (*Ginkgo biloba*) (obs. = 199 centimetrov; $\otimes$ = 63 centimetrov; v = 25 metrov).

2. Družina: **borovke** (*Pinaceae*).

Rod: **jelka** (*Abies*).

Vrste: **kavkaška jelka** (*Abies nordmanniana*) (obs. = 350 centimetrov; $\otimes$ = 111 centimetrov; v = 27 metrov; starost: 110 let),

bela jelka (*Abies alba*),

dolgoigličasta jelka (*Abies concolor*).

Rod: **duglazija** (*Pseudotsuga*).

Vrsta: **navadna duglazija** (*Pseudotsuga menziesii*).

Rod: **čuga** (*Tsuga*).

Vrsta: **kanadska čuga** (*Tsuga canadensis*).

Rod: **smreka** (*Picea*).

Vrste: **bodeča smreka** (*Picea pungens*),
omorika (*Picea omorika*),
navadna smreka (*Picea abies*) (obs. = 407 centimetrov; ® = 130 centimetrov; v = 38 metrov).
 Vzgojena oblika: **smreka žalujka** (*Picea abies* 'Pendula').

Rod: **macesen** (*Larix*).

Vrsta: **navadni macesen** (*Larix decidua*).

Rod: **bor** (*Pinus*).

Vrste: **gladki (zeleni) bor** (*Pinus strobus*),
himalajski bor (*Pinus wallichiana*) (obs. = 225 centimetrov; ® = 72 centimetrov; v = 25 metrov; starost: 35 let),
reči bor (*Pinus sylvestris*) (obs. = 225 centimetrov; ® = 72 centimetrov; v = 28 metrov; starost: 110 let),
črni bor (*Pinus nigra*),
kavljasti bor (*Pinus uncinata*).

3. Družina: **taksodijevke** (*Taxodiaceae*).

Rod: **mamutovo drevo, mamutovec** (*Sequoiadendron*).

Vrsta: **mamutovo drevo, mamutovec** (*Sequoiadendron giganteum*) (obs. = 278 centimetrov; ® = 88 centimetrov; v = 33 metrov; čisto deblo: 20 metrov).

Rod: **kriptomeria, srpavka** (*Cryptomeria*).

Vrsta: **japonska kriptomeria** (*Cryptomeria japonica*).

Rod: **močvirska cipresa** (*Taxodium*).

Vrsta: **dvoredna močvirska cipresa** (*Taxodium distichum*).

4. Družina: **cipresovke** (*Cupressaceae*).

Rod: **pacipresa** (*Chamaecyparis*).

Vrste: **Lawsonova pacipresa** (*Chamaecyparis lawsoniana*) (obs. = 224 centimetrov; ® = 71 centimetrov; v = 19 metrov),
grahasta pacipresa (*Chamaecyparis pisifera*),
nutkadolska pacipresa (*Xanthocyparis nootkatensis*).

Rod: **hiba** (*Thuja*).

Vrsta: **hiba** (*Thuja dolabrata*).

Rod: **klek** – (*Thuja*)

Vrste: **orjaški klek** – (*Thuja plicata*)

(obs. = 295 centimetrov; ® = 94 centimetrov; v = 24 metrov)

ameriški klek (*Thuja occidentalis*).

5. Družina: **tisovke** (*Taxaceae*).

Rod: **tisa** (*Taxus*).

Vrsta: **navadna tisa** (*Taxus baccata*).

Vsa naslednja drevesa uvrščamo h **kritosemenkam** (*Magnoliophytina* – *Angiospermae*), in sicer k **dvokaličnicam** (*Magnoliopsida* – *Dicotyledoneae*).

6. Družina: **magnolijevke** (*Magnoliaceae*).

Rod: **tulipanovec** (*Liriodendron*).

Vrsta: **navadni tulipanovec** (*Liriodendron tulipifera*) (obs. = 285 centimetrov; ® = 91 centimetrov; v = 27 metrov).

Rod: **magnolija** (*Magnolia*).

Vrsti: **Soulangova magnolija** (*Magnolia* ^X*soulangiana*).

7. Družina: **platanovke** (*Platanaceae*).

Rod: **platana** (*Platanus*).

Vrsti: **vzhodna platana** (*Platanus orientalis*),
javorolistna platana (*Platanus* ^X*hispanica*) (obs. = 461 centimetrov; ® = 147 centimetrov).

8. Družina: **bukovke** (*Fagaceae*).

Rod: **bukev** (*Fagus*).

Vrsta: **navadna bukev** (*Fagus sylvatica*) (obs. = 532 centimetrov; ® = 169 centimetrov; v = 31 metrov; na 1,7 metra odlomljeni vrh leta 2011).

Vzgojene sorte: **rdečelistna** (*Fagus sylvatica* 'Purpurea'),

povešava ali žalobna (*Fagus sylvatica* 'Pendula'),

sršajeolistna bukev (*Fagus sylvatica* 'Asplenifolia').

Rod: **hrast** (*Quercus*).

Vrste: **dob** (*Quercus robur*) (obs. = 461 centimetrov; ® = 147 centimetrov; starost: približno 300 let),

graden (*Quercus petraea*),

puhasti hrast (*Quercus pubescens*),

rdeči hrast (*Quercus rubra*).

9. Družina: **brezovke** (*Betulaceae*).
 Rod: **breza** (*Betula*).
 Vrsta: **navadna breza** (*Betula pendula*).

 Rod: **jelša** (*Alnus*).
 Vrsta: **črna jelša** (*Alnus glutinosa*).
10. Družina: **gabrovke** (*Carpinaceae*).
 Rod: **gaber** (*Carpinus*).
 Vrsta: **(beli) navadni gaber** (*Carpinus betulus*)
 (obs. = 233 centimetrov; ® = 74 centimetrov).
 Vzgojena oblika: **stebrasti gaber**
 (*Carpinus betulus* 'Fastigiata').

 Rod: **črni gaber** (*Ostrya*).
 Vrsta: **črni gaber** (*Ostrya carpinifolia*).
11. Družina: **orehovke** (*Juglandaceae*).
 Rod: **oreh** (*Juglans*).
 Vrsti: **črni oreh** (*Juglans nigra*)
 (obs. = 193 centimetrov; ® = 61 centimetrov),
navadni oreh (*Juglans regia*).

 Rod: **krilati oreškar** (*Pterocarya*).
 Vrsta: **kavkaški krilati oreškar**
 (*Pterocarya fraxinifolia*).
12. Družina: **brestovke** (*Ulmaceae*).
 Rod: **brešt** (*Ulmus*).
 Vrsti: **goli brešt** (*Ulmus glabra*),
poljski brešt (*Ulmus minor*).
 Rod: **koprivovec** (*Celtis*).
 Vrsta: **ameriški koprivovec** (*Celtis occidentalis*).
13. Družina: **murvovke** (*Moraceae*).
 Rod: **maklura** (*Maclura*).
 Vrsta: **navadna maklura** (*Maclura pomifera*).
14. Družina: **rožnice** (*Rosaceae*).
 Rod: **hruška** (*Pyrus*).
 Vrsta: **navadna hruška** (*Pyrus communis*).

 Rod: **jerebika, mokovec** (*Sorbus*).
 Vrsti: **navadni mokovec** (*Sorbus aria*),
jerebika (*Sorbus aucuparia*).

 Rod: **sliva** (*Prunus*).
 Vrste: **češnja** (*Prunus avium*),
čremsa (*Prunus padus*),
sliva (ringlo) (*Prunus domestica*).
16. Družina: **rožičevke** (*Caesalpiniaceae*).
 Rod: **gledičevka** (*Gleditsia*).
 Vrsta: **trnata gledičevka** (*Gleditsia triacanthos*).
17. Družina: **metuljnice** (*Fabaceae*).
 Rod: **nagnoj** (*Laburnum*).
 Vrsta: **alpski nagnoj** (*Laburnum alpinum*).

 Rod: **robinija** (*Robinia*).
 Vrsta: **navadna robinija** (*Robinia pseudoacacia*).

 Rod: **karagana** (*Caranga*).
 Vrsta: **drevesasta karagana** (*Caranga arborescens*).

 Rod: **sofora** (*Sophora*).
 Vrsta: **japonska sofora** (*Sophora japonica*).
18. Družina: **rujevke** (*Anacardiaceae*).
 Rod: **octovec** (*Rhus*).
 Vrsta: **octovec** (*Rhus typhina*).
19. Družina: **pajesenovke** (*Simaroubaceae*).
 Rod: **pajesen** (*Ailanthus*).
 Vrsta: **veliki pajesen** (*Ailanthus altissima*).
20. Družina: **divjekostanjevke** (*Hippocastanaceae*).
 Rod: **divji kostanj** (*Aesculus*).
 Vrsti: **navadni divji kostanj** (*Aesculus hippocastanum*),
rožnatocvetni divji kostanj (*Aesculus pavia*).
21. Družina: **javorovke** (*Aceraceae*).
 Rod: **javor** (*Acer*).
 Vrste: **maklen** (*Acer campestre*),
beli javor (*Acer pseudoplatanus*),
 vzgojena sorta: **beli javor z rdečimi listi**,
amerikanski javor (*Acer negundo*),
ostrolistni javor (*Acer platanoides*),
rdeči javor (*Acer rubrum*),
srebrni javor (*Acer saccharinum*),
pahljačasti javor (*Acer palmatum*).
22. Družina: **vrbovke** (*Salicaceae*).
 Rod: **vrba** (*Salix*).
 Vrsti: **iva** (*Salix caprea*),
bela vrba (*Salix alba*),
 vzgojena sorta: **pokopališka vrba**
 (*Salix Xsepulcralis*).

Rod: **topol** (*Populus*).

Vrste: **beli topol** (*Populus alba*)

(obs. = 468 centimetrov; ® = 149 centimetrov;
v = 34 metrov),

črni topol (*Populus nigra*),

trepetlika (*Populus tremula*).

23. Družina: **lipovke** (*Tiliaceae*).

Rod: **lipa** (*Tilia*).

Vrste: **lipovec** (*Tilia cordata*),

navadna lipa (*Tilia platyphyllos*),

srebrna lipa (*Tilia tomentosa*).

24. Družina: **bodikovke** (*Aquifoliaceae*).

Rod: **bodika** (*Ilex*).

Vrsta: **navadna bodika** (*Ilex aquifolium*).

25. Družina: **oljkovke** (*Oleaceae*).

Rod: **jesen** (*Fraxinus*).

Vrsti: **veliki jesen** (*Fraxinus excelsior*)

(obs. = 446 centimetrov; ® = 142 centimetrov;
v = 22 metrov),

vzgojena sorta: **povešavi jesen**

(*Fraxinus excelsior* 'Pendula'),

mali jesen (*Fraxinus ornus*).

