

# PROTEUS

*mesečnik  
za poljudno  
naravoslovje*



December 2022, 4/85. letnik  
cena v redni prodaji 5,50 EUR  
naročniki 4,32 EUR  
upokojeenci 3,55 EUR  
dijaki in študenti 3,36 EUR

[www.proteus.si](http://www.proteus.si)





147 Table of Contents

148 Uvodnik  
*Tomaž Sajovic*

152 Nobelove nagrade za leto 2022  
**Izginuli predniki in razvoj človeka**  
Nobelova nagrada za medicino oziroma fiziologijo (prvi del)  
*Radovan Komel*

158 Nobelove nagrade za leto 2022  
**Ko kemija klikne**  
Nobelova nagrada za kemijo za odkritje in razvoj »klik« kemije  
*Martin Gazvoda, Janez Košmrlj*

165 Botanika v šoli  
**Matematika in botanika - skupaj na poti**  
*Elvica Velikonja*

174 Paleontologija  
**Novo odkritje fosilnih rogov alpskega svizca v Podhomu pri Bledu in pregled dosedanjih najdb**  
*Pavel Jamnik, Matija Križnar*

183 Pogovori  
**Pogovor s Stanetom Peterlinom - začetnikom poklicnega naravovarstva v Sloveniji**  
*Jana Vidic*

191 Državna odlikovanja  
**Zvonka Zupanič Slavec je prejela visoko državno odlikovanje**  
*Radovan Komel*

193 Naše nebo  
**Astronomi uspešno napovedali superbolid**  
*Mirko Kokole*

## Contents

## Editorial

*Tomaž Sajovic*

## Nobel Prizes 2022

**Extinct ancestors and human evolution**

**2009 Nobel Prize in Physiology or Medicine (Part I)**

*Radovan Komel*

The 2022 Nobel Prize in physiology or medicine was awarded for discoveries concerning the genomes of extinct hominins and human evolution. The international *Human Genome Project* was launched at the beginning of 1990 and it took a decade before a working draft of the human genome was published. It was formally completed and confirmed only last year, after decades of careful genomic research of human's closest living relatives, the primates, as well as our extinct relatives, who shed light on the history of our evolution. Especially significant in this context was the unveiling of the Neanderthal genome and the discovery of another ancient human population that lived at the same time, but in a different geographic area – the Denisovans, whose genome had left its signature also in modern humans.

## Nobel Prizes 2022

**When chemistry clicks**

**Nobel Prize in Chemistry for the discovery and development of »click« chemistry**

*Martin Gazvoda, Janez Košmrlj*

The 2022 Nobel Prize in Chemistry went to Carolyn Ruth Bertozzi, Morten Meldal and Karl Barry Sharpless for their work in developing click chemistry and bioorthogonal chemistry. The Nobel Prize Committee stated in a press release that click chemistry and bioorthogonal reactions have taken chemistry into the era of functionalism.

## Botany at school

**Mathematics and botany – side by side**

*Elvica Velikonja*

It was in autumn 1981 when Elvica Velikonja first introduced herself to the pupils at Otlica primary school as a maths and physics teacher. The children from Gora (Slov. for mountain). That's what they call the tableland on the southern edge of the Trnovo Forest Plateau. The children came from Predmeja, Otlica and Kovka. In the same classroom, forty-one years later she said goodbye to the last generation of her students. Has it only been a couple of months since then? Why is it that we so like to look back? It started with her creating a new folder on the desktop. She called it *The school and I*. And began to write. And read what she had written. Can she not write a single page, not even a solid paragraph, without having her math hold hands with my flowers? Botany had crept its way into her teaching very early on. It just sort of appeared in the mathematical exercises that she was composing. It was there in the simple exercises and then in more difficult ones, sometimes it sneaked into physics. It appeared in every paper, research project, statistics. It tagged along for field trips on natural science and technical days, nature schools, and soon became a star of the botanical circle. Everybody welcomed

the »impostor«, the children and their teacher. And throughout my career as a teacher it was not only their companion, but also their friend.

## Paleontology

**New discovery of fossilised burrows of the Alpine marmot in Podhom near Bled, and an overview of previous finds**

*Pavel Jamnik, Matija Križnar*

In this article, we present a new site of a burrow fossil and two presumed nests or dens of the Alpine marmot (*Marmota marmota*) discovered during excavations on the slope of the Pleistocene terrace near Podhom near Bled. The article presents six other known, already published, and unpublished sites of fossil bone remains and burrows of the Alpine marmot in the vicinity of the Bled area. Based on the chronology of the Poljšiška cerkev site all marmot remains from the Bled area are from the Late Glacial period, more precisely from the Younger Dryas phase, dated to between 12,600 and 11,500 BP. After this period (the end of the Pleistocene), marmots became extinct in the territory of Slovenia.

## Interviews

**Interview with Stane Peterlin – the pioneer of professional nature conservation in Slovenia**

*Jana Vidic*

Stane Peterlin, biologist, began his professional career in 1961 at the Office for Nature Conservation of the Institute for Monument Conservation of the PRS as the third professional conservationist. When he retired in 2000, he had served at the Ministry of the Environment and Spatial Planning as government advisor for nature conservation. He was a trailblazer in professional nature conservation, the successor of botanist and conservationist Dr. Angela Piskernik, a bridge between the former and present generations of professional conservationists. Stane Peterlin was born 85 years ago, on 13 December 1937. He served as editor of the journal *Varstvo narave* (Nature Conservation) between 1963 and 1991, and as editor of the *Proteus* magazine between 1995 and 2002. He has also been an active member of the Slovenian Natural History Society.

## Decorations of the Republic of Slovenia

**Zvonka Zupanič Slavec presented with a high state decoration**

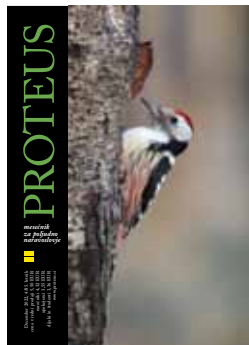
*Radovan Komel*

On 9 September 2022, at a special ceremony at the Presidential Palace, Borut Pahor, President of the Republic of Slovenia, presented to our colleague, member of the popular science magazine *Proteus* editorial board Prof. Zvonka Zupanič Slavec, MD, PhD, a high state decoration, a medal for her contribution to the scientific research and pedagogical work in the history of Slovenian medicine. Her colleagues at the *Proteus* magazine and members of the Slovenian Natural History Society editorial board were very happy and proud of this recognition.

## Our sky

**Astronomers successfully predicted a superbolide**

*Mirko Kokole*



*Naslovnica: Pripravljamo obsežnejšo številko o krajinskem parku Drava, v kateri bomo predstavili tudi Ptice ob Dravi. Srednji detel (Leipicus medius) dosega največjo gnezditveno gostoto v zrelih sestojih poplavnega gozda, zlasti predelih s starimi topoli in vrbam.*

*Foto: Alen Plaj.*

## Proteus

*Izhaja od leta 1933*

*Mesečnik za poljudno naravoslovje*

*Izdajatelj in založnik:*

*Prirodoslovno društvo Slovenije*

*Odgovorni urednik:*

*prof. dr. Radovan Komel*

*Glavni urednik: dr. Tomaž Sajovic*

*Uredniški odbor:*

*Sebastjan Kovač*

*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. Mibael Jožef Toman*

*prof. dr. Zvonka Zupanič Slavc*

*dr. Petra Drašković Pelc*

<http://www.proteus.si>

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

© Prirodoslovno društvo Slovenije, 2022.

*Vse pravice pridržane.*

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

*Lektor: dr. Tomaž Sajovic*

*Oblikovanje: Eda Pavletič*

*Anglški prevod: Andreja Šalomon 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: 1.600 izvodov.*

*Naslov izdajatelja in uredništva: Prirodoslovno društvo Slovenije, Poljanska 6, 1000 Ljubljana, telefon: (01) 252 19 14.*

*Cena posamezne številke v prosti prodaji je 5,50 EUR, za naročnike 4,32 EUR, za upokojence 3,55 EUR, za dijake in študente 3,36 EUR.*

*Celotna naročnina je 43,20 EUR, za upokojence 35,50 EUR, za študente 33,60 EUR. 5 % DDV in poštnina sta vključena v ceno.*

*Poslovni račun: SI56 6100 0001 3352 882, davčna številka: SI 18379222. Proteus sofinancira: Agencija RS za raziskovalno dejavnost.*

*Vsi objavljeni prispevki so recenzirani.*

**Proteus (tiskana izdaja) ISSN 0033-1805**

**Proteus (spletna izdaja) ISSN 2630-4147**

### Uvodnik

#### **Za družbeno in človekovo osvoboditev si moramo prizadevati vedno in povsod**

Ta uvodnik je nadaljevanje uvodnika iz prejšnje številke. Oba posvečam razmišljanju o nacionalni, družbeni in človeški osvoboditvi, cilju, ki ga je imela na primer Osvobodilna fronta slovenskega naroda v boju proti fašističnemu in nacističnemu okupatorju med drugo svetovno vojno. Narodnoosvobodilni boj žal še vedno razdvaža ljudi, bati pa se je, da ljudje različno razumevajo tudi njegov cilj: nacionalno, družbeno in človekovo osvoboditev. Odvisno pač od političnih ideologij, ki se jim nemišljeno »predajajo«. Nerazumevanje zgodovine

»izkrivlja« tudi razumevanje sedanjosti in prihodnosti. Nekaj besed sem temu namenil v prejšnjem uvodniku, tokrat bomo razmišljali o družbeni in človeški »osvoboditvi«, ki so ga deležni (tudi) avtorice in avtorji iz akademskega sveta (v naši reviji) – uporaba besede »osvoboditev« je v tem primeru sarkazem, gre seveda za družbeno in človekovo izkoriščanje.

Akademiki (univerzitetni profesorji, znanstveniki) so že nekaj desetletij ujetniki institucij (univerz, znanstvenih inštitutov), v katerih so zaposleni, oboji pa so na milost in nemilost prepuščeni dobičkonosni industriji znanstvenih revij – institucije bolj ali manj

prostovoljno (ker vrednotijo svoje zaposlene po objavah v dobičkonosnih znanstvenih revijah, so dejansko »oglaševalci« teh revij), profesorji in znanstveniki pa, ker le tako lahko obdržijo službo.

Položaj je nenavaden. Po splošnem prepričanju je naloga znanstvenikov, da iz znanosti ves čas odstranjujejo predznanstvena in neznanstvena razumevanja: mnenja, ideologije, metafizična prepričanja, znanstvene zmote ... Veliko vprašanje je, zakaj znanstveniki tega znanstvenega metodološkega postopka ne uporabljajo tudi pri pogojih, ki omogočajo njihovo delo. Zakaj v imenu svojega znanstvenega poslanstva ne zavrnejo dobičkonostne ideologije založnikov znanstvenih revij in politike svojih institucij, ki jim nalagajo, da objavljajo v znanstvenih revijah, ki iz njihovega dela ustvarjajo velikanske dobičke? Ali ne vedo, da je bil v petdesetih in šestdesetih letih dvajsetega stoletja pobudnik dobičkonosne industrije znanstvenih revij razvpiti angleški tajkun, medijski lastnik, član britanskega parlamenta in domnevni vohun Robert Maxwell (1923-1991)? 27. junija leta 2017 je Stephen Buranyi v *Guardianu* o tem objavil izčrpni članek z naslovom *Ali osupljivo dobičkonosni posel znanstvenega založništva škodi znanosti?* (*Is the staggeringly profitable business of scientific publishing bad for science?*).