26. Družina: **trobentovke** (*Bignoniaceae*).

Rod: **katalpa** (*Catalpa*).

Vrsta: **ameriška katalpa** (*Catalpa bignonioides*).

27. Družina: **pavlovničevke** (*Paulowniaceae*).

Rod: **pavlovnija** (*Paulownia*).

Vrsta: **kraljeva pavlovnija** (*Paulownia imperialis*).

28. Družina: **cercidifilovke** (*Cercidiphyllaceae*).

Rod: **cercidifil** (*Cercidiphyllum*).

Vrsta: **japonski cercidifil** (kastura)

(*Cercidiphyllum japonicum*)

(obs. = 176 centimetrov; ®=56 centimetrov).

29. Družina: **nepozebnikovke** (*Hamamelidaceae*).

Rod: **ambrovec** (*Liquidambar*).

Vrsta: **ameriški ambrovec**

(*Liquidambar styraciflua*).

Zaključek

V 29 družinah je zbranih 80 vrst in med njimi še 8 vzgojenih sort. Vrste, katerih sadike so mlajše od deset let, v seznamu niso navedene, to so atlasška cedra, stebrasta patisa, murva in čilska aravkarija. Izpuščene so tudi grmovnice, katerih posamezni primerki ob jezeru presegajo višino 5 metrov. To so rašeljika, navadni brin, navadni pušpan in rumeni dren.

Pri tako pestri sestavi drevesnih vrst in zanimivih oblikah, ki nevsiljivo vplivajo na doživljanje obiskovalcev, zanimanje za to področje znanja narašča. To potrjujejo organizirani obhodi z ogledom dreves okoli jezera in samega parka ter stalno zanimanje ljudi za drevesne vrste. Prvi dendrološki obhod okoli jezera z 18 navzočimi je bil 16. oktobra leta 2010, 9. aprila leta 2011 je bilo navzočih kar 30, nato je bil organiziran ogled drevesne dediščine 28. maja leta 2011 ob dnevu Alpske konvencije in 30-letnici Triglavskega narodnega parka. Na željo članov Naravoslovnega društva Bled je bil ogled ponovljen 22. oktobra leta 2011 in v letu 2012 12. aprila. Drevesa okoli jezera si je 6. aprila leta 2013 ogledal II. letnik Srednje gostinske šole Radovljica. Za občinski praznik Bleda je bil 10. aprila leta 2013 organiziran ogled osrednjega parka.

O drevesih v blejskih parkih je pisal *Gorenjski glas*, samostojno oddajo o njih pa je pripravila TV Svet na Kanalu A.

Iz tega lahko zaključimo, da obstaja veliko zanimanje za ogled in spoznavanje dreves. Bled ima z bogato pestrostjo dreves možnost, da postane prava učilnica za spoznavanje dreves.

Viri: V besedilu niso navedeni uporabljeni viri, sicer bi na istem mestu moral navajati tudi več kot pet virov hkrati. Moje delo je bilo le določanje drevesnih vrst.

Avtor fotografij v besedilu: Jože Skumavec.

Uporabljena literatura in viri:

- Brus, R., Puschner, M., Ljubljana, 2008: *Okrasne sorte bukve (Fagus sylvatica L.) v Sloveniji*. Gozdarski vestnik, 66 (2). Ljubljana: Zveza gozdarskih društev Slovenije.
- Coombes, A. J., 2002: *The Illustrated Directory of Trees and Shrubs*. London: Salamander Books Ltd.
- Čokl, M., 1961: *Gozdarski in lesnoindustrijski priročnik*. Ljubljana: Državna založba Slovenije.
- Daksobler, I., Kutnar, L., 2012: *Macesnovi gozdovi v Sloveniji: vzhodnoalpsko macesnovje, združba evropskega macesna in slečnika*. Ljubljana: Zveza gozdarskih društev Slovenije. Založba Silva Slovenica.
- Erker, R., 1957: *Opis gozdnega drevja in grmovja*. Ljubljana: Državna založba Slovenije.
- Kotar, M., Brus, R., 1999: *Naše drevesne vrste*. Ljubljana: Slovenska matica.
- Lanzara, P., Pizzetti, M., 1984: *Drevesa*. Ljubljana: Mladinska knjiga.
- Lauber, K., Wagner, G., 1996: *Flora Helvetica*. Bern: Paul Haupt.
- Martinčič, A., Sušnik, F., Mayer, E., Ravnik, V., Strgar, V., Wraber, T., 1969: *Mala flora Slovenije*. Ljubljana: Cankarjeva založba.
- Martinčič, A., Wraber, T., Jogan, N., Podobnik, A., Turk, B., Vreš, B., Ravnik, V., Frajman, B., Strgulc Krajšek, S., Trčak, B., Bačič, T., Fischer, M. A., Eler, K., Surina, B., 2007: *Mala flora Slovenije*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.
- Mayer, J., Schwegler, H.-W., 2005: *Katero drevo je to? Drevesa, grmi, okrasne lesnate rastline*. Kranj: Založba Narava.
- Malakar, J., 1990: *Drevesa in grmi Slovenije*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.
- Rogelj Petrič, S.: *Orjaška stara drevesa neopazno izginjajo*. Delo, Znanost, 27. decembra 2012.
- Skumavec, U., Skumavec, J.: *Meritve na terenu, opravljene v letu 2013*.
- Willfort, R., 1988: *Zdravilne rastline in njih uporaba*. Maribor: Založba Obzorja.
- Zupančič, M., Skumavec, J., 2007: *Gogalova lipa*. Varstvo narave, 20. Ljubljana: Zavod RS za varstvo narave. <http://en.wikipedia.org/wiki/Cercidiphyllum>. http://www.botanicni-vrt.si/component/option/com_rastline/cercydiphyllum-japonicum/page.894/long.si. <http://www.omorica.si/>

Spinelno dvojčenje kremenca s Slivnice

Mirjan Žorž, Igor Dolinar, Miha Jeršek, Rafael Šerjak, Gregor Kobler, Jože Pristavec

Kremen je med najbolj razširjenimi in najtemeljiteje preučeni minerali. Odkritje nove vrste kremenovih dvojčkov na Slivnici je zato veliko presenečenje, še posebej, ker imajo novoodkriti dvojčki obliko in simetrijo, ki sta značilni za spinelne dvojčke. V članku opišemo, kako, iz katerih simetrij in pri katerih mineralih lahko nastanejo spinelni dvojčki, s čimer razložimo tudi nastanek kremenovih dvojčkov spinelnega tipa.

Spinelno dvojčenje

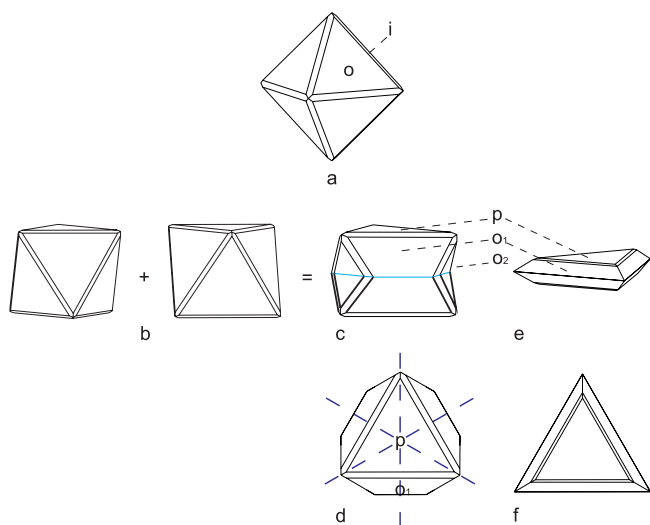
Spinel je magnezijev aluminijev oksid - MgAl_2O_4 , ki kristalizira v oktaedrih in v bolj ali manj sploščenih stičnih dvojčkih trikotne oblike. Ti so tako značilni, da so jih zaradi tega poimenovali spinelni dvojčki, način njihovega dvojčenja pa kot dvojčenje po spinelnem zakonu.



Spinelov stični dvojček, velik 12 x 8 milimetrov. Zgoraj in spodaj desno so dvojlični vpadni koti. Mogok v Burmi.
Zbirka: Mirjan Žorž. Foto: Igor Dolinar.

Spinel ima najvišjo štirištevno kubično simetrijo – holomorfijo – in točkovno skupino $\bar{m}3m$. Dvojči se tako, da se stakneta dve ploskvi oktaedra $\{111\}$. Simetrija dvojčka je drugačna, ker je trištevna. Med zdvojenima kristaloma nastanejo značilni vpadni koti, ki se z nadaljnjo rastjo lahko zarastejo, zato imajo spinelni dvojčki pogosto sploščeno trikotno obliko. Vsi spinelni dvojčki imajo eno vodoravno ravnino simetrije, ki je pravokotna na trištevno os, in tri ravnine simetrije, ki so vzporedne s to osjo in se med seboj sekajo pod kotom 120 stopinj. To simetrijo (točkovna skupina $6m^2$) uvrščamo v sistem heksagonalnih simetrij.

Pogosto se dva oktaedrska kristala medsebojno prerasteta (interpenetrirata) preko dvojlične (111) ravnine. Nastali dvojček se bistveno razlikuje od stičnega dvojčka, ker je njegova simetrija višja od posameznih zdvojenih kristalov, saj je najvišja možna šestštevna holomorfija (točkovna skupina $6/mmm$). Tako zdvojeni kristali imajo eno ravnino simetrije, ki je



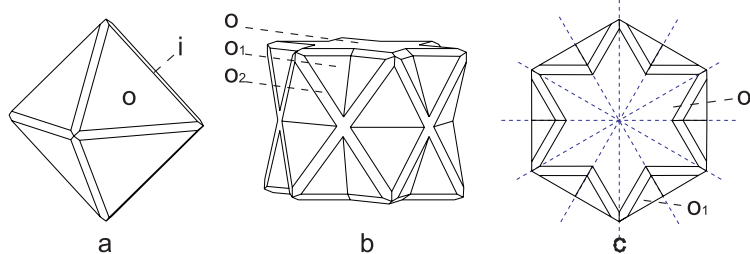
Kristale spinela (**a**) omejujejo ploskve oktaedra $o\{111\}$, ki jih po robovih odrežejo ploskve rombskega dodekaedra $i\{110\}$. Spinelni dvojček nastane, ko se dva oktaedrska kristala stakneta na eni izmed oktaedrskih ploskev **o**. Risba **b** prikazuje položaj kristalov pred dvojčenjem. Nastali dvojček (**c**) je sploščen v stični dvojčni ravni (označena v modrem); ta je vzporedna s terminalnima ploskvama pinakoida **p**, v kateri sta se preobrazili po ena oktaedrska ploskev vsakega od primarnih kristalov. Od ostalih ploskev primarnih oktaedrov so se trije pari spremenili v ploskve pozitivnih piramid o_1 , trije pa v ploskve negativnih piramid o_2 . Med ploskvami negativnih piramid o_2 nastanejo vpadni koti. Dvojček ima tri ravnine simetrije (označene z modrimi črtkanimi črtami), ki se sekajo pod kotom 120 stopinj. Prikazane so na risbi **d**, kjer je dvojček v projekciji, ki je pravokotna

na dvojnično (111) ravnino. Pri nekaterih dvojčkih se med rastjo vpadni koti popolnoma zarastejo, zato imajo enostavno obliko, ki jo prikazujeta risbi **e** in **f**. Risba: Mirjan Žorž.



Spinelni dvojček diamanta velikosti 7 x 7 milimetrov, ki ga omejujejo zaokrožene ploskve heksakisoktaedra $\{123\}$. Na levem posnetku je kristal v projekciji (001) , ki prikaže njegovo trištevno. Na desnem posnetku je fotografiran s strani, da je videti ravnino simetrije, ki poteka po njegovem obodu. Dobro vidni so tudi dvojčni vpadni koti v obliki vdolbin na obodu. Južnoafriška republika. Zbirka: Mirjan Žorž. Foto: Igor Dolinar.

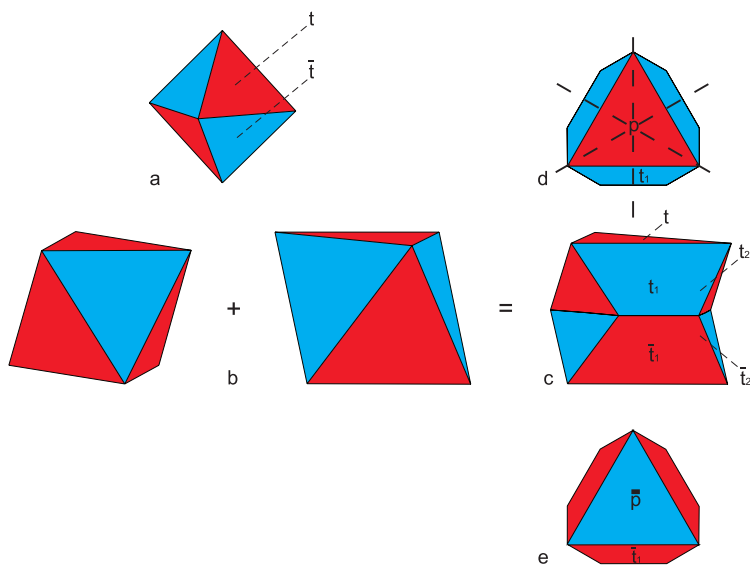
pravokotna na šestštevno os, in šest ravnin simetrije, ki so z njo vzporedne. Pri stičnih in preraščenih dvojčkih gre torej za dve povsem različni simetriji, zato šestštevni preraščeni dvojčki v doslednem pomenu ne moremo uvrstiti k troštevni stični spinelni dvojčki. Fluorit, galenit, loparit in platina pogosto kristalizirajo v preraščenih dvojčkih.



S preraščanjem dveh oktaedrov (a) preko dvojčične ravnine (111) nastanejo dvojčki z najvišjo 6-števno simetrijo. Risba b prikazuje nastali preraščeni dvojček. Trije pari ploskev oktaedra $o\{111\}$ se preoblikujejo v 24 ploskev bipiramide o_1 , trije pari pa v 12 ploskev negativne bipiramide o_2 . Dva para se spremenita v ploskvi pinakoida

p. Nastali dvojček ima šest ravnin simetrije, ki so vzporedne s 6-števno osjo in so prikazane na dvojčku v projekciji, ki je pravokotna na dvojčično ravnino (c). Risba: Mirjan Žorž.

V literaturi pogosto omenjajo minerale z nižjimi kubičnimi simetrijami, ki naj bi se tudi dvojčili po spinelnem zakonu. Značilna predstavnika sta sfalerit in redkejši metacinabarit, ki imata dvoštevno kubično sfenomorfnost simetrijo (točkovna skupina $4m2$). Njuni kristali so navidezno oktaedrične oblike, vendar pa ima polovica ploskev drugačen sijaj in vzorec kakor druga polovica, prva polovica pripada namreč pozitivnemu tetraedru $t\{111\}$, druga pa negativnemu tetraedru $\bar{t}\{111\}$. Dvojčenje poteka tako, da se stakneta ploskev pozitivnega tetraedra enega kristala in ploskev negativnega tetraedra drugega kristala. Nastali dvojček ima trištevno simetrijo, ki pa nima ravnine simetrije, ki je pravokotna na trištevno os. Zato sodi med trigonalne simetrije hemimorfnega tipa (točkovna skupina $3m$). Stičnih dvojčkov teh dveh mineralov zato ne moremo uvrstiti med spinelne dvojčke.



Pri kristalih sfalerita in metacinabarita se ena polovica ploskev razlikuje od druge polovice, ki so na risbi a prikazane v rdečem oziroma modrem, ker pripadajo pozitivnemu tetraedru $t\{111\}$ oziroma negativnemu tetraedru $\bar{t}\{111\}$. Risba b prikazuje položaj obeh kristalov pred dvojčenjem. Stično zdvojen kristal po ploskvi (111) enega in po ploskvi $\{111\}$ drugega kristala ima enako obliko kot spinelni dvojček, nima pa ravnine simetrije, ki je pravokotna na trištevno os (c). Dvojček ima zato trištevno hemimorfnost simetrijo. Ena ploskev pozitivnega tetraedra na prvem kristalu se je preobrazila v zgornji pedion p, ena ploskev negativnega tetraedra na

druhem kristalu pa v spodnji pedion $\bar{p}$. Risba d predstavlja projekcijo dvojčka v ravnini zgornjega p, risba e pa v projekciji spodnjega pediona $\bar{p}$. Risba: Mirjan Žorž.

Vsaka simetrija, ki ima trištevno os in tri z njo vzporedne simetrijske ravnine, lahko ustvarja dvojčke spinelnega tipa. Take simetrije prikazuje sledeča tabela.

Primarna simetrija	Točkovna skupina	Ravnina dvojčenja	Mineral
4-števna kubična holomorfija	$m\bar{3}m$	(111)	alabandit, baker, diamant, fauyasit, magnetit, siegenit, spinel, srebro
2-števna kubična sfenomorfija	$\bar{4}m2$	(111) ali ($\bar{1}\bar{1}1$)	marshit
3-števna trigonalna holomorfija	$\bar{3}m$	(001)	kalcit, magnezit, rodohrozit, siderit
3-števna trigonalna hemimorfija	3m	(001) ali ($00\bar{1}$)	spangolit

Simetrije, ki lahko dajo dvojčke spinelnega tipa. Najpogostejši so v obeh holomorfijah. Pri 2-števni kubični sfenomorfiji sta možni dve vrsti spinelnih dvojčkov. Pri prvi pride do dvojčenja na ploskvah pozitivnega tetraedra (111), pri drugi pa na ploskvah negativnega tetraedra ($\bar{1}\bar{1}1$). Dvojčenje pri obeh tetraedrih je znano pri marshitu iz rudnika Rubcovskoje v Rusiji. Pri trištevni trigonalni hemimorfiji je možno dvojčenje vzdolž ploskev zgornjega (001) oziroma spodnjega pediona ($00\bar{1}$). Znani so spinelni dvojčki spangolita po spodnjem pedionu.

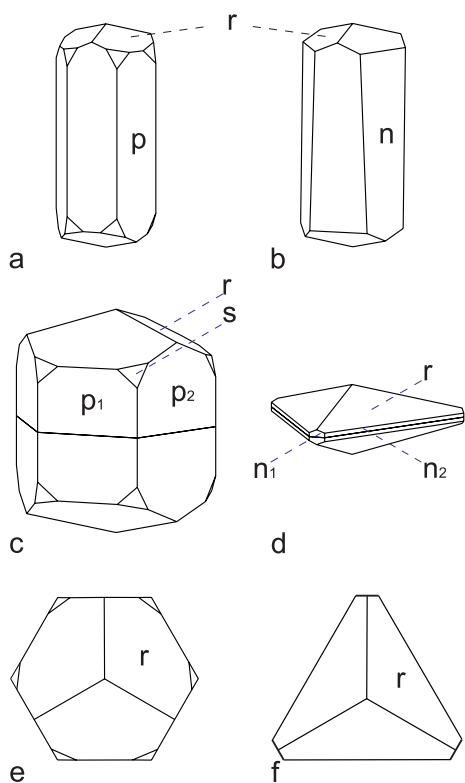
Obe kubični simetriji imata vzdolž trištevni osi popolnoma enake simetrijske lastnosti kakor obe trištevni trigonalni simetriji, zato imajo tudi stični dvojčki vseh štirih simetrij enake simetrijske lastnosti in obliko.

Med minerali s trištevno holomorfijo je najpogostejši kalcit, ki je velikokrat stično zdvojen po ploskvi pinakoida {001}. Nastali dvojček ima enake simetrijske lastnosti kot stični spinelni dvojček in v nekaterih primerih tudi popolnoma enako trikotno sploščeno obliko.



(001) stični dvojček kalcita spinelnega tipa z dobro vidnim dvojčičnim šivom. Širši zgornji ploskvi strmega negativnega romboedra $n_2\{0kl\}$ sta rahlo izbočeni. Na vbočenih ožjih ploskvah strmega pozitivnega romboedra $n_1\{h0l\}$ so simetrijsko značilne trikotne ploskve, ki pripadajo negativnemu skalenoedru $s\{21\bar{1}\}$. Na terminaciji so narebrene ploskve negativnega položnega romboedra $r\{012\}$. Velikost dvojčka je 27 x 25 milimetrov. Daye v provinci Hubei na Kitajskem. Zbirka: Gregor Kobler.

Foto: Igor Dolinar.