Vprašanje iz naslova članka v *Guardianu* je retorično. Pogoji, v katerih znanstveniki ustvarjajo znanost, vedno tudi vsebinsko vplivajo na znanost. Znanstvenik nikakor ne more delati v »blaženi samoti« »slonokoščenega stolpa«. Da dobičkonosno znanstveno založništvo škodi znanosti, je marsikdo med vrhunskimi znanstveniki prepričan, eden od njih – na primer Nobelov nagrajenec za fiziologijo ali medicino za leto 2013 Randy Schekman (1948-) – je 9. decembra leta 2013 v britanskem dnevniku *Guardian* objavil razmišljanje z naslovom *Kako revije, kot so Nature, Cell in Science, škodujejo znanosti*. V njem je napadel najuglednejše znanstvene revije, ki po svetu veljajo kot

nesporni »prostor« znanstvene »odličnosti«. O tem sem sicer pisal že v uvodniku v peti številki 76. letnika *Proteusa*, zaradi drugačnega konteksta svojega razmišljanja pa bom o Schekmanovih kritikah pisal še enkrat. Te so naslednje. Objave v najuglednejših revijah na razpisih same po sebi zagotavljajo financiranje znanstvenih projektov in zaposlitve na univerzah. Vendar te revije ne objavljajo vedno samo izvrstnih člankov. Poleg tega te revije agresivno oglašujejo svoje tržne znamke, pri čemer jih bolj zanima prodaja kot pa spodbujanje najbolj pomembnih raziskav (kot modni oblikovalci, ki ustvarjajo omejene kolekcije oblačil, tudi revije dobro poznajo povpraševanje po redkem blagu, tako da umetno omejujejo število člankov, ki jih sprejmejo v objavo). Pri tem si pomagajo s spornimi dejavniki vpliva (angleško *impact factor*), ki so za znanost tako škodljivi kot nagrade v bančništvu. Dejavniki vpliva revije je le abstraktno povprečje (v pojasnilo, vrednost dejavnika je odvisna od povprečja citatov na objavljeni članek v reviji), zato ta ne pove veliko o kakovosti posamezne razprave (citiranje samo ne zagotavlja vedno kakovosti, članek je lahko zelo citiran, ker je kakovosten – ali pa ker je izzivajoč, tržno privlačen ali pa napačen). Taka tržna logika spodbuja objavljanje člankov z vznemirljivimi in izzivajočimi trditvami, v skrajnem primeru pa tudi prispevkov, ki so jih revije zaradi napačnih dognanj kasneje prisiljene umakniti – ali pa tudi ne. *Vse to pa neizogibno škoduje znanosti, ki jo ustvarjajo znanstveniki*. Schekman iz tega izpelje naslednje sklepe. Za znanstvenike so rešitev revije na spletu s prostim dostopom, ki objavljajo kakovostne članke brez umetnih omejitev, ki jih lahko bere vsakdo in ki ne poznajo dragih naročnin. Mnoge izdajajo znanstveniki sami, ki ocenjujejo kakovost člankov, ne da bi se ozirali na sporno citiranost. Odločanje o financiranju znanstvenih raziskav in zaposlitvah na univerzah naj ne temelji več na tem, v katerih revijah znanstveniki objavljajo. Pomembna je namreč kakovost



znanosti, ne pa blagovna znamka revije. Najpomembnejše pa je, da se znanstveniki sami uprejo. Schekman in njegov laboratorij sta se odločila, da ne bosta več objavljala v revijah *Nature*, *Cell* in *Science*, ker škodujejo znanstvenemu procesu, pozvala pa sta tudi druge znanstvenike, da storijo enako. »Znanost mora zrušiti tiranijo ‚najuglednejših‘ revij. Rezultat bo boljše raziskovanje, ki bo bolje služilo znanosti in družbi.«

Tri dni prej, 6. decembra, je v *Guardianu* izšel še intervju s tistoletnim Nobelovim nagrajencem za fiziko, in sicer znamenitim britanskim teoretskim fizikom Petrom Higgsom, ki je med drugim izjavil naslednje: »Težko si predstavljam, da bi v današnjem akademskem ozračju sploh našel dovolj časa in miru, da bi lahko storil tisto, kar sem storil leta 1964.« Prav pretresljiv je njegov dvom, da bi bila odkritja, kot je bilo njegovo odkritje Higgsovega bozona, danes, ko od akademikov zahtevajo obsedeno objavljanje člankov v najuglednejših revijah, sploh možna.

Da pa dobičkonosne znanstvene založbe lahko celo »ubijajo«, kaže tragična usoda mladega ameriškega programerja, spletnega inovatorja in aktivista Aarona Swartza (1986-2013) (tudi o Swartzu sem že pisal, in sicer v peti številki 75. letnika *Proteusa* leta 2013). 11. januarja letos, ob desetletnici njegove smrti, so se ga spomnili – kar je zelo pomenljivo – le na spletni strani politične stranke *Levica* s sledečim prispevkom: »Aaron [je bil] neutrudni zagovornik odprtega in svobodnega spleta – kar je tudi privedlo do njegove prezgodnje smrti. Leta 2013 je storil samomor, potem ko je iz [ameriške digitalne] baze akademskih člankov *JSTOR* [(*Journal Storage*, prevedli bi lahko kot skladišče revij)], potegnil večjo količino dokumentov. Zaradi tega dejanja in še preden bi karkoli z njimi naredil, so ga doleteli aretacija, sodni pregon ter izrazito nesorazmerna grožnja do 35 in kasneje do 50 let zaporne kazni. / Nasprotnik, ob katerega je trčil Swartz, je bila skupina monopolističnih

akademskih založnikov (*Elsevier*, *Sage*, *Taylor & Francis* ...). Njihov poslovni model je, da za oderuški cenami zaklepajo veliko večino znanja, ki ga (zanje zastoj ali celo proti doplačilu) proizvedejo predavatelji, raziskovalci in študenti z univerz in inštitutov po celem svetu. / Namesto da bi to znanje neovirano služilo napredku človeštva, je postalo tržno blago in plen v izkoriščevalski industriji znanstvenih objav (ki so pogoj za zaposlitev in napredovanje na težko dosegljivih delovnih mestih v akademskem svetu). / Toda znanje je edina dobrina, ki je dostopna v neomejenih količinah in ki ga lahko brez izgube predajamo naprej vsakomur, ki ga išče. To je bila vizija Swartza in njegovih somišljenikov: internet kot prostor nove družbene paradigme, v kateri najvišjega mesta ne bi zasedali privatna lastnina in kovanje dobičkov, temveč svobodno uresničevanje posameznikovih potencialov in neovirani družbeni napredek. / Ta vizija živi naprej: v odprtokodnih programih, v odprtih znanstvenih revijah [ ... ] ter nasploh v živahnem in spontanem kreativnem duhu svetovnega spleta. [ ... ] [K]o boste naslednjič iskali članek ali knjigo na *sci-hubu* ali *libgenu*, ki si ju sicer ne bi mogli privoščiti, se spomnite Aarona Swartza, mučenika v boju za osvoboditev dostopa do informacij.« (Opomba: *Sci-Hub* in *Libgen*, okrajšava za *Library Genesis*, sta senčni knjižnični spletni strani, ki omogočata prosti dostop do znanstvenih člankov in knjig, ki so sicer zaradi varovanja avtorskih in založniških pravic plačljivi/-e in zato težje, marsikomu pa sploh nedosegljivi/-e. Velike akademske založbe so ju že večkrat tožile in tudi dobile tožbe, toda knjižnični spletni strani na veselje znanstvenikov uspešno delujeta naprej na drugih domenah.)

Naj za konec tega uvodnika najprej povzamem popolnoma upravičene kritike »dobičkonosne industrije znanstvenih založnikov«: »Poslovni model monopolističnih akademskih založnikov (*Elsevier*, *Sage*, *Taylor & Francis* ...) je, da za oderuški cenami za-

klepajo veliko večino znanja, ki ga (zanje zastonj ali celo proti doplačilu) proizvedejo predavatelji, raziskovalci in študenti z univerz in inštitutov po celem svetu. Namesto da bi to znanje neovirano služilo napredku človeštva, je postalo tržno blago in plen v izkoriščevalski industriji znanstvenih objav (ki so pogoj za zaposlitev in napredovanje na težko dosegljivih delovnih mestih v akademskem svetu).«

Nobelov nagrajenec za kemijo celični biolog Schekman je »dobičkonosno industrijo znanstvenih založnikov« zavrnil še iz resnejšega in globljega razloga: »Najuglednejše znanstvene revije agresivno oglašujejo svoje tržne znamke, pri čemer jih bolj zanima prodaja kot pa spodbujanje najbolj pomembnih raziskav. [...] Taka tržna logika spodbuja objavlanje člankov z vznemirljivimi in izzivajočimi trditvami, v skrajnem primeru pa tudi prispevkov, ki so jih revije zaradi napačnih dognanj kasneje prisiljene umakniti – ali pa tudi ne. *Vse to neizogibno škoduje znanosti, ki jo ustvarjajo znanstveniki.*« Schekmanova trditev je pomembna in je zelo podobna spoznanjem francoskega filozofa Michela Foucaulta (1926-1984). Foucault je bil prepričan, da sta védenje in moč med seboj neločljivo povezana, da védenje in moč torej nista dva koncepta, ampak sta združena v en sam koncept – imenoval ga je védenje/moč. Po Foucaultu je vse védenje možno in nastaja le v omrežju ali sistemu razmerij moči. Znanstveno védenje na primer se lahko ustvarja le v akademskih institucijah in korporacijah s svojimi vidnimi in pogosto nevidnimi razmerji moči in finančnimi sredstvi. Schekman je to razumel: dobičkonosna industrija znanstvenih založnikov je mogočna akademska institucija, ki zaradi svoje tržne usmerjenosti »sili« znanstvenice in znanstvenike v »slabo« znanost (ta korporacijska, torej kapitalistična industrija po Schekmanovih besedah »neizogibno škoduje znanosti, ki jo ustvarjajo

znanstveniki«). Rešitev takega položaja je po Schekmanu samo ena: »Znanost mora zrušiti tiranijo ‚najuglednejših‘ revij. Rezultat bo boljše raziskovanje, ki bo bolje služilo znanosti in družbi.« Angleška profesorica sociologije Mary Evans je v svoji knjigi *Ubitjanje mišljenja: smrt univerze* (2004) Schekmanovo misel pripeljala do logičnega, radikalnega konca – ne samo revije, problem so tudi akademske institucije same: »Morda je univerze mogoče resnično demokratizirati le tako, da jih prihodnje generacije zapustijo; morda ni več nobene potrebe, da bi se ideje rojevale le v posebnih prostorih.« Ali je besedno zvezo »v posebnih prostorih« morda treba brati »v institucijah«? ... Kakor koli že, vprašanje je umestno.

Schekmanova misel: »Rezultat [zrušitve tiranije ‚najuglednejših‘ revij] bo boljše raziskovanje, ki bo bolje služilo znanosti in družbi,« je nedorečena. Znanost je namreč tudi institucija – ali bi morali tudi raziskovanje rešiti »jarma« znanosti? Bi misel morda morali popraviti: *»Rezultat bo boljše raziskovanje, ki bo bolje služilo družbi.«?*

Za družbeno in človekovo osvoboditev si moramo prizadevati vedno in povsod.

*Tomaž Sajovic*

# Izginuli predniki in razvoj človeka

## Nobelova nagrada za medicino oziroma fiziologijo (prvi del)

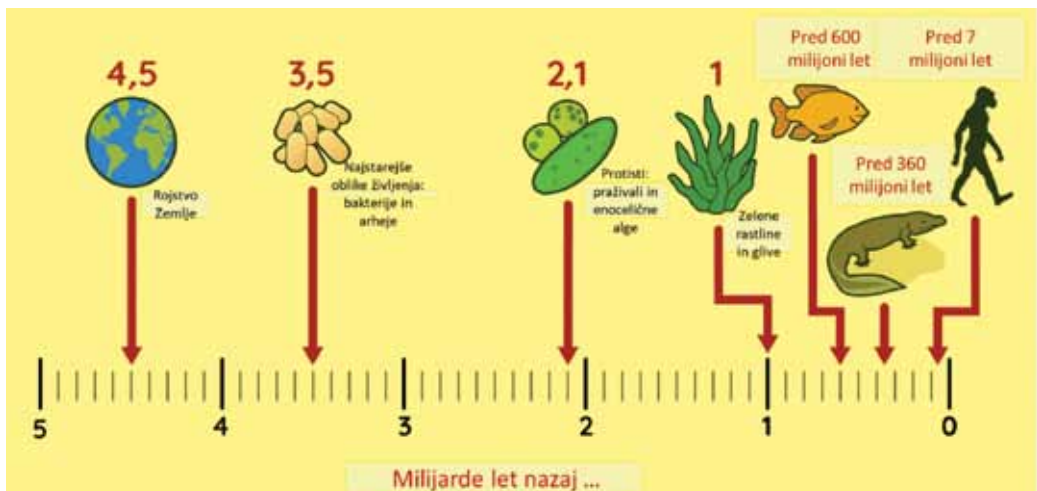
Radovan Komel

Članek je posvečen lanski Nobelovi nagradi za dosežke v medicini oziroma fiziologiji, ki je bila podeljena za razkritja genomov izumrlih homininov in posledično nov vpogled v človeško evolucijo. Projekt obsežnega mednarodnega konzorcija, imenovan *Projekt človeški genom*, je od začetka leta 1990 potreboval dobrih deset let, da je prišlo do objave osnutka zgradbe človeškega genoma, ki je bila dokončno, z vsemi podrobnostmi, ugotovljena in potrjena šele v preteklem letu. Ob tem so potekala desetletja skrbnih in natančnih genomskih raziskav tudi nam sorodnih živečih primatov, pa tudi izumrlih prednikov, ki osvetljujejo potek zgodovine našega razvoja in obstoja. V tem pogledu sta posebno pomembni in odmevni razkritje genoma neandertalca in odkritje istočasne, vendar na drugem geografskem področju živeče skupine denisovcev, katerih genomske sledi najdemo tudi v naših genomih.