Kalcit ima trištevno holomorfno simetrijo. Če se dva prizmatska kristala kalcita (**a**) zdvojčita tako, da se stakneta v ravnini (001), pri čemer se istočasno v tej ravnini drug proti drugemu zavrtita za 60 stopinj, nastane dvojček s trištevno simetrijo. Če ima osnovni kristal razvite ploskve prizme $p\{100\}$, je nastali dvojček prizmatske oblike (**c**). Zgornji – pozitivni deli ploskev prizme $p\{100\}$ se po dvojčenju preobrazijo v ploskve prizme $p_2\{010\}$, spodnji – negativni deli pa v ploskve prizme $p_1\{100\}$. Na dvojčku so razvite še ploskve negativnega položnega romboedra $r\{012\}$ in simetrijsko značilne ploskve negativnega skalenoedra $s\{21\bar{1}\}$. Pri kristalih (**b**), ki so omejeni s ploskvami strmih negativnih romboedrov $n\{0kl\}$, lahko nastanejo sploščeni dvojčki trikotne oblike (**d**) zato, ker se pozitivni del negativnega strmega romboedra preoblikuje v ozke ploskve strmega pozitivnega romboedra $n_1\{h0l\}$, njegov negativni del pa v široke ploskve strmega negativnega romboedra $n_2\{0kl\}$. Risbi **e** in **f** prikazujeta dvojčka v projekciji (001). Risba: Mirjan Žorž.

Slivnica

Septembra leta 2012 sta dva od avtorjev (Rafael Šerjak in Mirjan Žorž) šla na Slivnico, da bi ugotovila, kje se pojavljajo kremenovi kristali, in jih nekaj tudi nabrala. Po čiščenju v ultrazvočni kopeli je Mirjan Žorž pod mikroskopom pregledal njihove morfološke značilnosti. Bolj zanimivi so manjši kristali, ker so lahko lepo razviti v obliki šeststranih prizem z značilnimi romboedriskimi terminacijami. Nekateri imajo zelo gladke ploskve, na katerih

je vidna menjavajoča se lamelnost v obliki širokih črk »V«, ki potrjuje brazilski tip dvojčenja. Po pričakovanju je bilo med nabranimi kristali kar precej brazilskih dvojčkov.



Brazilski dvojček kremenca s Slivnice. Na zgornji ploskvi prizme je vzorec v obliki črke »V«, katere vrh je usmerjen proti levi, na sosednji desni ploskvi pa je podoben vzorec usmerjen proti desni romboedriski terminaciji kristala. To je značilen vzorec dvojčičnih lamel, ki nastane pri dvojčenju brazilskega tipa. 16 x 10 milimetrov. Zoisova zbirka Prirodoslovnega muzeja Slovenije. Foto: Igor Dolinar.

Na enem izmed najdenih kristalov je bil vzorec, ki so ga povzročale lamele, drugačen, ker se je zrcalil v sredini prizemske ploskve oziroma v ravnini (001). Na vsaki drugi ploskvi so bile lamele v obliki črke »V« obrnjene druge proti drugim s svojimi vrhovi, na sosednjih ploskvah pa druge proti drugim s svojimi odprtimi deli. Na sredini kristala, kjer so se lamele zrcalile, je bila ozka zareza, kakršna nastane pri kontaktnem dvojčenju po ploskvi oziroma ravnini (001). Tudi ploskve na obeh terminacijah kristala so bile nekaj posebnega. Vsaka druga ploskev je bila motna oziroma gladka. Vse opisane lastnosti so se ponavljale v trištevem vzorcu in se istočasno zrcalile v ravnini (001), kar je značilnost trištevne heksagonalne sfenomorije. To pa nedvoumno potrjuje, da je kremenov kristal stično zdvojen po spinelnem zakonu.



Spinelni dvojček kremenov s Slivnice. Na prizemski ploskvi je viden štirikotni vzorec dvojčičnih lamel, ki je nastal tako, da so se lamele v obliki črke »V« s svojimi odprtimi deli obrnile druge proti drugim in se staknile v ravnini dvojčenja. Velikost kristala 12 x 7 milimetrov.

Zbirka: Mirjan Žorž.

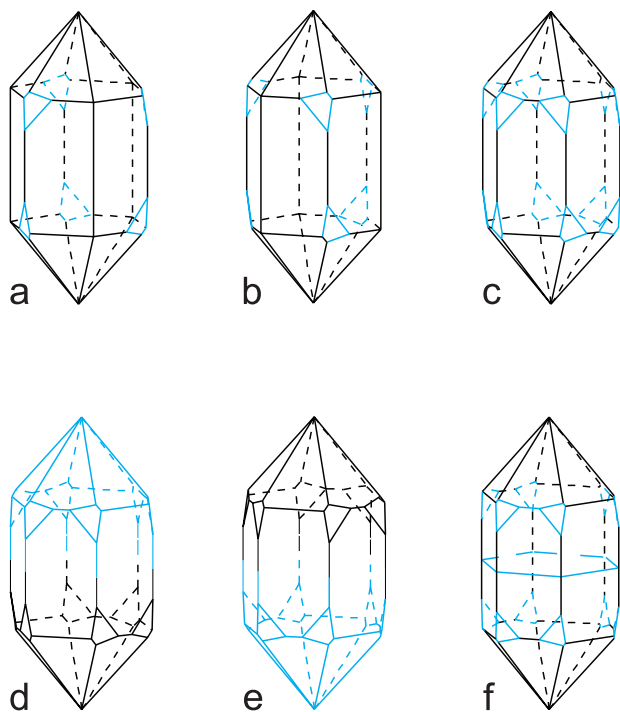
Takih dvojčkov kremenov doslej še nikjer niso našli ali opisali, zato je bilo treba preveriti, če ne gre morda za naključje. Pregled najdenih kristalov v zbirkah avtorjev in v Zoisovi zbirki Prirodoslovnega muzeja Slovenija je razkril še nekaj takih, ki so imeli zgoraj opisane znake dvojčenja tega tipa, in še ne-

katere druge, kar je nedvoumno potrdilo pojavljanje teh dvojčkov na Slivnici, ki je tako prvo nahajališče na svetu, v katerem so bili najdeni in na tem mestu tudi prvič opisani.

Simetrija in dvojčenje kremenov

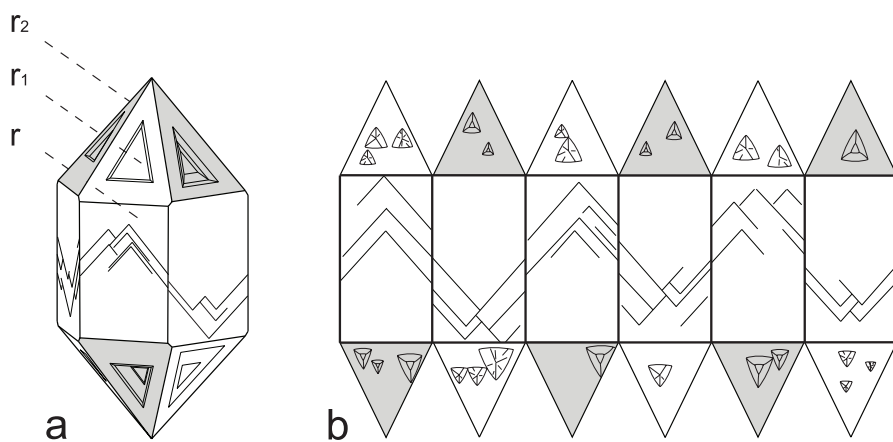
Osnovna simetrija kremenov je trištevna trigonalna enantiomorfija (točkovna skupina 32), zaradi katere obstajajo levi in desni kristali kremenov. Na Slivnici take kristale tudi najdemo, če imajo na ploskvah romboedrov vidne lamele, ki so levo oziroma desno orientirane. Bistveno pogostejši pa so brazilski dvojčki z opisano V-lameliranostjo. Ti nastanejo s prenašanjem dveh kristalov, od katerih ima eden levo in drugi desno orientacijo. Simetrija brazilskega dvojčka je trištevna trigonalna holomorfija, torej enaka, kakor jo ima kalcit. Če pa ima tako simetrijo, je samo vprašanje okoliščin, pri katerih se brazilsko zdvojen kremen zdvoji še po spinelnem zakonu. Očitno so bile razmere na Slivnici za to ustrezne.

Prevlada biterminiranih kremenovih kristalov na Slivnici kaže na to, da so se primarno obarjali iz raztopin ali pa so kristalili v sami kamnini. Najpogosteje pri tem nastanejo brazilski dvojčki, v redkih primerih pa se dva brazilska dvojčka ob istočasni rotaciji za 60 stopinj stakneta v ravnini (001) in tako nastane tako imenovani klinasti stični dvojček s simetrijo spinelovega dvojčka.

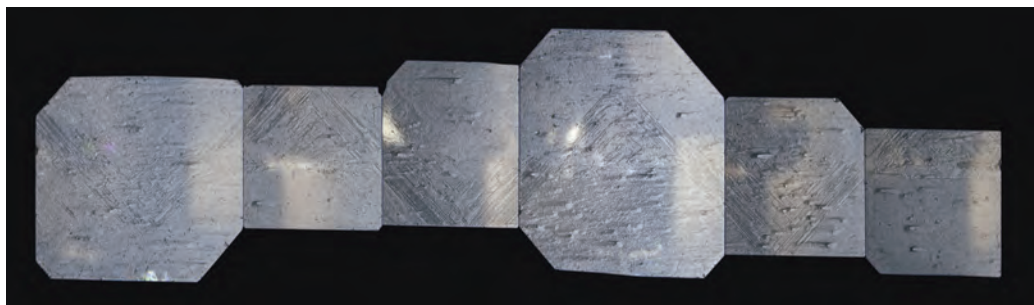


Kristali kremenena imajo trištevno trigonalno enantiomorfno simetrijo, za katero so značilni levi (**a**) oziroma desni (**b**) analogi, ki nimajo nobene ravnine simetrije. S preraščanjem desnega in levega kristala nastane brazilski dvojček, ki ima najvišjo možno trigonalno simetrijo (**c**) s tremi ravninami simetrije, ki so vzporedne s trištevno osjo, nima pa ravnine simetrije, ki je pravokotna na to os. V naslednji fazi se kontaktno zdvojčita dva brazilska dvojčka (**d** in **e**) in nastane tako imenovani klinasti dvojček, ki ima simetrijo spinelnega dvojčka (**f**), za katero so značilne tri ravnine simetrije, ki so vzporedne s trištevno osjo, in ena, ki je nanjo pravokotna. V tej ravnini se razvije dvojčični šiv. V spinelnem kremenovem dvojčku sta tako kontaktno združena po dva para levih in desnih analogov. Na risbah so le zaradi nazornosti simetrije posameznega kristala oziroma dvojčka v modrem prikazane simetrijsko značilne ploskve trapezoidov, ki pa na slivniških kristalih niso razvite.