Človeštvo, kot ga poznamo danes, ima kratko zgodovino v časovnem razponu življenja na Zemlji. Že od nekdaj nas zanima naš izvor. Od kod prihajamo in kako smo povezani s tistimi, ki so bili pred nami? V čem se razlikujemo od prednikov in nam bližnjih sorodnikov? Toda preden se posvetimo tem vprašanjem, si za boljšo predstavbo časovnih dimenzij pogledajmo kratek prikaz zgodovine planeta Zemlja in življenja na njej.

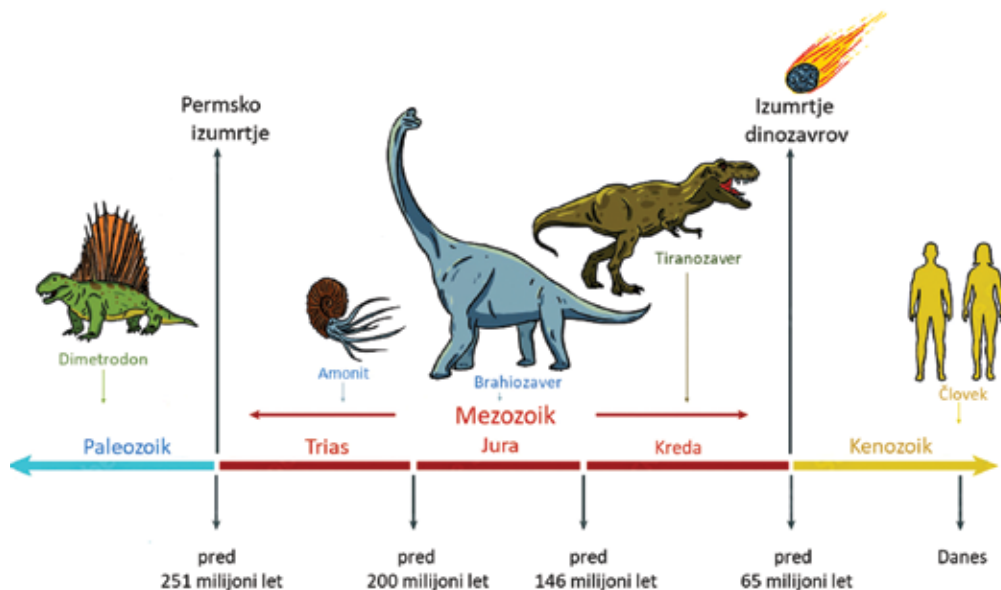
Življenje na Zemlji se je začelo v oceanih. Najprej so se pojavile prave bakterije in verjetno tudi arheje, nato pa evkarionti. Evkarionti vključujejo živalim, rastlinam in glivam podobne enoceličarje (protiste), rastline, živali in glive. Najprej so se pojavili protisti. Rastline, živali in glive so se pojavile veliko kasneje. In šele pred približno 360 milijoni let so nekateri vretenčarji začeli prehajati na kopno.

Od pojava vretenčarjev, v kambriju, prvem



Prirjeno po American Museum of Natural History, [www.amnh.org/explore/ology/marine-biology/what-do-you-know-about-life-on-earth](http://www.amnh.org/explore/ology/marine-biology/what-do-you-know-about-life-on-earth).





Prirjeno po Adobe Stock ([https://stock.adobe.com/images/dinosaurs-extinction-infographic-diagram-showing-paleozoic-mesozoic-cenozoic-eras-and-dinosaurs-periods-including-triassic-jurassic-cretaceous-million-years-ago-for-geology-science-education-vector/278747501?prev\\_url=detail](https://stock.adobe.com/images/dinosaurs-extinction-infographic-diagram-showing-paleozoic-mesozoic-cenozoic-eras-and-dinosaurs-periods-including-triassic-jurassic-cretaceous-million-years-ago-for-geology-science-education-vector/278747501?prev_url=detail)).

obdobju paleozoika pred približno 518 milijoni let, je dolga obdobja razvoja živega sveta zaznamovalo tudi nekaj množičnih izumrtij, ki so včasih pospešila evolucijo življenja na Zemlji: ko namreč neka stara skupina izumre, lahko naredi prostor za novo in njen razvoj.

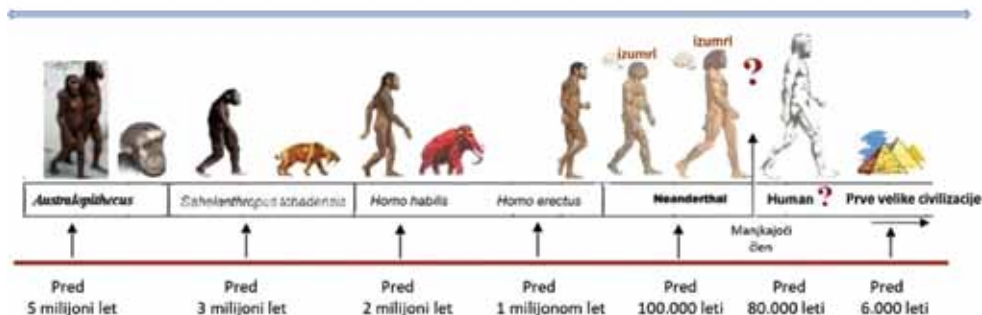
Permsko-triasno izumrtje je dogodek, ki se je zgodil pred približno 251 milijoni let, povzročili pa naj bi ga padec meteorita ali povečana ognjeniška dejavnost ali eksplozija supernove. Povzročil je izumrtje približno 96 odstotkov morskega življa in 70 odstotkov kopenskih strunarjev (vretenčarjev in njim sorodnih nevretenčarjev). Izprazen prostor je pomenil priložnost za arhozavre, velike skupine plazilcev, ki je vključevala krokodile, dinosavre in leteče plazilce, pterozavre. Dinosaury so na Zemlji kraljevali več kot 100 milijonov let, izumrli pa so konec krede, pred 65 milijoni let. Njihovo izumrtje je verjetno povezano z udarcem asteroida pred približno 66 milijoni let. Na

to kaže nenadna sprememba vsebnosti iridija v fosilnih plasteh. Dokazi kažejo, da je deset kilometrov široki bolid zadel polotok Jukatan v Mehiki, ustvaril stosedemdeset kilometrov široki krater in povzročil množično izumrtje približno 75 odstotkov kopenskih vrst in 33 odstotkov vseh pritrtjenih živalskih vrst v morju. Dogodek je naredil prostor za prevlado sesalcev in ptičev.

### Pojavili so se naši predniki in njihov razvoj se je odvijal s prilagajanjem spreminjajočim se geološkim in podnebnim razmeram planeta

Darwinova hipoteza o razvoju vrst nas uči, da morajo imeti vse sorodne skupine organizmov skupnega prednika in skupne značilnosti. To velja tudi za človeka, ki je po Linnéjevi razvrstitvi pripadnik živalskega kraljestva, in sicer razreda sesalci, reda prvaki (primati), družine človečnjaki (hominiidi) in rodu človek (homo).

Predniki današnjih prvakov, podobni dana-



Prirčeno po D. M. Guera, sallyannmelia.com.

šnjim polopicam, so se pojavili pred 55 do 66 milijoni let. Bili so majhni, vevericam podobni rastlinojedi in žužkojedi, ki so živeli na drevju. Pred 20 do 25 milijoni let so se iz prvakov razvile človeku podobne opice. Razširjene so bile po Evropi, Aziji in Afriki. Zadnji skupni prednik opic starega sveta in velikih opic je živel pred približno 25 milijoni let, skupni prednik človeka in šimpanzov pa pred približno 6 milijoni let. Prve sledi človekovih prednikov, tako imenovanih »južnih opic« ali avstralopitekov, so našli v Afriki, ki tako velja za »zibelko človeštva«. V Etiopiji so našli del okostja človečnjakinje, ki so ji nadeli vzdevek Lucy. Lucy ni bila višja od enega metra in je bila težka približno trideset kilogramov. Ocenjujejo, da je živela pred približno 3,5 milijona let. Po odkritju fosiliziranih stopinj v vulkanskem pepelu je bilo razvidno, da so avstralopiteki že hodili. Živeli so v skupinah v prostranih travnih savanah vzhodne Afrike in se preživljali z nabiralništvom in lovom na manjše živali.

Pred 2,5 do 1 milijonom let je živel še en rod, ki pa ne sodi med naše prednike. Parantrop je bil najverjetneje stranska, pretežno rastlinojeda veja avstralopitekov; latinsko ime *Paranthropus* pomeni »vštric s človekom«. Najverjetneje so jih pred milijonom let iztrebili naši predniki, ki so jih lovili in jedli. V zgodnjem pleistocenu (ledeni dobi v času izpred 2,58 do 0,8 milijona let) so arhaični

ljudje iz rodu *Homo* izviral iz Afrike in se razširili po Afro-Evraziji. Konec zgodnjega pleistocena zaznamuje prehod iz cikličnosti ledeniških ciklov, ki se spreminjajo vsakih 41.000 let, v asimetrične 100.000-letne cikle, zaradi česar so bile podnebne spremembe še bolj ekstremne. Pozna ledena doba je bil priča širjenju sodobnega človeka zunaj Afrike, hkrati pa tudi izumrtju vseh drugih človeških vrst. Ljudje so se prvič razširili tudi na avstralsko celino in Ameriko, kar se je ujemalo z izumrtjem večine velikih živali v teh območjih.

Rod *Homo*, v katerega sodi tudi sodobni človek, se je razvil pred približno 3 milijoni let. Pred 2 milijonoma let je živel »spretni človek« ali latinsko *Homo habilis*. Med najdbami v Tanzaniji in južni Afriki so našli mnogo preprostega kamnitega orodja, z nekaj udarci obsekanih prodnjakov, ki naj bi jih izdelal *Homo habilis*. Visok je bil približno 1,40 metra, se že gibal s hitro in lahkotno hojo in imel gibljiv palec na roki, ki skupaj s kazalcem omogoča spretno prijemanje predmetov. Ker fosilni ostanki kažejo na tedanje dokaj hitre spremembe, velja danes spretni človek za prehodno obliko, ki se je razvila v stabilno obliko, »pokončni človek« ali *Homo erectus*.

*Homo erectus* je na sceno stopil pred 1,8 milijona let. Hodil je vzravnan. Po najdbah sodeč je živel predvsem na tleh. V savani je nabiral rastlinske plodove, prehranjeval pa

se je tudi z mesom. Pri iskanju in pripravi hrane je uporabljal kamnito orodje. Tako kot večino evlucijskih procesov so tudi za našo zgodnjo zgodovino značilne številne genetske veje, od katerih so bile mnoge na koncu neuspešne. Vendar pa je *Homo erectus* preživel dlje kot katera koli druga vrsta človečnjakov in je bil prvi znani hominin, ki se je preselil iz Afrike, kjer je nadaljnja evolucija pripeljala do *Homo neanderthalensis*, naših arhaičnih sorodnikov, neandertalcev. Fosilne ostanke *Homo erectus* so našli na ozemlju današnje Kitajske, Izraela in na otoku Javi.

Neandertalec je dobil ime po najdbišču kostnih ostankov v kraju Neandertal blizu Düsseldorfa v Nemčiji. Najstarejše najdeno okostje je staro 150.000 let. Živel je v času, ko je bila v Evropi ledena doba. Na hladno podnebje je bil prilagojen z obliko in zgradbo telesa. Imel je močne kosti in bil nizke čokate rasti, s kratkimi mišičastimi nogami, masivno štrlečo lobanjo in negibljivim vratom. Zadnja izkopavanja in najdeni predmeti kažejo, da je bil na evropskih tleh prvi človek z visoko kulturo. Svoje pokojne je pokopaval, njegov duhovni svet pa razkriva tudi naluknjana kost, najdena v jami Divje babe nad Cerknim, za katero menijo, da je bila piščal. Neandertalci so naseljevali Evropo in Azijo pred približno 400.000 do 30.000 leti, takrat pa so izumrli.

Anatomsko sodoben človek, »misleči človek« ali latinsko *Homo sapiens*, z okostji, kot jih ima današnji človek, se je v Afriki prvič pojavil pred približno 300.000 leti. Iz jugovzhodne Afrike se je pred približno 60.000 do 70.000 leti začel prek Bližnjega vzhoda širiti v Azijo, Avstralijo in prek Beringovega preliva tudi v Severno Ameriko. V Evropo je verjetno prišel prek Balkanskega polotoka pred 45.000 leti. V času ledene dobe je bistveno izpopolnil orodje, ki ga je znal nasaditi na ročaj. Izdeloval je dleta, strgala, svedre, šila in celo šivanke. Iznašel je kopje, harpuno in lok. Orodje je tudi umetniško okraševal. Od mrtvih se je poslavljaj z ver-

skimi obredi, za dober ulov in življenje se je zaklinjal bogovom. Na stene jam je vrezoval in slikal živalske podobe.

S širjenjem po Evraziji pred približno 60.000 do 70.000 leti je *Homo sapiens* prišel v stik s staroselci neandertalci, s katerimi je sobival vsaj 20.000 let. Neandertalci so dokončno izumrli pred približno 27.000 leti, med vzroke za njihovo izumrtje pa lahko štejemo počasno prevlado bolj opremljenih prišlekov in slabo prilagoditev na nenadno podnebno spremembo, ki je bila posledica katastrofičnega vulkanskega izbruha v Sredozemlju. Ob teh in številnih drugih domnevah pa je postalo vse bolj jasno, da je za osvetlitev odnosa med nami in našimi sorodniki neandertalci potrebna zelo poglobljena in natančna raziskava z najsodobnejšimi orodji, kar jih premore znanost.

### **Orodja za določevanje starosti vzorcev, ki vsebujejo ostanke prazgodovinskega življenja**

Paleontologija je veda, ki preučuje starodavno življenje oziroma išče informacije o več vidikih preteklih organizmov, kot so njihova identiteta in izvor, njihovo okolje in razvoj ter kaj nam lahko povedo o organski in anorganski preteklosti Zemlje. Glavne vrste dokazov o starodavnem življenju so telesni ostanke (fosili) in sledi telesnih ostankov. Bistvena je ocena starosti teh ostankov, kar omogoča radiometrično datiranje. Radiometrična metoda primerja količino naravno prisotnega radioaktivnega izotopa v preiskovanem materialu s količino njegovih razpadnih produktov, ki nastajajo z znano hitrostjo razpada. Radiokarbonsko datiranje, imenovano tudi datiranje z ogljikom, omogoča določanje starosti »mlajših« starodobnih, organski material vsebujočih vzorcev. Temelji na dejstvu, da zaradi interakcije kozmičnih žarkov z dušikom v Zemljinem ozračju nenehno nastaja izotop ogljika  $^{14}\text{C}$ . Nastali  $^{14}\text{C}$  se povezuje s kisikom v ozračju in tvori radioaktivni ogljikov dioksid, ki se s fotosintezo vgrajuje v rastline, z uživanjem

teh pa ga nato pridobijo živali. Ko žival ali rastlina pogine, se preneha izmenjava ogljika z okoljem, zato vsebovana količina  $^{14}\text{C}$  zaradi radioaktivnega razpada začne upadati. Izmerjeno količino  $^{14}\text{C}$  v vzorcu mrtve rastline ali živali, kot sta kos lesa ali delček kosti, uporabimo za izračun, kdaj je žival ali rastlina umrla. Starejši kot je vzorec, manj  $^{14}\text{C}$  zaznamo, in ker je razpolovna doba  $^{14}\text{C}$  (obdobje, po katerem bo polovica danega vzorca razpadla) približno 5.730 let, so po enačbi izračuna najstarejši datumi, ki jih je mogoče s tem postopkom zanesljivo izmeriti, približno 50.000 let. Izračuni, kakšen naj bi bil delež  $^{14}\text{C}$  v ozračju v zadnjih petdeset tisoč letih, so prerisani v obliko umeritvene krivulje, ki se sedaj uporablja za pretvorbo izmerjene količine radioaktivnega ogljika v pravadnem vzorcu v oceno koledarske starosti vzorca. Razvoj radiokarbonskega datiranja je močno vplival na arheologijo. Poleg tega, da omogoča natančnejše datiranje znotraj arheoloških najdišč kot prejšnje metode, omogoča primerjavo datumov dogodkov, ki so se zgodili ločeno na velikih zemljepisnih razdaljah, kot so bili ključni prehodi v različnih regijah konec zadnje ledene dobe in v začetku neolitika in bronaste dobe.

Dolgo časa so študije evolucije človeka temeljile izključno na analizah starodavnih kostnih ostankov in njihovih morfoloških značilnostih ter preiskavah orodij in drugih arheoloških artefaktov. Za sestavo evolucijskih »družinskih dreves« so paleontologi uporabljali tako imenovano kladistiko, po kateri so organizmi na podlagi hipotez o zadnjem skupnem predniku razvrščeni v skupine, imenovane »klade«. Dokazi za domnevna razmerja so običajno skupne izpeljane značilnosti, ki jih ne najdemo v bolj oddaljenih skupinah in prednikih. Zadnji skupni prednik in vsi njegovi potomci tako lahko sestavljajo klado. Na ta način je bilo s primerjanjem telesnih značilnosti, razbranih iz redkih fosilnih ostankov, mogoče povezati različne prednike iz različnih časovnih obdobji v razvoju človeka. V zadnji

četrtini dvajsetega stoletja pa se je razvila molekularna filogenetika, ki raziskuje, kako tesno so si organizmi sorodni, z merjenjem podobnosti DNA v njihovih genomih. Molekularno filogenetiko so uporabili tudi za oceno datumov, ko so se vrste razšle in izumrle ali doživele ločeni nadaljnji razvoj ter živele druge ob drugi. *Homo sapiens* je sobival z neandertalci v Evraziji vsaj 20.000 let, verjetno tudi dlje. Vendar je narava njihovih medsebojnih vplivov ostala nerazjasnjena vse do današnjega dne, ko je bistvena spoznanja o tem prinesla molekularna genetska analiza.

### Genom in metode genetske analize

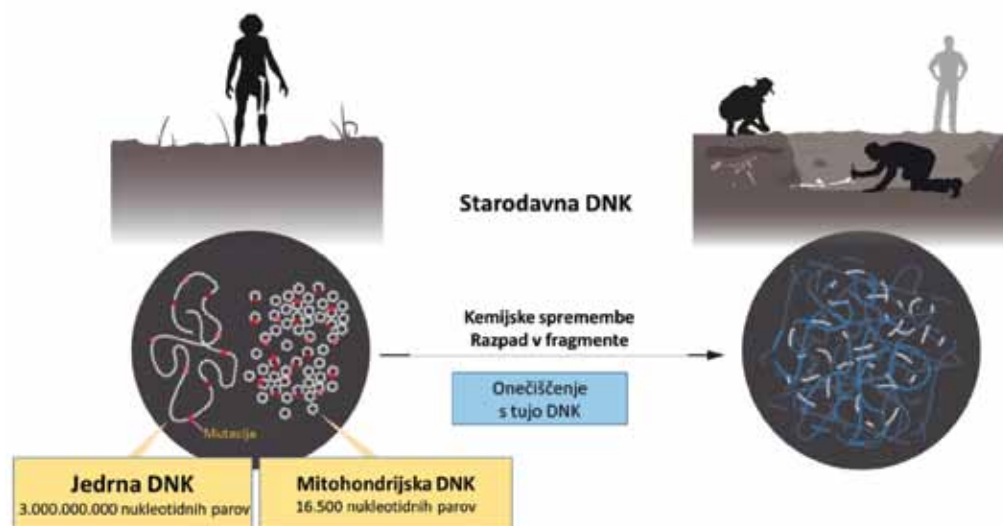
Človeški genom je skupno, sestavljeno zaporedje baznih parov nukleotidnih gradnikov nukleinskih kislin, kodiranih v obliki DNA v 23 parih kromosomov v celičnih jedrih (jedrni genom) in v majhni molekuli DNA, ki se nahaja v posameznih mitohondrijih (mitohondrijski genom). V tem pogledu govorimo o haploidnem človeškem genomu, kot ga obravnavamo v genetskih analizah. V resnici je genom človeških telesnih celic diploiden, saj en niz kromosomov izvira iz matere in drugi iz očeta; posamezni molekuli DNA v ujemajočih se kromosomih (homolognih kromosomskih parih) se sicer razlikujeta v podrobnostih, načeloma pa sta zaporedji identični. Ker je v celicah navadno prisotno večje število celičnih dihalnih organelov mitohondrijev, v vseh pa je navzoč enak mitohondrijski kromosom, v genetskih analizah genoma mitohondrijski genom obravnavamo kot eno edinstveno molekulo, ob edinstvenem celokupnem nukleotidnem zaporedju jedrnega genoma.

Po genomskem nukleotidnem zaporedju se posamezniki sicer nekoliko razlikujemo, saj se v povprečju na vsakih tisoč baznih parov vzdolž kromosomov pojavljajo mutacije oziroma zamenjave posameznih baz (polimorfizmi posameznih nukleotidov, angleško *single-nucleotide polymorphism*, kratica *SNP*), vendar upoštevajoč velikost ostalega dela genoma lahko privzamemo, da »smo

vsi, ne glede na raso, genetsko 99,9 odstotka enaki«. Pa vendar, čeprav je več kot 99 odstotkov zaporedij DNA v človeškem genomu identičnih med posamezniki, majhno število razlik v zaporedjih lahko uporabimo kot genetske različice za primerjanje in razlikovanje med ljudmi in po drugi strani za ugotavljanje njihovih bližnjih in daljnjih sorodstvenih povezav. Polimorfizmi posameznega nukleotida oziroma mutacije ene »črke« genetskega zaporedja v alelu (aleli so alternativna zaporedja DNA, različice na enem in istem položaju v molekulah DNA različnih oseb), ki se razširijo po populaciji, v funkcionalnih delih genoma lahko potencialno spremenijo tako rekoč vse možne lastnosti, od telesne višine in barve oči do dovzetnosti za različne bolezni. Če okolje ostane stabilno, se bodo »koristne mutacije« razširile po lokalnem prebivalstvu v številnih generacijah, dokler ne postanejo prevladujoča genetska lastnost. Izjemno koristni alel je lahko postal vseprisoten v populaciji že v nekaj stoletjih, medtem ko tisti, ki so »manj koristni«, običajno potrebujejo tisočletja.