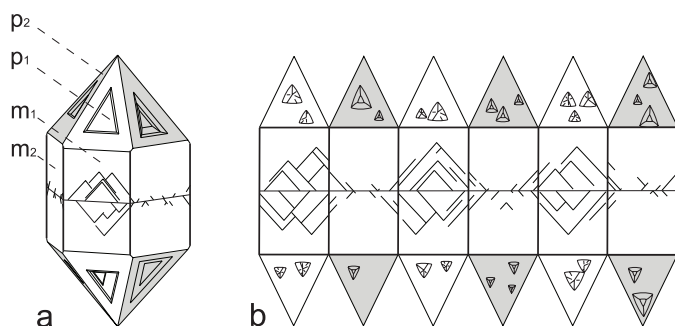
Risba: Mirjan Žorž.



Morfološka analiza brazilsko zdvojenega kremenovega kristala s Slivnice. Zdvojeni kristal po brazilskem zakonu ima na terminacijah razviti dve vrsti ploskev romboedrov $r_1\{101\}$ in $r_2\{011\}$ (**a**). Obod kristala (**b**) sestavlja šest ploskev prizme $m\{100\}$, na katerih so razvite dvojčične lamele, ki so značilne za to vrsto dvojčenja in kažejo s svojimi vrhovi izmenjaje proti eni oziroma drugi terminaciji. Na ploskvah obeh vrst romboedrov so različne vicinalne ploskve. Pozitivni romboedri r_1 so gladki, medtem ko so negativni r_2 motni. Nazorna je odsotnost zrcalne simetričnosti v ravnini (001) . Risba: Mirjan Žorž.



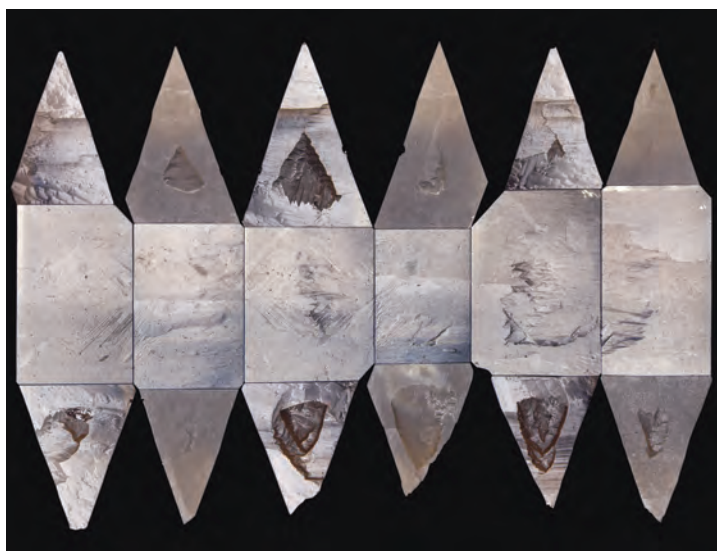
Fotografija plašča prizemskih ploskev brazilsko zdvojenega kristala s fotografije na strani 462. Na ploskvah je zelo lepo razvita dvojčična lameliranost v obliki črke »V«, ki izmenjuje kaže proti eni oziroma drugi terminaciji kristala. Foto: Igor Dolinar.



Morfološka analiza spinelno zdvojenega kremenovega kristala s Slivnice.

Zdvojeni kristal ima razvit dvojčični šiv, ki poteka po sredini kristala (a). Obod kristala sestavljajo tri ploskve prizme $m_1\{100\}$, na katerih je zrcalno simetrični vzorec dvojčičnih lamel, ki so s svojimi vrhovi obrnjene proti terminacijama, in tri ploskve prizme $m_2\{010\}$, na katerih je slabše razvit vzorec dvojčičnih lamel, ki kažejo s svojimi vrhovi proti dvojčičnemu šivu. Na vsaki terminaciji so razvite po tri gladke ploskve piramide $p_1\{101\}$ in tri motne ploskve bipiramide $p_2\{011\}$. Na

vsaki od ploskev obeh piramid so razvite še značilne vicinalne ploskve. Tako različni sijaj ploskev obeh bipiramid kakor tudi različne vicinalne ploskve na njih so zrcalno simetrični glede na ravnino dvojčenja (b). Risba: Mirjan Žorž.



Fotografija plašča prizemskih in bipiramidalnih ploskev brazilsko zdvojenega kristala s fotografije na strani 463. Simetrični vzorec dvojčičnih lamel je dobro viden na prvi in tretji ploskvi prizme m_1 z leve, na drugi z desne pa nekoliko manj zaradi skeletiranosti. Dvojčični šiv je bolj izrazit na ploskvah prizme m_2 , na katerih pa so dvojčične lamele, ki se stikajo s svojimi vrhovi, manj izrazite. Ploskve piramid p_1 so gladke, medtem ko so ploskve bipiramid p_2 motne, oboje pa so simetrične glede na dvojčično ravnino, ki poteka po sredini kristala. Na gladkih ploskvah bipiramide p_1 so vidne vicinalne ploskve. Foto: Igor Dolinar.



Nekateri kristali s Slivnice nimajo gladkih prizemskih ploskev, ker so na njih izrazite vicinalne ploskve. Zato se na takih kristalih dvojčične lamele niso razvile. Dobro pa je viden dvojčični šiv in različna odsevnost na ploskvah kristala na levem posnetku. Kljub temu pa je tudi na takih kristalih mogoče ugotoviti spinelni tip dvojčenja. Pri tem nam pomagajo ravno vicinalne ploskve, ki so s svojimi vrhovi obrnjene druge proti drugim, na sosednji ploskvi pa proti terminacijam, kakor je razvidno na desnem posnetku. Ta vzorec se ponovi trikrat in je ravno tako simetričen v dvojčični ravnini. Različna odsevnost na ploskvah nastane zato, ker so

ploskve izmenjaje rahlo nagnjene (vbočene) proti dvojčičnemu šivu oziroma (izbočene) proti terminacijama. Izbočena desna zgornja ploskev na desnem posnetku je nagnjena proti terminaciji, vbočena leva spodnja pa proti šivu, zato imata obe enako odsevnost. Ravno obratno velja za levo zgornjo in desno spodnjo ploskev, zato imata drugačno odsevnost kot drugi dve, kar se kaže v zanimivem vzorcu. To je obenem dokaz, da te ploskve ne pripadajo prizmam, temveč zelo strmemu romboedru. Kristal meri 11 x 3 milimetrov. Zbirka: Jože Pristavec. Foto: Igor Dolinar.

Zaključek

Lepo razviti spinelni dvojčki kremenca s Slivnice so redki. Razlog je v kompleksnem mehanizmu dvojčenja in razgibanosti kristalov. Čim večji so kristali, tem bolj so ploskve neravne in skeletirane. Pri velikih kristalih se zaradi tega morfološki znaki dvojčenja ne razvijejo ali pa jih prekrijejo vdolbine in narebrenost na ploskvah. Dvojčenje zato najbolje opazimo na manjših kristalih z gladkimi ploskvami. Lameliranost je neizrazita in jo najlažje zaznamo v svetlobi, ki se od ploskve odbija pod zelo majhnim kotom. Podobno je z vicinalnimi ploskvami in motnostjo ploskev na terminacijah. Najbolj očiten znak kontaktnega dvojčenja so dvojčični šiv in odsevi prizemskih ploskev na nasprotnih straneh tega šiva. Ploskve so lahko izmenjaje tudi rahlo vbočene oziroma izbočene, zato se odsevi ne pojavijo na obeh staneh šiva hkrati. V takem primeru kristali nimajo razvitih ploskev prizem, temveč ploskve zelo strmih romboedrov. Redko so prizemske ploskve pokrite le z vicinalnimi ploskvami v značilnem menjajočem se vzorcu, ki je simetričen v ravnini dvojčičnega šiva.

Pri nas so nahajališča podobnih kremenovih kristalov še v okolici Logatca, Vojskega in Turjaka, vendar tam dvojčkov spinelnega tipa še nismo našli. Tudi po svetu je več nahajališč (Marmaros na Madžarskem, Herkimer v državi New York v Združenih državah Amerike, Mirabeau v Franciji, Oehrli v Švici, Balučistan v Pakistanu ...), v katerih so kristali podobnega izvora, zato bi kremenove spinelne dvojčke morda sčasoma našli še kje.

Viri:

Žorž, M., 2013, 2014: *Razvrščanje kristalov po njihovih oblikah*. Proteus, 76 (3, 4, 5, 6, 7).

Žorž, M., 2009: *Die ungewöhnlichsten Quarzwillinge der Welt*, Quarz. Extra Lapis No. 37, 29-35. München: Christian Weise Verlag.

Rečnik, A., Šerjak, R., Vidrih, R., Mikuž, V., 2007: *Nahajališča kremenovih »diamantov« v okolici Cerknice. Nahajališča mineralov v Sloveniji*, 219-230. Ljubljana: Institut Jožef Stefan.

Jeršek, M., Žorž, M., 2006: *Kremen iz okolice Cerknice*.

Mineralna bogastva Slovenije. Scopolia, Suppl. 3: 410–412. Ljubljana: Prirodoslovni muzej Slovenije.

Žorž, M., 2004: *Kremenovi dvojčki preraščanja*. Proteus, 67: 62-72. Ljubljana.

Žorž, M., 2002: *The symmetry System*. Grosuplje: Samozaložba.

Rykart, R., 1989: *Quarz-Monographie*. Thun: Ott Verlag.

Fronde, C., 1962: *The System of Mineralogy, Volume III – Silica Minerals*. New York: John Wiley and Sons Inc.

Noč rakunov

Jurij Kurillo

V našo, evropsko predstavo o živalstvu Severne Amerike zagotovo sodi poleg grizlija, bizona in kojota tudi rakun. Še posebej spominja nanj televizijski in filmski junak Davy Crockett s svojo značilno repato kapo iz rakunjega kožuha. To živalsko bitje je po drugi strani zmeraj imelo pomembno vlogo v indijanski mitologiji — menda tudi njegovo ime izvira iz jezika ameriških domačinov plemena Powhatan.

Govorimo o navidez zelo prikupni živali iz družine malih medvedov (*Procyonidae*) s kožuhom rumenkasto sive barve in z značilno temno masko na obrazu. Rakun (*Procyon*

lotor) je dolg od 60 do 95 centimetrov, rep pa ima dolg še za domala polovico telesa. Tehta približno 6 do 7 kilogramov, včasih, še posebej na severu, pa tudi več. Na nogah ima po pet prstov, od katerih so sprednji še posebno spretni. Z njimi si pobira hrano, ki jo pogosto namaka v vodi. Od tod izvira tudi njegovo novolatinsko ime »lotor«, ki pomeni »pralec« (nemško Waschbär). Zelo ima razvit tako tip kot sluh in voh. Rakuni so do nedavna veljali za zelo samotarske živali, zdaj pa nekateri raziskovalci predvidevajo več druženja, zlasti med samicami. Parijo se pozimi in spomladi. Samica povrže dva do sedem mladičev, ki ostanejo z njo do nasle-

Náš posnetek rakunove samice in njenih treh mladičev je nastal v kalifornijskem mestu Concord, ki leži približno osemdeset kilometrov vzhodno od San Francisca. Živalska družba je v mraku plezala prek sosedovega plota in potem puščala na zelenjavni gredi svoje iztrebke, pojedla vse paradižnikove plodove, privoščila pa si je tudi grozdje in limone.