Za preučevanje, kako smo sodobni ljudje med seboj povezani, in za razjasnitev na-

šega evoliucijskega izvora so v začetku - v raziskavah, katerih izsledke so objavili leta 1987 - uporabili primerjalne analize mitohondrijske DNA (mtDNA) trenutnih afriških in neafriških populacijskih skupin. Mitohondrijska DNA je bila za take raziskave zelo primerna, saj gre za razmeroma majhno molekulo, 16.500 baznih parov, v primerjavi s 3 milijardami baznih parov jedrnega genoma, zaradi številnih mitohondrijev pa je prisotna v velikem številu kopij v vsaki celici. MtDNA se deduje le po materini strani; jajčeca namreč vsebujejo povprečno po 200.000 molekul, medtem ko človeški spermij vsebuje povprečno 5 molekul mtDNA, ki se tudi razgradi v moškem genitalnem traktu in v oplojenem jajčecu. Rezultati omenjene raziskave so pokazali skupen izvor v Afriki za vse podpopulacije *Homo sapiens* in bili temeljni za teorijo o evoluciji človeka iz Afrike. Za dokončno potrditev teorije o izvoru in razvoju sodobnega človeka pa so bili potrebni obsežnejši podatki, ki bi jih bilo mogoče pridobiti iz jedrnega genoma. Preučevanje človeškega jedrnega genoma je omogočil *Projekt človeški genom* (angleško *Human Genome Project, HGP*), ki ga je leta 1990 začel velik mednarodni konzorcij, nje-





gov namen pa je bil ugotoviti zaporedje nukleotidov oziroma baznih parov haploidnega jedrnega genoma (sekvenciranje DNA) in z označitvijo izbranih mest izdelati referenčni »zemljevid« genoma za prihodnje študije. Zaporedje človeškega genoma je bilo objavljeno leta 2001 v obliki dveh osnutkov *Projekta človeški genom* in konkurenčne družbe *Celera Genomics*, dokončno, po razjasnitvi najbolj zapletenih območij, pa šele lani. Referenčni genom, ki je sedaj na voljo, je temeljni vir za razumevanje genetike človeške populacije in raziskovanje naše evolucijske preteklosti. Vendar pa odgovor na vprašanje, kako smo povezani z izumrlimi hominini, kot so neandertalci, zahteva mnogo več od sklepanja iz sodobne človeške DNA. Zahteva izločitev (ekstrakcijo) in sekvenciranje zelo stare DNA iz arheoloških ostankov iz-

umrle vrste, kar je bila orjaška naloga, ki se je zdela nedosegljiva.

Molekularna filogenetika, ki se je usmerila v preučevanje razvoja in medsebojne povezanosti človeških vrst, je naletela na dve težavi. Prva težava je bila izredno majhna navzočnost dovolj dobro ohranjenih vzorcev DNA v ostankih kosti oziroma kot sledi v drugem arheološkem materialu, drugo težavo pa je predstavljalo onečiščenje starodavne DNA s tujo DNA, izvirajočo iz okužb z mikroorganizmi ali iz stika z drugimi organizmi, na primer plenilci, mrhovinarji, drugimi osebkami iste vrste, v novejšem času pa tudi iz stika s sodobnimi ljudmi, ki ravnaajo z vzorci.

*Drugi del članka bo objavljen v sledeči številki.*

Nobelove nagrade za leto 2022 • Ko kemija klikne

## Ko kemija klikne Nobelova nagrada za kemijo za odkritje in razvoj »klik« kemije

*Martin Gazvoda, Janez Košmrlj*

Nobelovo nagrado za kemijo za leto 2022 so prejeli Carolyn Ruth Bertozzi, Morten Meldal in Karl Barry Sharpless (slika 1) za razvoj »klik« kemije in bioortogonalne kemije. Ob tem je odbor za podeljevanje nagrad podal obrazložitev, da je razvoj »klik« in bioortogonalne kemije kemijo popeljal v dobo funkcionalizma (<https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2022/press-release/>).

### **Kemijske reakcije so orodja sinteznih kemikov**

Brez kemije si danes ne moremo več predstavljati vsakodnevnega življenja. Njen na-

predek v zadnjih sto letih je neposredno vplival na razvoj civilizacije na vseh področjih, vključno s pridelavo in predelavo hrane, pripravo čiste vode, razvojem zdravil, tekstilno industrijo, transportom in telekomunikacijo. Pri tem je vsako od področij kemije ponudilo nekoliko drugačne produkte in izume, odvisno od tega, s kakšno vrsto snovi in procesi se ukvarja.

Letošnja Nobelova nagrada za kemijo je bila podeljena za odkritje s področja organske kemije. Če bi bili natančnejši, bi jo umestili v sintezno organsko kemijo, če pa bi želeli poenostaviti, ne bi pretiravali, če bi rekli, da



*Slika 1: Nobelovi nagrajenci za kemijo za leto 2022 (z leve): Carolyn Ruth Bertozzi, Morten Meldal in Karl Barry Sharpless. Nobelovo nagrado so si razdelili enakovredno, vsak jo je prejel tretjino. Foto: Grace Science Foundation; University of Copenhagen; Scripps Research.*

je bila podeljena za dve kemijski reakciji. To se zdi precej nenavadno, saj se Nobelove nagrade običajno podelijo za razvoj novih konceptov (seveda tudi letošnja, vendar je njeno bistvo kljub vsemu mogoče omejiti na dve kemijski reakciji).

Preden se poglobimo v odkritja letošnjih Nobelovih nagrajencev, se spomnimo, kaj je za organskega kemika kemijska reakcija. Za boljše predstavo o področju in uporabnosti letošnje Nobelove nagrade za kemijo pa je smiselno narediti kratek zgodovinski pregled sintezne organske kemije in omeniti nekaj najpomembnejših odkritij na tem področju. Ena od glavnih nalog organskega kemika je razvoj novih kemijskih reakcij. To so nadzorovani kemijski procesi, pri katerih na primer dva reaktanta, **A** in **B** (slika 2a), spojimo v produkt **C** z novimi lastnostmi. Spajanje omogočajo reaktivni deli reaktantov, tako imenovane funkcionalne skupine. Reakcija poteka v nadzorovanih okoliščinah, kot so temperatura (*T*), tlak (*p*) in topilo ter potrebni čas (*t*) za reakcijo. Če je reakcijski čas predolg, ga z dovajanjem energije, na primer s povišanjem temperature, lahko skrajšamo, kar pa poveča možnost nastanka neželenih stranskih produktov (**D**, **E**, ...). Reakcijo je včasih mogoče pospešiti na bolj gospodarni in ekološko vzdržni način z dodatkom primerne pomožne snovi, ki jo imenujemo katalizator (**kat.**). Opis ustreza

večini kemijskih reakcij v sintezni organski kemiji, ki jih uporabljamo za pripravo tako imenovanih malih molekul, kot so na primer spojine **1-3** na sliki 2. Nekatere reakcije pa sčasoma postanejo uporabne tudi na drugih področjih, na primer pri materialih ter v biologiji in medicini.

### **Kratka zgodovina organske sintezne kemije ali kako smo gradili molekule**

Organska sintezna kemija ima svoje začetke pred približno stopetdesetimi leti in se pospešeno razvija zadnjih šestdeset let. Z razvojem novih sinteznih metod - to je, kemijskih reakcij - se povečujejo naše zmožnosti priprave različnih snovi, ki jih uporabljamo v vsakodnevnem življenju. Napredek sintezne organske kemije je mogoče ponazoriti s strukturno zapletenostjo treh molekul: acetilsalicilne kisline (aspirina) **1**, penicilina **2** in paclitaxela (taxol) **3**, ki so pomembno zaznamovale zgodovino kemije in tudi človeštva. Vsaka je bila pripravljena v svojem obdobju in je v tistem času pomenila nov korak v razvoju kemije.

Leta 1897 je Felixu Hoffmanu uspela sinteza acetilsalicilne kisline, ki jo poznamo po tržnem imenu aspirin (slika 2b, **1**). Čeprav je z današnjega vidika molekula strukturno zelo preprosta, je to je za tisti čas predstavljala pomemben dosežek. Približno petdeset let kasneje, v letih od 1941 do 1945, torej med

drugo svetovno vojno, je potekal intenzivni projekt poskusa sinteze antibiotika penicilina V (slika 2b, 2). Cilj projekta je bil nadomestiti neučinkoviti postopek izločitve (ekstrakcije) te spojine iz naravnega materiala s kemijsko industrijsko proizvodnjo - v tistem času so ljudje še vedno množično umirali zaradi bakterijskih okužb, ki jih danes razmeroma preprosto zdravimo z antibiotiki. Izjemnemu trudu in sredstvom navkljub - vlada Združenih držav Amerike je izdatno podprla projekt, pri katerem je štiri leta delalo skupaj približno tisoč raziskovalcev (projekt je imel podobne razsežnosti kot bolj znani projekt razvoja atomske bombe Manhattan) - penicilin V do konca druge svetovne vojne ni bil sintetiziran. John C. Sheehan, ki je sodeloval pri projektu in je penicilin V kasneje leta 1957 kot prvi uspešno sintetiziral, je slikovito opisal, da so v letih od 1941 do 1945 imeli tako težko nalogo, kot bi jo imel urar, če bi moral z dletom popraviti mehanizem ure. Z drugimi besedami, takrat ni bilo na voljo orodij, s katerimi bi lahko pripravili penicilin V. In ta orodja so kemijske reakcije. Področje je v zadnjih letih izjemno napredovalo in okoli leta 2000 je več raziskovalnih skupin neodvisno poročalo o sintezi naravnega produkta paclitaxela **3**, protirakave učinkovine, bolj znane po imenu taxol. Taxol je strukturno zelo zapleten, njegova sinteza v laboratoriju pa pomeni pomemben mejnik v sintezni kemiji.

### Preprosta in enostavna rešitev je najboljša, pot do nje pa je praviloma težavna

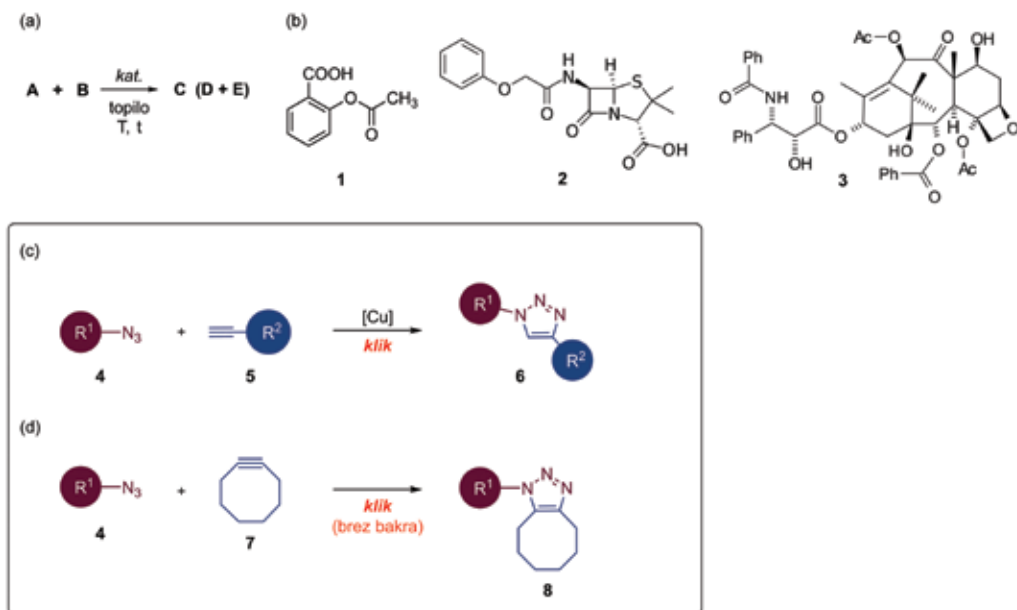
Kot velja na vseh področjih tehnologije in znanosti, velja tudi za kemijo: bolj izpopolnjena orodja imamo, bolj zapletene molekule lahko gradimo. Ampak letošnja Nobelova nagrada za kemijo nagrajuje prav nasprotno, nagrajuje preprostost. Leta 2001 je Barry Sharpless nekaj mesecev, preden je dobil svojo prvo Nobelovo nagrado za kemijo, in sicer za razvoj asimetričnih katalitskih oksidacij (sliši se zapleteno in tudi je), s sodelavci v osemnajststranskem eseju razmišljal, da

je razvoj sintezne kemije preveč usmerjen k posnemanju narave in tekmovanju z njo in da v tekmi z naravo pri izgradnji strukturno izjemno zapletenih molekul ne moremo zmagati, saj ima narava z milijardami leti evolucije neulovljivo prednost (Kolb, Finn, Sharpless, 2001). Sharpless je predlagal, da bi se kemiki morali bolj osredotočiti v razvoj reakcij, ki bi bile preproste za izvedbo, takšnih, ki bi vedno delovale in zanesljivo ter v čisti obliki vodile zgolj do zelenih produktov. Do takšnih reakcij torej, ki bi jih lahko izvajali tudi nekemiki, saj ne bi potrebovale nadzorovanih okoliščin, ki jih lahko dosežemo zgolj v laboratoriju, in bi delovale tudi v prisotnosti vode in kisika (ki pogosto moteče vplivata na potek). Tako je nastajal koncept »klik kemije«.

Z drugimi besedami, Sharpless je razmišljal o reakciji, ki je zelo hitra in izbirna, za kar je v reaktantih treba imeti primerno reaktivni funkcionalni skupini, ki reagirata izključno med seboj in ne glede na okoliščine, v katerih poteka reakcija (topilo, temperatura). Ni težko predvideti vrednosti takšne reakcije. Neimenovani organski kemik je koncept opredelil kot »zdravo pamet«, sam opis »klik kemije« pa ne moremo imeti za »idejo« (Krämer, 2022). Kar verjetno niti ni tako daleč od resnice, je pa očitno sam razvoj takšne reakcije izjemno težaven in vreden najvišjega priznanja, kar potrjuje tudi letošnja Nobelova nagrada. Z besedami Johana Åqvista, predsednika Nobelovega odbora za kemijo, »letošnja nagrada za kemijo nagrajuje koncept, pri katerem ne zapletamo, ampak stremimo k temu, kar je enostavno in preprosto. Očitno je, da lahko funkcionalne molekule zgradimo tudi po enostavni poti.«

### Krovni dragulj »klik kemije«

Vsem opisanim zahtevam ustreza z bakrom katalizirana cikloadicija med azidom in alkinom (angleško *Copper-catalyzed Azide-Alkyne Cycloaddition* ali krajše tudi *CuAAC*). O reakciji sta neodvisno poročali skupini Barryja Sharplessa in Mortena Meldala le-



Slika 2: (a) Poenostavljeni prikaz kemijske reakcije med molekulama **A** in **B** v prisotnosti katalizatorja (kat.) in pri opredeljenih okoliščinah reakcije: topilo, temperatura (*T*) in čas (*t*), pri čemer nastanejo zeleni produkt **C** in neželena stranska produkta **D** in **E**. (b) Strukture molekul aspirina **1**, penicilina **V 2** in taxola **3**. (c) Z Nobelovo nagrado nagrajena z bakrom katalizirana reakcija med azidom in alkinom, ki sta jo neodvisno odkrila Morten Meldal in Karl Barry Sharpless. (d) Z Nobelovo nagrado nagrajena reakcija med azidom in ciklooktinom, ki jo lahko med drugim izvajamo tudi v živih organizmih in je vodila do tako imenovane ortogonalne kemije, za razvoj katere je Nobelovo nagrado prejela Carolyn Ruth Bertozzi.

ta 2002 in še danes velja za reprezentativni primer »klik kemije« (Rostovtsev, Green, Fokin, Sharpless, 2002; Tornøe, Christensen, Meldal, 2002). Gre za reakcijo med organskim azidom ( $R^1-N_3$ , **4**, slika 2c), molekulo, ki vsebuje azidno funkcionalno skupino  $-N_3$  ( $-N=N^+=N^-$ ), v kateri so linearno zaporedno povezani trije dušikovi atomi, in terminalnim alkinom  $R^2-C\equiv CH$  **5**, molekulo, ki vsebuje končno trojno vez med dvema ogljikoma. Pri tem se tvori 5-členski aromatski obroč triazole **6** z dvema poljubnima substituentoma (nadomestkoma)  $R^1$  in  $R^2$  (slika 2c). Baker ima pri reakciji vlogo katalizatorja in je ključen za njen potek. O tej isti pretvorbi med reaktantoma **4** in **5** je že leta 1961 prvi poročal Rolf Huisgen, le da pri tem ni uporabil bakra. Triazolni produkt **6** je dobil po dolgotrajnem osemnajsturnem segrevanju reakcijske zmesi pri

100 stopinjah Celzija, zeleni produkt **6** pa je nastal s približno petdesetodstotno čistostjo. Če pa to isto reakcijo izvedemo v prisotnosti bakra, nastane produkt **6** pri sobni temperaturi (22 stopinj Celzija) v zgolj nekaj sekundah v popolnoma čisti obliki. In prav baker je bil tisti, ki je po naključju, kot se to velikokrat zgodi v znanosti, omogočil, da sta Meldal na Danskem in Sharpless v Združenih državah Amerike odkrila to skoraj magično reakcijo. V obeh primerih je bil cilj njunih raziskav razvoj neke popolnoma druge reakcije – vendar je usoda želela, da so bile takrat na dveh straneh Atlantika v reakcijskih bučkah sočasno molekule, ki so vsebovale azidno funkcionalno skupino, trojno vez in baker – za ostalo so poskrbeli kemija oziroma pripravljene umi, ki niso spregledali očitnega. Do odkritja je namreč pripeljalo dejstvo, da se je v obeh primerih

v reakcijskih bučkah tvoril produkt (triazol), ki ga niso pričakovali, in to v popolnoma čisti obliki. Danes vemo, da je reakcija tako hitra, učinkovita in izbirna, da jo je zelo težko izvesti narobe in da jo težko prehititi kak drugi konkurenčni kemijski proces - z besedami Sharplessa, reakcija deluje v »sto odstotkih« primerov.

### Bioortogonalno ali ko kemijska reakcija nemoteno poteka v bioloških sistemih

Opisano odkritje (reakcija), za katero sta Morten Meldal in Karl Barry Sharpless prejela Nobelovo nagrado, tako predstavlja dve tretjini letošnje Nobelove nagrade. Pot Carolyn Ruth Bertozzi do odkritja, ki ji je prineslo Nobelovo nagrado, pa je nekoliko drugačna. Konec devetdesetih let prejšnjega stoletja je kot mlada profesorica na Univerzi Berkeley s svojo ekipo raziskovala sladkorje na površini celic, natančneje glikane in glikoproteine, za katere se je predvidevalo (in kasneje pokazalo), da imajo pomembno vlogo pri imunskem odzivu celice. Vendar je bilo to zelo težko dokazati. Predvsem zato, ker teh sladkorjev ni bilo mogoče raziskovati v njihovem naravnem okolju, torej v celici, ampak je bilo celico treba najprej uničiti in šele nato ločeno raziskovati te strukturno zapletene molekule, ki pa so med postopkom izgubile svojo naravno strukturo in funkcijo. Bertozzi si je zadala cilj, »razviti zelo učinkovite kemijske reakcije, ki bi lahko potekale hitro in izbirno v fizioloških razmerah, ki ne bi vplivale na reakcijo, pri tem pa tudi reakcija ne bi vpliva na biološke procese v okolici«. Opisani koncept je danes definicija za tako imenovano bioortogonalno kemijo, za razvoj katere je Carolyn R. Bertozzi prejela Nobelovo nagrado.

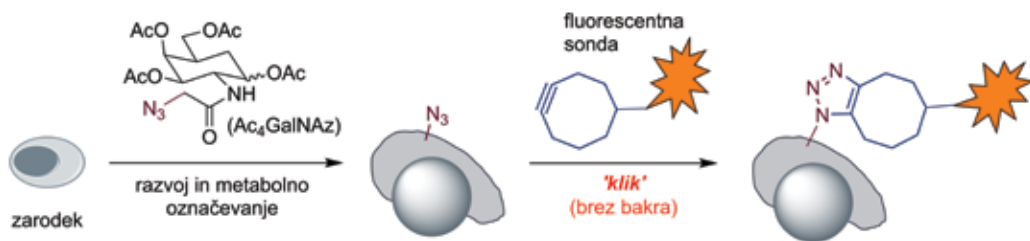
Težko je najti ustrezno primerjavo za ponazoritev, koliko bolj zapleteno in potencialno moteče na zeleni potek reakcije je okolje znotraj celice v primerjavi z raztopino v reakcijski bučki. Če bi kemijsko reakcijo med molekulama **A** in **B** opisali s stiskom rok dveh oseb, bi bila verjetno na mestu

primerjava, da je vpliv okolice na reakcijo med **A** in **B** v reakcijski bučki podoben mimoidočim sprehajalcem v parku, medtem ko **A** in **B** sedita na klopci drug poleg drugega in si podajata roki. Enak poskus reakcije med **A** in **B** v celici pa bi lahko primerjali s poskusom srečanja in stisku rok dveh ljudi na polnem trgu Tiananmen, pri čemer osebi vstopita na trg z različnih strani. Reakcija, ki jo je iskala Bertozzi, bi morala poleg hitrosti in izbirnosti ohraniti nemoteno delovanje bioloških procesov znotraj celice, tako da uporaba strupenih kemikalij ni prišla v poštev. Reakcija, ki sta jo razvila Meldal in Sharpless, bi bila popolna za ta namen, vendar baker zaradi svoje strupenosti ni primeren za izvajanje reakcij v živih organizmih.

### Del rešitve se je skrival v precej stari literaturi

Razviti takšno reakcijo je bil tako zelo velik izziv. Bertozzi je rešitev našla v starih zapisih o fizikalnih lastnostih organskih molekul in med poslušanjem predavanja na konferenci s področja fizikalne organske kemije. Predpostavila je, da bo imel majhni ciklični alkin dovolj notranje energije, da bo z azidom reagiral samodejno, brez dodatka katalizatorja. In ideja je delovala - ugotovili so, da je takšen ciklični alkin ciklooktin **7**, sicer najmanjši še obstojni cikel s trojno vezjo, ki je pri reakciji z azidom **4** vodil do triazola **8** (slika 2d) - najprej v reakcijski bučki, po nekaj izboljšavah pa tudi v celicah. Za dokaz koncepta je Bertozzi azidno sestavino vgradila v celice zarodkov rib zebrič, tako da je celice hranila z nenaravnimi sladkorji s pritrjenimi azidnimi skupinami ( $\text{Ac}_4\text{GalNAz}$ ). Azidne skupine so celice s svojo presnovo vključevale v glikane. Zarodke je nato v določenem razvojnem stadiju pustila reagirati s ciklooktinom s pritrjeno fluorescentno sondo, kar je omogočilo odkrivanje glikanov z metodami fluorescenčnega slikanja *in vivo* (v živem organizmu) med samim razvojem zarodka (slika 3) (Laughlin, Baskin, Amacher, Bertozzi, 2008).





Slika 3: Shematski prikaz fluorescenčnega označevanja glikanov v zarodku ribe zebrike v razvoju. Tako so po šestdesetih urah po oploditvi opazili povečanje biosinteze glikanov v območju čeljusti, prsnih plavuti in vohalnih organov.

### Kemijski reakciji, ki sta posegli na različna področja znanosti

V začetnih fazah razvoja so reakciji uporabljali predvsem v organski kemiji in biokemiji. Morten Meldal se spominja konference, na kateri so prvič predstavili odkritje, ki pa ni poželo pretiranega zanimanja. Polagoma je kemijska skupnost začela prepoznati uporabnost reakcij za različne namene. Reakciji sta postali zelo priljubljeni, tako v akademskih laboratorijih kot v industriji, predvsem zaradi svoje učinkovitosti in preproste izvedbe. Danes sta tako opisani »klik« reakciji razširjeni na različnih področjih znanosti in industrije. Če proizvajalec v začetnih fazah razvoja (proizvodnje) doda azidno sestavino v plastiko ali vlakno, je z uporabo opisane »klik« kemije v kasnejših fazah mogoče preprosto preoblikovati takšen material: povečamo mu lahko na primer elastičnost, topnost v vodi, naredimo njegovo površino temperaturno bolj odporno in tako dalje. Prav tako je v takšne materiale kot tudi v ustrezno preoblikovane biološke molekule na ta način mogoče preprosto vstaviti strukturne fragmente, ki lahko prevajajo elektriko, zajemajo Sončevo svetlobo, imajo protibakterijsko ali protirakavo delovanje, varujejo pred ultravijoličnim sevanjem ali imajo kakšne druge lastnosti, ki jih želimo vpeljati v preiskovano snov.

Kam vse bo »klik kemija« še posegla v prihodnje in v katero smer se bo razvijala, je težko napovedati. Z gotovostjo lahko zapišemo, da je že do sedaj pustila velik pečat na različnih področjih, o čemer pričča tudi

razmeroma hitro podeljena Nobelova nagrada – odkritje, vredno Nobelove nagrade, mora biti namreč zelo prelomno, tako da spremeni razvoj področja, iz katerega izvira, poleg tega je običajno uporabnost odkritja široka in se pogosto dotakne tudi naših vsakdanjih življenj. Da se ti rezultati lahko ocenijo, mora preteči nekaj časa; na vsak način lahko podelitev Nobelove nagrade za »klik« in bioortogonalno kemijo dvajset let po njenih začetkih razumemo kot hitro.