Digitalni fotoaparat Olympus SP500UZ, 63 mm, zaslonka f /3.7, 1/250 sek., ISO 400, elektronska bliskavica. Foto: Jurij Kurillo.



dnje pomladi, pozneje pa se zadržujejo še nekaj časa v njeni bližini.

Njihovo prvotno okolje so bila različna naravna mokrišča, vendar so se v zadnjih stoletjih zaradi svoje izredne prilagodljivosti naselili tudi v človeška naselja. Zaradi dobrih razmer za razmnoževanje so postali v novjšem času ti nočni vsejedi marsikje prava nadloga, saj si za svojo prehrano na veliko izbirajo najrazličnejše sadje in zelenjavo iz sadovnjakov in polj, ne ustavijo pa se tudi ne pred perutninskimi farmami. Po starem Brehmu je sicer »rakun brhko, veseljaško bitje, ki razveseljuje okolico s svojo veliko gibčnostjo in živahnostjo«. Zato ni nič čudnega, da mnogi Američani — kot lahko beremo v prispevkih na spletu — te nočne vsiljivce v svoji bližini dobrohotno prenašajo ali jih po nepotrebnem celo krmijo. Čeprav sem in tja kakšnega rakuna tudi udomačijo, postane ta kot odrasel zelo napadalen in neobvladljiv. Prvotno so rakuni živeli le

na širnem ameriškem ozemlju od Paname, prek Mehike in Združenih držav do južne Kanade. Danes so se zaradi bega iz gojišč ali izpostavljenosti razširili tudi po Evropi, denimo v Španiji in Nemčiji (že milijon rakunov!), pa tudi na Japonskem. Kaj pa pri nas, v Sloveniji?

Rakuni so sicer lahko neprijetni in tudi nevarni sosede, ne le zaradi svoje velike požrešnosti, marveč tudi kot prenašalci hujših nalezljivih obolenj, kot so tularemija, leptospiroza, listerioza, tetanus in še posebej steklina. Ta je razširjena zlasti med rakuni, ki so zavzeli vzhodnoevropske dežele, kot so Estonija, Litva in Ukrajina, kjer nimajo urejene preventive proti tej nevarni bolezni. Za te sesalce je še posebej značilna glista *Baylisascaris procyonis*; njene ličinke prodrejo kot *larvae migrans* tudi v možgansko tkivo. K sreči naj bi se človek s tem črevesnim parazitom okužil bolj redko.

Rakuni v Sloveniji

Miha Krofcl

Kljub temu, da je rakun že precej razširjen ponekod po Evropi, se je v Sloveniji za zdaj pojavljal izjemno redko. Zaenkrat tudi ni znano, da bi povzročali kakršnekoli težave. Leta 2002 je bil en osebek najden povožen na cesti Ljubljana-Maribor pri Prevojah. Verjetno je izviral iz ujetništva, saj sta v tistem času dva rakuna pobegnili iz domače reje v okolici Kamnika. Leta 2011 je bil še en rakun povožen v bližini Trebnjega, obstaja pa še nekaj nepotrjenih opažanj iz okolice Nove Gorice in Notranjske. Od kod so izvirali ti rakuni, ni znano.

Po poročilih iz sosednjih držav se širjenje rakunov v Evropi, kamor jih je v 20. stoletju zanesel človek, očitno še vedno nadaljuje. Tako ni izključena možnost, da se bo vrsta v prihodnje začela pogostejše pojavljati tudi

pri nas. Zato je dobro, da smo pri obiskih v naravi pozorni na to vrsto. Pri tem pa moramo paziti, da rakuna ne zamenjamo za še eno tujerodno vrsto zveri — rakunastega psa. Obe vrsti sta namreč podobne velikosti in barve s temno progo preko oči. Najlažje ju ločimo po repu, ki je pri rakunu značilno črno-belo progast.

Etika v naravoslovni fotografiji

Petra Draškovič

O etiki v naravoslovni fotografiji sem razmišljala že večkrat. Tudi o obnašanju v naravi. Oboje gre pogosto z roko v roki.

Nazadnje me je k temu spodbudilo tudi doživetje na robu pragozda Kopa. Ko sva s Stanetom fotografirala gozd v večerni svetlobi, sva bila tako neslišna, da naju še jelen ni opazil. Nekaj metrov od naju se je sprehodil mimo, nato pa oddirjal po svojih poteh v dolino. A na istem mestu, le dan poprej, ko sva bila – podobno, kot miški tiho – zatopljena vsak v svoj svet zaslonke in motiva ter skušala ovekovečiti lepoto čemaževih cvetov, so naju presenetili glasovi. Slišalo se je, kot da prihaja cel trop – ljudi, no, medvedi so ponavadi mnogo bolj tihi. Vpili so na ves glas in dirjali vsepovprek. Vse dokler naju niso opazili, kako neslišno delava. Morda jim je za hip postalo nerodno, vsaj upam, da je bilo tako. Mislim, da nisem le jaz tega mnenja, a vendarle, tak hrup ne sodi v gozd, morda na nogometno igrišče, nikakor pa ne v območje zavarovane in še posebej krhke narave, kar pragozdni rob zagotovo je.

Ne spomnim se, da bi mi kdo povedal, kako se je treba obnašati v gozdu, a neko spoštovanje do prostora človek vendarle mora čutiti in ohraniti. Nenazadnje je gozd ali pa kateri drug prostor tudi dom mnogim živalim in prav je, da ga kot takega spoštujemo. A kje je tista tanka rdeča črta, kaj je dopustno in kaj ne, mora najprej vsak pri sebi potrkati na vest. Prav pa je, da se kdaj tudi kaj na glas pove. Tudi zato ta prispevek.

Danes do dobre fotografije ni težko priti. Napredek v tehnologiji omogoča snemanje oziroma fotografiranje v mnogo slabših svetlobnih razmerah kot nekoč. Z malo sreče in časa je mogoče priti do izvrstnih posnetkov. A to ni vedno dovolj. V želji po dru-

gačnem, boljšem, še nevidnem posnetku smo pripravljeni tvegati marsikaj, s tem pa predvsem ogroziti objekt, ki ga fotografiramo. Vendar noben, ampak resnično noben posnetek ni vreden tega, da žival vznemirjamo ali jo kako drugače spravljamo v stres. Britansko kraljevo fotografsko združenje je o tem izdalo posebno knjižico. Eno in edino pravilo, ki se ga je treba držati, je: »Dobrobit objekta fotografiranja je pomembnejša kot sama fotografija!«

In to naj bo tudi naše vodilo.

Se spomnite plavih žabic – plavčkov (*Rana arvalis*) – zgodaj spomladi? Zagotovo so ene najbolj fotografiranih žabic daleč naokoli. S svojo svatovsko opravo samci privlačijo poleg samic tudi trume fotografov. Šlo je celo že tako daleč, da so člani herpetološkega društva skupaj s prostovoljci celo postavili »stražo«, s katero so »odganjali« preveč nadležne fotografe, da so se lahko žabice v miru parile. Tukaj se o etiki zagotovo mnogi niso spraševali.

Ceprav pri žabicah ne gre za divjad, pač pa za redko in občutljivo vrsto, sta obzirnost in spoštovanje tisto, za kar si moramo najprej prizadevati. Sicer bolj za lovce fotografe je Janez Černač v svojem priročniku *Fotolov: priročnik za fotografiranje divjadi* (2002) takole zapisal: »Gotovo so posnetki redkih in ogroženih vrst divjadi še posebej dragoceni, vendar jih je treba zelo obzirno in pazljivo fotografirati. Vsi snemalci divjadi si moramo po svojih močeh prizadevati za varstvo in ohranitev vseh vrst divjadi, še posebej pa je to nujno pri ogroženih vrstah.«

Že res, da se naravoslovna fotografija dotika različnih interesov, različnih namenov, dotakne se različnih skupin ljudi, a vendarle mora biti osnovno vodilo ves čas jasno – v prvi vrsti sta spoštovanje do objekta in njegovo nevznemirjanje.

Običajno smo sicer fotografi narave že po naravi nagnjeni k bolj umirjenemu in tihe-mu dostopu do željenega kraja ali do oseb-kov, ki jih želimo fotografirati, vendar je treba tak odnos ohraniti ves čas, vse dokler kraja ne zapustimo. Pri tem tudi skušajmo živali čim manj ali raje sploh ne vznemir-jati. Zlasti je to pomembno tudi v tistih le-tnih časih, ko jim je življenje oteženo (na primer pozimi, ko je ogromno snega). Precej naravoslovnih fotografskih društev po svetu ima tudi svoj kodekse ravnanja. Čeprav je večina napisanih v slogu »zdrave kmečke pameti«, pa očitno ni vedno tako preprosto – želja po dobri fotografiji je na-mreč prevečkrat premočna.

Nekaj splošnih napotkov pa vendarle podaj-mo:

- Vedno fotografirajte živali z varne in spoštljive razdalje.
- Če žival pokaže kakršenkoli znak vznemirjenosti, se umaknite ali pa zapustite prizorišče.
- Ne fotografirajte, če s tem ogrožate ži-val. To so lahko vznemirjanje, fizične poškodbe, posledično plenjenje, pov-zročanje strahu in zmanjšani razmno-ževalni uspeh.
- V naravi mali plenilci opazujejo večje plenilce, zato lahko nevede z našim vztrajnim vračanjem (zaradi fotografi-ranja) k istemu osebkui privabimo dru-ge plenilce.
- Bodite potrpežljivi in nikoli ne silite živali, da stori tisto, kar si želite vi. Nekoliko karikirano, morda ste danes že stota oseba, ki ste ubogi živalci, ki se je le hotela hraniti ali poskrbeti za mladiče, zaklicali: »Hej, ti – daj malo pogled sem!« A reakcije se lahko sešte-vajo in vedenje živali je lahko v takih primerih nepredvidljivo.
- Nikoli se ne približujte gnezdom v ča-su valjenja ali brlogom v času, ko ima-jo živali mladiče ali ko skrbijo za svoj zarod.
- Hibernirajočih živali ne smemo motiti ali zbuditi v namene fotografiranja.
- Pri hranjenju živali je treba biti pre-viden in prevzeti odgovornost za svoja ravnanja, saj s tem žival navajamo na tak način hranjenja (zato je najbolje, da jih sploh ne hranite).
- Do življenjskega prostora se obnašajte enako spoštljivo kot do same živali.
- Upoštevajte krajevno kulturo in nava-de, ko ste v tujini.
- Bodite pošteni in iskreni, ko podpisu-jete fotografije. Zlasti kadar gre za ži-vali, posnete v ujetništvu. To navedite, ne glede na to, ali koristniku fotogra-fije ta podatek kaj pove ali ne.
- Trganje rož ali drugih rastlinskih vrst za studijsko fotografiranje ni dovolje-no.