#### Literatura:

- Castelvecchi, D., Ledford, H., 2022: *Chemists who invented revolutionary »click« reactions win Nobel*. *Nature*, 610: 242–243.  
<https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2022/press-release/>. Dostop 3. 1. 2023.
- Kolb, H. C., Finn, M. G., Sharpless, K. B., 2001: *Click Chemistry: Diverse Chemical Function from a Few Good Reactions*. *Angewandte Chemie International Edition*, 40: 2004–2021.
- Krämer, K., 2022: *The click heard round the world*. <https://www.chemistryworld.com/features/how-click-conquered-chemistry/4016366.article>. Dostop 3. 1. 2023.
- Laughlin, S. T., Baskin, J. M., Amacher, S. L., Bertozzi, C. R., 2008: *In vivo imaging of membrane-associated glycans in developing zebrafish*. *Science*, 320: 664–667.
- Rostovtsev, V. V., Green, L. G., Fokin, V. V., Sharpless, K. B., 2002: *A Stepwise Huisgen Cycloaddition Process: Copper(I)-Catalyzed Regioselective »Ligation« of Azides and Terminal Alkynes*. *Angewandte Chemie International Edition*, 41: 2596–2599.
- Tornøe, C. W., Christensen, C., Meldal, M., 2002: *(1,2,3)-Triazoles by Regiospecific Copper(I)-Catalyzed 1,3-Dipolar Cycloadditions of Terminal Alkynes to Azides*. *Journal of Organic Chemistry*, 67: 3057–3064.



***Martin Gazvoda** je leta 2013 doktoriral na Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Ljubljani. V sklopu podoktorskega usposabljanja je leta 2014 deloval v razvojnem oddelku za kemijo tovarne Sandoz v Kundlu v Avstriji, kjer se je ukvarjal s pripravo novih betalaktamov. Med letoma 2020 in 2021 je kot Fulbrightov štipendist na Tehnološkem inštitutu Massachusettsa (MIT) v Združenih državah Amerike razvijal nove metode za selektivne modifikacije strukturno zapletenih molekul, kot so to peptidi in proteini. Raziskovalno delo Martina Gazvode, ki kot docent raziskuje na Katedri za organsko kemijo na Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Ljubljani, je usmerjeno v razumevanje reakcijskih mehanizmov z namenom razvoja novih reakcij, ki bi bile uporabne za pripravo in modifikacije biomolekul. S sodelavci so nedavno poročali o razširitvi uporabe z bakrom katalizirane reakcije med azidom in alkinom (nagrajene z Nobelovo nagrado in opisane v prispevku v tej številki Proteusa) na najpreprostejši azid - vodikov azid (članek je dostopen v odprtem dostopu na povezavi: <https://doi.org/10.1021/acs.joc.1c02775>).*



***Janez Košmrlj** je leta 1999 doktoriral na Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Ljubljani. V letih od 2000 do 2002 je bil na podoktorskem izpopolnjevanju, najprej na Univerzi v Antwerpnu in nato v ameriskem farmacevtskem podjetju Eli Lilly and Company – CPRD v Indianapolisu. V obdobju od leta 2003 do leta 2005 je bil glavni in odgovorni urednik revije Acta Chimica Slovenica. Od leta 2011 je zaposlen na Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Ljubljani kot redni profesor za področje organske kemije. Njegovo raziskovalno delo je interdisciplinarno in sega na različna področja znanosti, od organske do medicinske kemije. Usmerjeno je v ekološko sprejemljivo in učinkovito sintezo industrijsko in biološko pomembnih molekul s poudarkom na uporabi katalize. Precejšen del teh molekul je povezan s klik triazolom, navdih za ta del raziskav pa je dobil v pogovoru s profesorjem Sharplessom na simpoziju o heterociklični kemiji septembra leta 2003 na Dunaju. Košmrlj je za svoje delo prejel Nagrado Maksa Samca za popularizacijo študijev na Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Ljubljani, izbran je bil za učitelja leta, za inovativnost v razvoju novih trajnostnih katalitskih sistemov za sinteze zdravilnih učinkovin pa je prejel Zoisovo priznanje.*

# Matematika in botanika - skupaj na poti

*Elvica Velikonja*

Jeseni leta 1981 sem kot učiteljica matematike in fizike prvič stala pred učenci na Osnovni šoli na Otllici, pred otroci z Gore. Tako rečemo planoti na južnem robu Trnovskega gozda. Obiskujejo jo učenci s Predmeje, Otllice in Kovka. Enainštirideset let kasneje sem se v isti učilnici poslovila od svojih zadnjih učencev. Je od takrat minilo komaj nekaj mesecev? Kaj vsi tako radi pogledujemo nazaj? Začelo se je tako, da sem na namizje postavila novo mapo z naslovom *Šola in jaz*. In začela pisati. In prebirati napisano. Kaj res ne morem napisati strani, še krepkega odstavka ne, da se v njem ne bi za roke držale moja matematika in moje

rože? Botanika se je, prav spontano, v moje učiteljevanje vsilila že zelo zgodaj. Ko sem sestavljala matematične naloge, se je kar sama znašla v njih. Iz preprostih nalog se je preselila k težjim, sem in tja pokukala tudi v fiziko. Vsebovali so jo referati, raziskovalne naloge, statistika. Pridružila se je naravoslovnim in tehničkim dnevom, ekskurzijam, z nami je hodila v šole v naravi in si prav kmalu priborila glavno vlogo v botaničnem krožku. Vsi smo bili veseli te »vsiljivke«, otroci in jaz. In do konca mojega učiteljevanja je ostala ne le naša spremljevalka, bila je naša prijateljica.

*Rastline so nabrane in določene. Sledi matematični del: urejanje, tabeliranje, diagrami, grafi ... (junija leta 2015).  
Foto: Elvica Velikonja.*





Vse to je že bilo v moji mapi, ko se mi je oglašil Igor Dakskobler. Da bi iz svojih zapiskov pripravila članek za *Proteus*, je predlagal. Tu je pravo mesto, da povem, da imamo slovenski ljubitelji botanike eno veliko srečo. Tisti, ki si z njo služijo kruh, so nam namreč bili in so nam zmeraj pripravljeni svetovati, pomagati pri določanju rastlin, hoditi z nami na botanična potepanja ... Igor je tisti, ki ga, vsaj v našem koncu, največkrat prosimo, da nam razvozla kakšno botanično »uganko« ali razblini kakšen dvom.

Imeti botanični krožek na naši šoli ni bilo težko. Dobesedno pred vrati imamo namreč tako učila kot tudi najbolj imenitno bota-

nično učilnico, kar si jih lahko zamislimo. Komaj stopimo iz šole, že smo v njej. Otliški maj, ves bohoten od cvetočega avriklja (*Primula auricula*). Pet minut rabimo do tja. Če gremo še malo dlje, pridemo mimo Otlškega okna na Navršce, kjer se čudimo njegovemu žlahtniku, idrijskemu jegliču (*Primula x venusta*). In če prekoračimo šolski čas, gremo še naprej, vse do Podrte gore. Po poti določamo pirenejske vijolice (*Viola pyrenaica*), potonike (*Paeonia officinalis*), perunike (*Iris sibirica* subsp. *erirrhiza*, *I. graminea*), smrdljivi brin (*Juniperus sabina*), ponekod tudi košutnik (*Gentiana lutea* subsp. *symphyandra*), če imamo srečo, celo ilirski in (ali) močvirski meček (*Gladiolus illyricus*, *G.*

*Ura matematike se je začela s Pitagorejskim polžem pri Otlškem oknu, nadaljevala z določanjem rastlin tam naokrog in končala s sladkanjem z jagodami. Pri nas jim rečemo smukuce (pomlad leta 2015). Foto: Elvica Velikonja.*

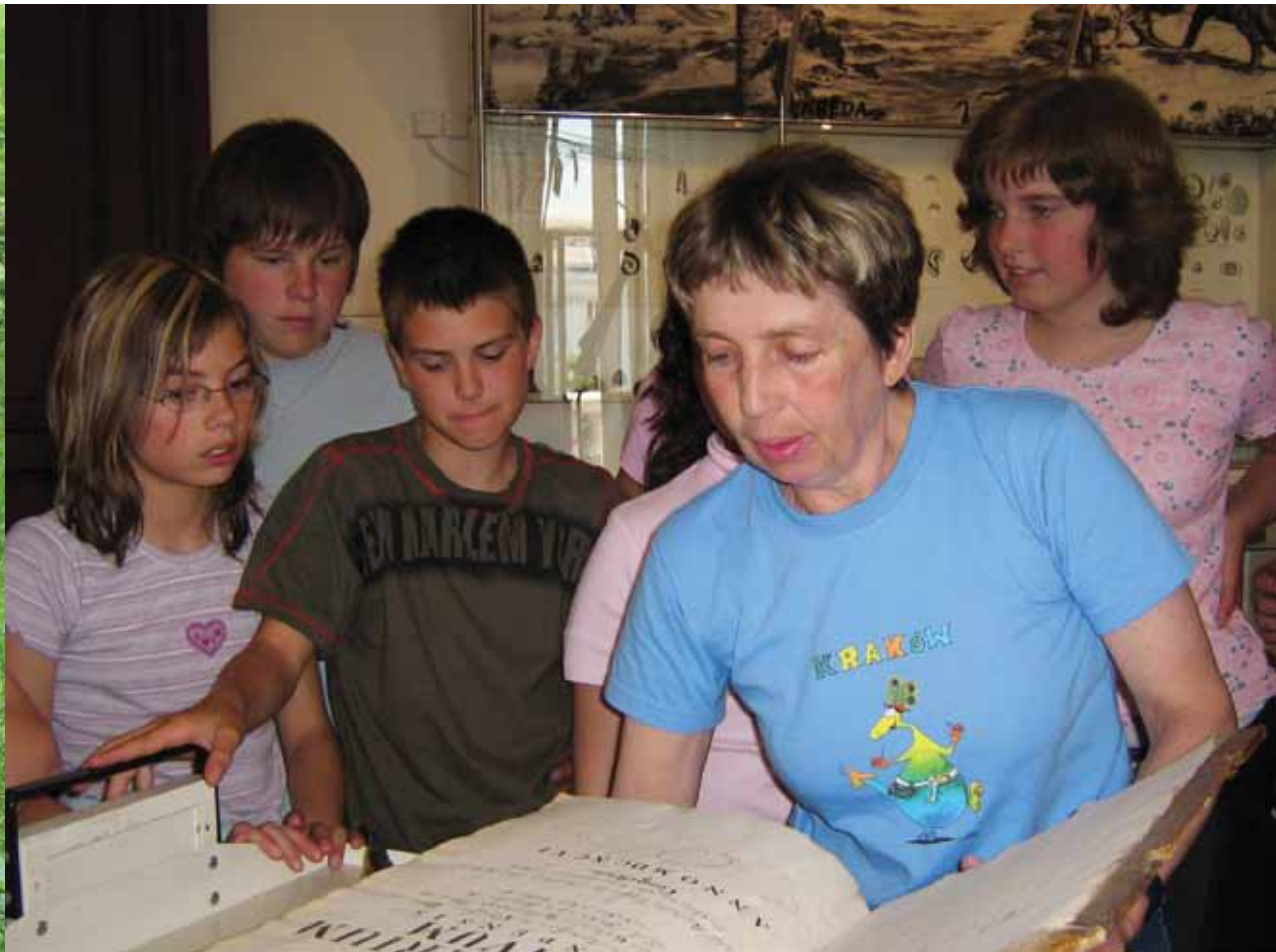


*palustris*) in še in še. Spustimo se v Reber in že smo nad Vipavsko ravnico. Tu nas čakajo bleda oboglavka (*Cephalaria leucantha*), slatinka (*Ceterach officinarum*), trikrpi javor (*Acer monspessulanum*) ... Spet drugič se odpravimo na Predmejo, na Čaven in Malo goro, Kucelj, na Veliki rob. Za peš hojo največkrat nimamo dovolj časa. Da se na teren lahko odpeljemo s šolskim kombijem, logistiko zelo poenostavi, saj se območje raziskovanja s tem zelo poveča. Z južnega roba Trnovskega gozda se podamo v gozd. Raziskujemo v Smrečju, na Mali Lazni, v Paradani, na Stanišu, v Smrekovi dragi ...

Ko šolska ura preide v naravoslovni dan, se počutimo že kot pravi botaniki.