Predvsem pa moramo dobro poznati vsa-ko vrsto, ki jo fotografiramo. Več ko bo-mo vedeli o življenjskem krogu in navadah posamezne živalske vrste, lažje se ji bomo približali na nevsiljiv in nemoteč način. In verjemite, bolj vam bo vrsta tudi prirasla k srcu. In tako bodo enakega veselja deležne še generacije za nami.
Pa dobro luč!



Čemažev gozd. Foto: Petra Draškovič.

Medved v naravi, spoštujmo ga. Foto: Petra Draškovič.







Zgoraj: *Glogov belin* (*Aporia crataegi*). Foto: Petra Draškovič.

Levo: *Pragozdni rob* je občutljivo območje. Foto: Petra Draškovič.

Našli izgubljenega brata našega Sonca • Naše nebo

Našli izgubljenega brata našega Sonca

Mirko Kokole

Večina zvezd se ne rodi osamljenih, ampak v veliki zvezdnih kopicah, ki spominjajo na razsute zvezdne kopice. Najbolj znana taka kopica je v osrčju Orionove meglice. Včasih jo zaradi razporeditve njenih štirih najsvetlejših zvezd imenujemo tudi Trapez. Tudi naše Sonce se je rodilo v kopici zvezd, kar dokazujejo nekateri elementi, ki jih najdemo v meteoritih. Ti elementi kažejo, da je v bližini našega Sonca, nič dlje kot 5 svetlobnih let daleč, eksplodirala supernova, ki je nastala iz zvezde, približno 25-krat večje od Sonca. Danes najdemo najbližjo tako zvezdo na oddaljenosti 300 svetlobnih let, kar

pomeni, da je bila gostota zvezd v bližini našega Sonca v daljnji preteklosti bistveno večja. Poleg tega kažejo na prisotnost bližnjih zvezd tudi orbite objektov Kuiperjevega pasu, ki so svoje oblike lahko dobile le v prisotnosti bližnjih zvezd. Astronomi ugotovljajo, da se je Sonce moralo roditi v kopici z nekaj tisoč zvezdami.

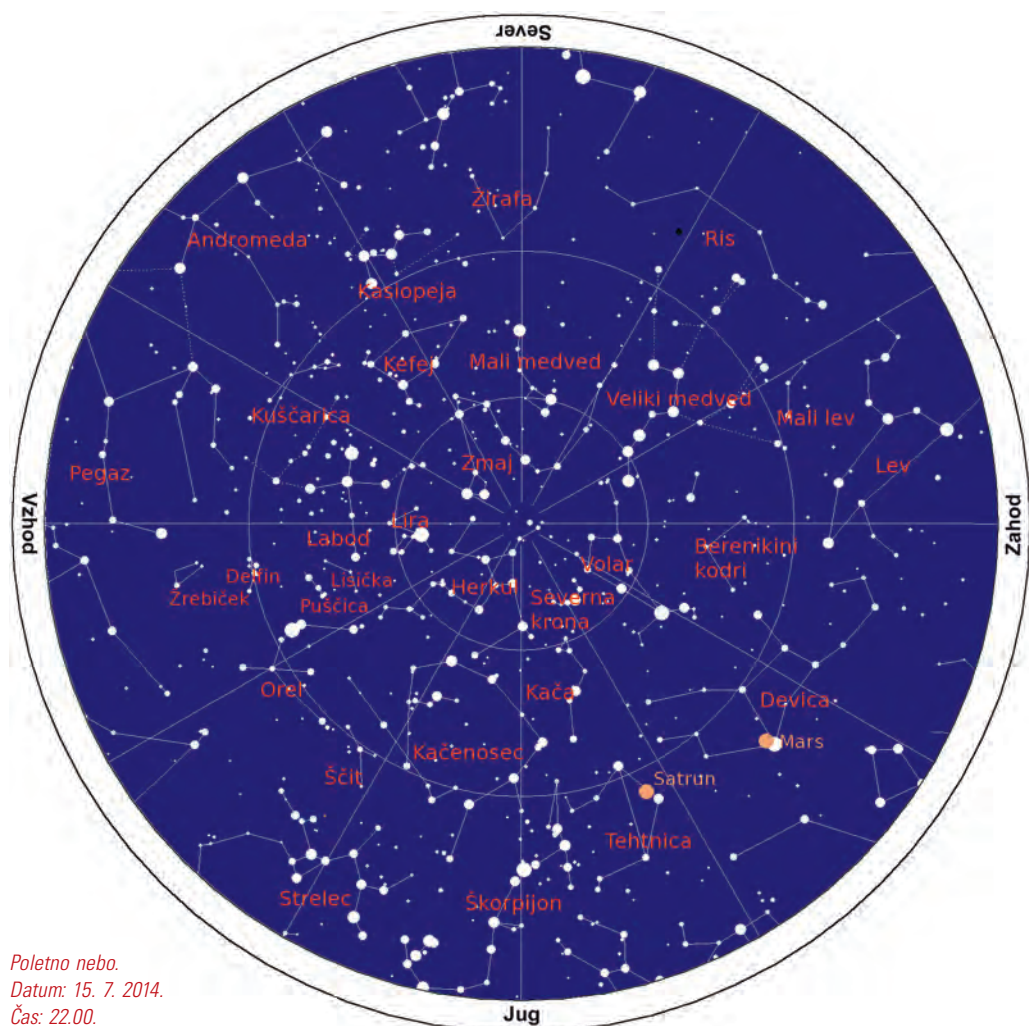
Zvezdna kopica, v kateri je nastalo naše Sonce, se je v milijardah let počasi razgubila po naši galaksiji in tako je danes zelo težko ugotoviti, katere zvezde so nastale skupaj. Vendar to ni nemogoče, saj imajo zvezde,

ki so nastale iz enakega materiala, se pravi iz skupnega oblaka plina in prahu, značilni kemijski prstni odtis in prav s pomočjo takega odtisa so astronomi končno uspeli potrditi zvezdo, ki je nastala skupaj z našim Soncem.

Zvezdo so našli med 30 kandidatkami, ki so jih izbrali tako, da so v računalniški simulaciji naše galaksije obrnili čas in pogledali, kako je bila videti galaksija pred približno štiri in pol milijarde let. Izbrali so kandidatke, ki so bile Soncu takrat najbližje. Nato so se lotili natančnega spektroskopskega

preiskovanja teh zvezd in z analizo vsebnosti različnih kemijskih elementov ugotovili, katera zvezda je Soncu najbolj podobna. Rezultati raziskave, ki je bila nedavno objavljena v reviji *The Astronomical Journal*, so pokazali, da ni treba gledati vsebnosti vseh elementov. Dovolj je, da pogledamo le vsebnost nekaterih kritičnih elementov. Ta ugotovitev bo bistveno poenostavila prihodnje iskanje še drugih zvezd, ki so nastale skupaj s Soncem.

Sončev izgubljeni brat je HD 162826 v ozvezdju Herkula. Je zvezda z magnitudo



Poletno nebo.

Datum: 15. 7. 2014.

Čas: 22.00.

Kraj: Ljubljana.

6,7 in jo tako lahko vidimo le z daljnogledom. Nahaja se med zvezdama θ in ι Herkula, ki označujeta podlaket Herkulove leve roke. Poletje je najboljši čas za opazovanje tega dela neba, saj se v zgodnjih nočnih urah ozvezdje Herkula nahaja v nadglavišču. Ko najdemo zvezdo in se zavemo, da je bila nekoč čisto blizu našega Sonca, lahko nadaljujemo z opazovanjem še drugih zanimivosti tega ozvezdja. Med temi je prav gotovo zvezdna kopica M13, ki jo najdemo med zvezdama ζ in η ter označujeta desni

del Herkulovega trupa. Kopico lahko vidimo tudi skozi manjši daljnogled in je ena najlepših kroglastih (globularnih) kopic našega neba. Poskusimo poiskati še druge kopic, ki jih je na poletnem nebu kar nekaj. Najlažje je, če začnemo nad južnih obzorjem v ozvezdju Škorpionja in nato počasi nadaljujemo pot proti nadglavišču in severnemu obzorju. Z dobrim daljnogledom jih lahko najdemo vsaj sedem, tri v ozvezdju Škorpionja, dve v Kačenoscu in dve v Herkulu.

[Table of Contents](#)

Editorial

Tomaž Sajovic

Microbiology

Tiny, But Mighty: Mycoplasmas Fighting for Survival

Ivanka Cizelj, Saša Kastelic

Through evolution, mycoplasma, a tiny bacterium with a very small genome and no cell wall, developed mechanisms that enable its survival in an unfriendly environment. Lacking a cell wall, mycoplasmas are resistant to penicillin antibiotics, while their soft membrane enables them to hide from protective molecules into the cell; with a variable expression of membrane lipoproteins they successfully dodge the host's antibodies and if all this fails strike back, attacking the defence molecules by releasing protease and sialidase enzymes and decomposing defence molecules, thus winning their survival in the host.

Phytoplasmas or Life with a Minimal Genome

Marina Dermastia

When discovered, phytoplasmas were called *mycoplasma-like organisms* due to their morphological similarity to mycoplasmas. As bacteria, both groups of organisms are Gram positive, without a cell wall and represent a monophyletic group within the class *Mollicutes*. Unlike myco-

plasmas that are pathogenic in animals, including humans, phytoplasmas cause diseases only in plants. So far, phytoplasmas have resisted all attempts to culture them *in vitro*, which is one of the main reasons why it is so difficult to study them. Their research is therefore largely dependent on the study of infected hosts, thus leaving our understanding of these organisms very limited. After several decades of wondering in the dark we are finally beginning to unveil some of the secrets that will help us protect our crops and trees against the diseases caused by phytoplasmas. With numerous projects researchers from the National Institute of Biology have successfully taken part in the international network of phytoplasma researchers. They have already contributed several pebbles in the mosaic of understanding of phytoplasmas in grapevine and fruit trees. Based on new insights we will be able to better understand these fascinating organisms and develop new monitoring strategies for them.

Medicine

Treatment of Scoliosis in Adults without Surgery. Part 2: Discussion

Andrej Gogala

Orthopaedists today are mainly trying to halt the progression of scoliosis, but Bernard E. Brodhurst wrote in 1864: »*Spinal curvature is curable; but only when all the circumstances which gave rise to it are taken into consideration.*« He already knew how rotation develops and was aware that bone remodelling is the reason behind the transformation of the vertebrae. In 1855 he wrote: »*Torsion or rotation of the vertebrae on their axes having commenced, distortion proceeds more rapidly than heretofore... Tension of the muscles on the side of the convexity is at the same time increased. And these acting on the vertebrae, cause them to be twisted – the spinous processes towards the concavity, and the thickest portion of the bodies of the vertebrae into the convexity of the curve: and, from continued pressure, the bodies of the vertebrae themselves undergo partial absorption, and losing something of their natural form, become wedge-shaped.*« He had an answer to this problem: »...*although the treatment required is prolonged, rotation is overcome, when not extreme, in the same ratio as the lateral inclination. This is facilitated by pressure made from behind forwards, on the angles of the ribs.*« In the article, the author continues his story from the previous issue of *Proteus* on how he has tackled scoliosis with his own method.

Physics

Microscopy that Transcends the Limits of Optical Resolution

Marko Kreft, Jernej Jorgačevski

Optical microscopy is used in the studies of cell structure and function. One of the established versions of optical microscopy is the confocal microscope, a fluorescent microscope that allows us to observe every optical object plane separately. This gives a high-contrast, three-dimensional image. Due to the properties of light, the resolution of such an image is limited to 200 nm. Recently, a STED microscope (STimulated Emission Depletion), which goes beyond this resolution limit, was built in Ljubljana.

From the History of Geology

Was the Baron of Lies a Geologist?

Mihael Brenčič

The famous and fascinating narrative *Marvellous Travels on Water and Land: Campaigns and Comical Adventures of the Baron of Münchhausen as commonly told over a bottle of wine at a table of friends*, or in short the *Baron of Lies*, was first published in English in 1785. The book was written by Rudolf Erich Raspe and represents a very unusual fragment of the history of science. Modern science is extremely diverse and full of extraordinary twists and turns, and so is its history. Whatever holds true for man's activity applies to science as well. If you don't know its history, ways and byways, you cannot understand its present. Chapters of the *Baron Münchhausen* hide several pages from the history of geology. The destinies of its author and of the book unveil odd and sometimes curious developments in the history of science.

Paleontology

Unusual Fossil Barnacles

Matija Križnar

In Miocene layers in Duplek near Maribor scientists discovered small coral reefs which developed at that time in a sea that was very warm and clean. In addition to corals, they also found shells, gastropods and unusual remains of barnacles. Miocene remains of barnacles are unusual in shape and only about ten millimetres long. While at first sight they resemble tiny corals, this was merely an adaptation, as these barnacles lived hidden between individual coral polyps. Fossil remains of barnacles from Duplek belong to the species *Creusia darwiana*.

Annual Table of Contents

Lepidopterology

On the Yamamai and Related Silk Moths.

In Farewell to Dr. Jan Carnelutti

Boštjan Dvořák

The Japanese oak-silkworm *Antheraea yamamai* is a peculiarity of Slovenian woods and one of the rare cases in which a species of the Emperor

moth family (Saturniidae) was able to implant itself in a corresponding environment outside its real homeland. A great many of very similar, less known close relatives are included into the genus *Antheraea*. The article discusses some of the representatives inhabiting similar geographic latitudes or climatic zones, concentrating on a few essential differences between them and the »domestic« species.

Dendrology

Tree Heritage in the Parks of Bled in Its Vicinity

Jože Skumavec

In the world of plants, tree is the highest form of growth. Its leaves, like green parts of other plants, transform minerals into organic matter. This is the main source of life, the first link in both the metabolic and in the food chain. It is the key component of the forest, the most highly-developed terrestrial ecosystem. Through the conducting elements trees raise water with solutions from their deepest roots to the tops, which can go as high as 110 metres in the highest trees. The more we think about them the more amazed we can get at their survival and their ability to withstand the stormiest of conditions throughout their lifetime. This and more leads us to understand and consider trees as heritage. Experts write books on single tree species and the author of this article too collected enough material to write a book on the trees in Bled. However, the purpose of this article is a more modest one. It aims to provide a list of the tree species growing along the walking trails in the parks of Bled and its vicinity. Some of the more outstanding trees were selected for a more detailed description.

Mineralogy

Spinel Twinning of Quartz from Mt. Slivnica

Mirjan Žorž, Igor Dolinar, Miha Jeršek, Rafael Šerjak, Gregor Kobler, Jože Pristavec

Quartz is one of the most common and most thoroughly studied minerals. The discovery of the new type of quartz twins on Mt. Slivnica therefore comes as a huge surprise, especially as

the newly discovered twins have the form and symmetry characteristic for spinel twins. The article describes how, from what symmetries and in which minerals spinel twins may occur, which also explains the origin of spinel type twins with quartz.

Ecology

Night of the Raccoons

Jurij Kurillo

Raccoons in Slovenia

Miha Krofel

Nature photography

Ethics in Nature Photography

Petra Draškovič

A good photograph is not hard to come by these days. Technological advances have made it possible to shoot or photograph in much worse light conditions than before. With a little luck and time one can take really good shots. However, this is not always enough. Coveting that one different, better, yet unseen shot we are willing to take many risks, even if it means endangering the subject we are photographing. But there isn't a shot worth upsetting or otherwise disturbing an animal. The British Royal Photographic Society published a special booklet on the subject. The one and only rule to be observed is: »The well-being of your subject is more important than your photograph!«

Our sky

Sun's Long-Lost Brother Found

Mirko Kokole

Table of Contents

Naravoslovne ekskurzije in potovanja

Albanija

7. avgust – 20. avgust 2014

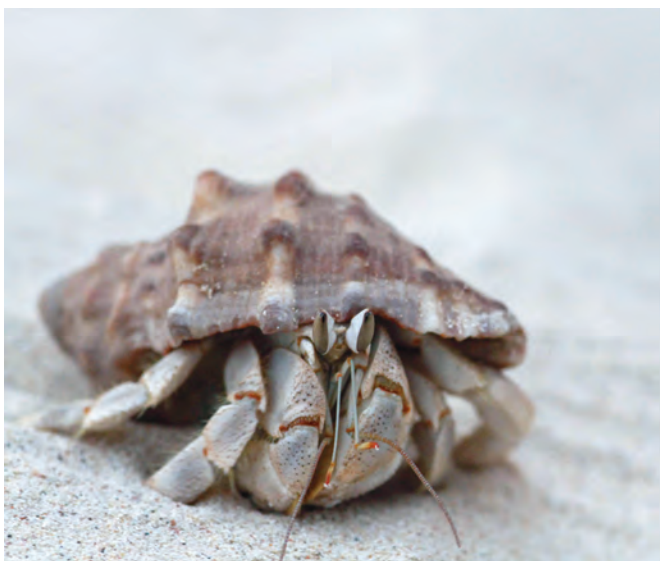
Ogled Unescove kulturne dediščine (Berat, Gjirokastër, Butrint), arheoloških biserov Apollonia in Byllis, lagune Karavasta s pelikani, mest Skhoder (Skadar) in Kruje, doline Teth v albanskih Alpah, kraške jame Pelumbas, Nacionalnega parka Llogora.



Jemen in Sokotra

29. 1. – 12. 2. 2015

Ogledali si bomo glavno mesto Sana in se podali na treking po enem od kanjonov, obdanim s čudovitimi terasami in slikovitimi vasicami, starimi okrog 800 let. Nato polet na otok Sokotro, ki ga imenujejo tudi drugi Galapagos: številni rastlinski in živalski endemiti v neokrnjeni divjini z mnogimi soteskami, planotami in rajskimi plažami očarajo prav vsakogar. Program si lahko ogledate na spletni strani www.proteus.si, prijave že zbiramo. Izvedba v sodelovanju z agencijo Eternal Yemen.



Ceno potovanj in podrobnejše programe si lahko ogledate na spletni strani www.proteus.si, več informacij dobite v upravi društva na telefonski številki 01/252-19-14 ali na elektronskem naslovu prirodoslovno.drustvo@gmail.com.



■ Mikrobiologija

Fitoplazme ali življenje na genskem minimumu

Zaradi morfološke podobnosti so ob odkritju fitoplazme poimenovali mikoplazmam podobni organizmi. Obe skupini organizmov sta, kot bakterije, pozitivne po Gramu in brez celične stene in so uvrščeni v monofiletski razred Mollicutes. Za razliko od mikoplazem, ki so patogeni na živalih in ljudeh, fitoplazme povzročajo bolezni le na rastlinah. Po dolgih desetletjih tavanja v temi so nam fitoplazme končno začele odkrivati nekatere od svojih skrivnosti, ki nam bodo pomagale varovati naše kmetijske posevke in drevesa pred boleznimi, ki jih povzročajo. S številnimi projekti se v mednarodno mrežo raziskovalcev fitoplazem uspešno vključujejo tudi raziskovalci Nacionalnega inštituta za biologijo.



■ Fizika

Mikroskopija, ki presega meje optične ločljivosti

Optična mikroskopija se uporablja za raziskovanje strukture in funkcije celice. Med uveljavljene različice optične mikroskopije sodi konfokalni mikroskop. To je fluorescenčni mikroskop, s katerim lahko opazujemo vsako optično ravnino objekta posebej. Taka slika je trirazsežna, z dobrim kontrastom. Ločljivost take slike je zaradi lastnosti svetlobe omejena na 200 nanometrov. Pred kratkim so v Ljubljani zgradili mikroskop STED (angleško: **ST**imulated **E**mission **D**epletion, kar pomeni »vzbujeno praznjenje emisije«), ki presega to omejitev ločljivosti.



■ Dendrologija

Drevesna dediščina v blejskih parkih in okolici

Drevo je najvišja oblika rasti rastlinskega sveta. V njegovem zelenju, listu, kakor tudi v zelenju drugih rastlin se rudninske snovi pretvarjajo v organske. To je glavni vir življenja, prvi člen v presnovni in prehranjevalni verigi. Je osnovni element gozda, ki je najvišje razvit kopenski ekosistem. Vse to nas vzpodbuja k spoznavanju in razmišljanju o drevesih kot dediščini. Poznavalci o eni sami drevesni vrsti napišejo knjigo, tudi o drevesih na Bledu se je avtorju nabralo gradivo zanjo. Namen članka je skromnejši. V njem je želel objaviti le seznam drevesnih vrst, ki rastejo v blejskih parkih in okolici ob sprehajalnih poteh. Za malo daljši opis je izbral le nekaj izstopajočih dreves.

ISSN 0033-1805