Glavno vlogo v tej zgodbi imajo moji učenci. Naša šola, sicer popolna devetletka, je majhna. Ko sem začela učiti, smo imeli približno stodvajset učencev, potem se je število vztrajno manjšalo in se ustavilo tam nekje med šestdeset in sedemdeset. K sreči se je ustavila tudi bitka za njen obstoj, upam, da za zmeraj. Majhno število otrok pomeni, da se vsi zelo dobro poznamo. Zame še več. Učila sem v domačem kraju. Učila sem sorodnike, sosedove otroke, otroke prijateljev, sodelavcev, potem otroke mojih sošol-

*25. maja leta 2006 smo imeli naravoslovni dan. Šli smo v Ljubljano, v Prirodoslovni muzej. Imeli smo srečo, saj je bila naša vodička botaničarka in poznavalka zgodovine botanike na Slovenskem dr. Nada Praprotnik. Omogočila nam je vpogled v herbarijske pole z rastlinami, ki so bile nabrane v naših krajih, in nam pripovedovala o zgodovini botaničnega raziskovanja pri nas. Foto: Elvica Velikonja.*







*V botaničnem vrtu v Ljubljani so učenke in učenci z zanimanjem poslušali vodiča, ki nam je na gredici pokazal hladnikovko in poudaril, da raste v naravi samo pri nas. Videli in izvedeli smo kajpak še veliko drugih zanimivosti (pomlad leta 2006). Foto: Elvica Velikonja.*

cev, tudi moja sinova. Čez leta so prišli že otroci od otrok, ki sem jih učila. Le malo je manjkalo, da ne bi bil moj učenec tudi vnuk ene od mojih prvih učenk. Zdaj hodi v tretji razred.

Glede na majhno število učencev so bile tudi skupine pri interesnih dejavnostih majhne. To pa ni bila ovira, da ne bi botaničnih vedenj širila med ostale učence in ob različnih priložnostih zanje in tudi za učence drugih šol pripravljala botanične izlete in predavanja. Sploh pa je skoraj ni bilo dejav-

nosti zunaj učilnice, da ne bi bil zraven vsaj košček botanike.

Tisti, ki so hodili k botaničnemu krožku, so za ta majhne, tudi predšolske otroke, pripravljali botanične urice. Presenečala me je njihova izredna domiselnost, spretnost in samozavest pri delu z najmlajšimi. Ti so bili kajpak navdušeni nad nabiranjem plodov, ki jim rečemo lešniki in rastejo na grmu, ki mu je ime leska. In potem so slastna jedrca postala sestavni del čokolade. Tudi kakav in sladkor dobimo iz rastlin. Le da to, ko je

bila pred njimi čokolada, zanje ni bilo več pomembno.

Tudi že omenjeni dnevi dejavnosti so bili namenjeni vsem učencem. Ne morem si kaj, da ne bi posebej omenila naravoslovnega dne, ki sem ga poimenovala *Mrazišča Trnovskega gozda*. Že sredi osemdesetih let dvajsetega stoletja, komaj sem začela učiti, smo prvič odšli na to pot in jo z osmošolci,

kasneje devetošolci, ponovili blizu tridesetkrat. Bilo je v maju. Na Predmeji smo se zapeljali v gozd. Raziskovali smo na Mali Lazni, v Paradani in v Smrekovi dragi. Še nam ni bilo dovolj. S Škrbine smo se spustili na drugo stran in si v dolini Idrijce ogledali znamenite idrijske klavže. Po obveznem postanku pri Fežnarju v Beli in ko smo potrdili domnevo, da je kranjski jeglič



*Leta 2017 smo se z raziskovalno nalogo predstavili na festivalu Turizmu pomagaj lastna glava. Naslov naše naloge je bil, kaj pa drugega kot - Poti med rožami. Foto: Elvica Velikonja.*



*Še kdo dvomi, da je bila čokolada res slastna! Foto: Elvica Velikonja.*





*Zgoraj: Pomlad leto 2013. Stojimo na robu Smrekove drage in poslušamo Andreja, ki nam razlaga o rastlinskem obratu, rušju na dnu jame, islandskem lišaju, domovanju divjega petelina ... Andrej je postal gozdar. Foto: Elvica Velikonja.*

*Spodaj: Kranjski jeglič je res že odcvetel. Smo pa z zanimanjem poslušali Rebeke, ki nas je seznanila z zgodovino botaničnih raziskovanj na Idrijskem (maja leta 2011). Foto: Elvica Velikonja.*





*Uradni program botaničnega večera je bil mimo, ko so se pred fotoaparata postavili: (stojijo od leve) Franc Černigoj, Pavel Medvešček, Dario Cortese, Tone Wraber, Rafko Terpin, Jože Čar, Tanja Čuk, Igor Dakskobler, Branko Dolinar, Ivan Pepelnjak, (čepijo od leve) Nevenka Kosec, Anka Vončina, Jernej Peljhan, Florjan Poljšak, Marija Bavdež, Jože Bavcon, Jože Kosec, Tinka Gantar. Foto: arhiv Elvice Velikonja.*

(*Primula carniolica*) pri Divjem jezeru res že odcvetel (v Paradani in v Smrekovi dragi je bil takrat v najlepšem razcvetu), smo se odpeljali domov. Spomin na te dni je spomin na en lep del mojega poučevanja.

Sam krožek je potekal enkrat tedensko, v popoldanskem času. In prav vsakič, če nam je le vreme dopuščalo, smo šli ven, v naravo. Ni bilo vprašanje, kam naj gremo, izbrati smo morali med več odličnimi možnostmi. V delo smo vključevali tudi starše, stare starše, sosede učencev. Med drugim smo jih spraševali o domačih imenih rastlin. Raziskovalna naloga je »prerasla« meje naloge, zato je s pomočjo šole in društva *Gora* leta 2004 izšla kot knjižica z naslovom *Kako jim rečemo pri nas, prispevek k rastlinskemu imenstvu na Gori*. Predstavitev knjige je bila eden

od treh odmevnih botaničnih dogodkov na Gori.

Tri leta kasneje smo organizirali botanični večer. To je bil imeniten poklon botanični pestrosti naših krajev. V ospredje smo postavili hladnikovko (*Hladnikia pastinacifolia*). O botaničnih znamenitostih naših krajev nam je govoril prof. Tone Wraber, prostore šole je lepšala razstava slik rastlin akademskega slikarja Rafaela Terpina, klekljarice s Predmeje so na ogled postavile čipko hladnikovke.

Tretji botanični dogodek, je bila predstavitev moje knjige *Rastejo pri nas, rastline Trnovskega gozda* (2012). Vse dogodke so z domiselnimi nastopi predstavili tudi naši učenci.





*Joj, kako diši! - Spomladi leta 2021 sva z mojo najmlajšo učenko, vnukinjo Zalo, »botanizirali« na vzhodnem pobočju Čavna. Foto: Nejc Velikonja.*

*Že leta 2003 smo brežino pred šolo zasadili z navadnim brinom in rušjem. Grmčki rušja so postali pravi grmi, brinu pa rastišče ni ustrezalo. Foto: Elvoica Velikonja.*





*Leta 2018 smo okolico šole polepšali še z botaničnim vrtičkom. Vanj smo posadili rastline, ki rastejo pri nas.  
Foto: Elvica Velikonja.*

Ko sem prevzela mentorstvo botaničnega krožka na naši šoli, je bil moj namen učence opozoriti na veliko rastlinsko pestrost naših krajev. Hotela sem, da bi se zavedali, da živimo v botanično bogatem okolju, da bi rastline, ki so okrog in okrog nas, opazili, jih znali »poklicati« po imenih, predvsem pa da bi znali ceniti in varovati to naše bogastvo. In res, približala sem jim svet botanike in jih učila ceniti naše kraje tudi s tega pogleda. Niso pridobili samo oni. Vse dano so mi v veliki meri vračali. In tudi zato sta se botanični krožek in pouk matematike tako odlično dopolnjevala.

Da sem botanična znanja lahko podajala med svoje učence, so zaslužni tudi mnogi ljubiteljski botaniki, s katerimi smo hodili na prava botanična raziskovanja. Tisti, s katerimi sem se na teh poteh srečala prvič, ni-

so spraševali. Preprosto so sklepali, da učim biologijo in se čudili. Matematiko? Pa bi se, če bi bila ponovno pred odločitvijo, zdaj odločila za biologijo, jih je zanimalo. Ne, spet bi bila učiteljica matematike. In imela bi botanični krožek. Saj je bilo hoditi po tej poti, z matematiko in botaniko ob sebi, preprosto rečeno, lepo.

# Novo odkritje fosilnih rovov alpskega svizca v Podhому pri Bledu in pregled dosedanjih najdb

*Pavel Jamnik, Matija Križnar*

Spomladi leta 2022 je bil na območju Gabrce v Podhому pri Bledu narejen delni izkop za novogradnjo. Izkop so vkopali v dokaj strmo pobočje pleistocenske terase na nadmorski višini 571 metrov. Terasa, ki se izravna na višini 608 metrov, je ostanek pleistocenskih nasipov, ki so se odlagali v pozni ledeni dobi, v obdobju würma. V tem času je tukaj z zahoda od Bohinja proti Bledu drsel Bohinjski ledenik, katerega krak je segal tudi proti Gorjam. Območje vko-

pa za novogradnjo leži skoraj v dnu danes suhe odtočne struge, ki je bila verjetno ena izmed smeri odtoka vode ob umikanju ledenika konec zadnje poledenitve. Ledeniška voda je ob odtoku vrezala strugo oziroma manjšo sotesko med starejšo izravnavo na na nadmorski višini 608 metrov in skalnim osamelcem Radolco (521 metrov nadmorske višine), ki je bil v neki starejši fazi akumulacije v celoti prekrit z nanosi (glej lidarski posnetek). Na starejša zasipanja in sedimen-

*Bližnji posnetek ohranjenega rova ledenodobnega alpskega svizca, ki je bil izkopen delno v prodnati, delno v pešteni podlagi. Premer luknje je približno petnajst centimetrov. Foto: Matija Križnar.*





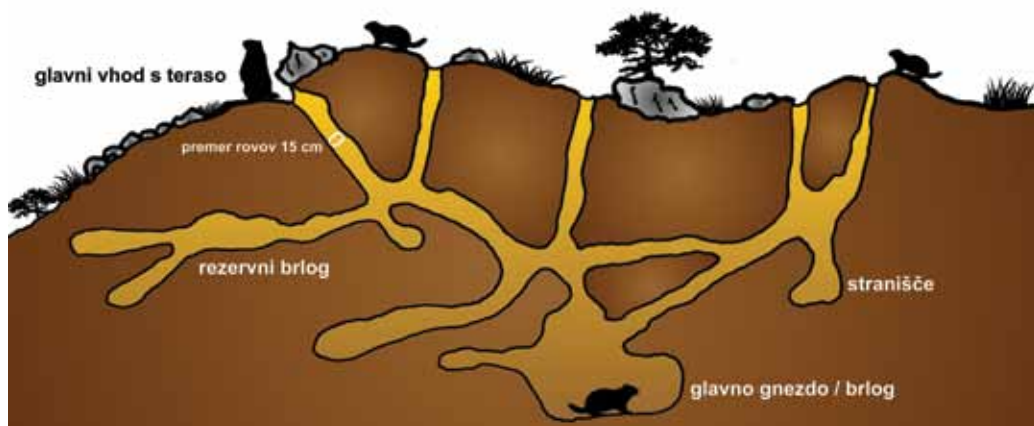


Pogled na izkop v pobočje terase na območju Gabrce pri Podhomu: a – ohranjeni del svižčevega rova, b – gnezda oziroma razširitve rogovov. Foto: Pavel Jamnik.

tacijo ob občasnih zaporah odtokov in posledičnih ojezeritvah predela Gabrce danes spominjata le še močvirnati predel nekaj sto metrov jugovzhodno od najdišča rogov in lepo vidna plastovitost prečnega prereza vkopa, v katerem se izmenjujejo plasti različno zrnatih klastičnih sedimentov (peskov), odloženih v mirni ali stoječi vodi, s plastmi različno debelih prodnikov. Sredi teh plasti smo med prehodom glinene plasti v prodno plast opazili skoraj pravilno okroglo luknjo.

Po natančnem pregledu odkrite luknje rova - ta sega v pobočje še vsaj en meter, nato pa spremeni smer - smo na podlagi podobnih odkritij (Cimerman, 1966; Pavšič, 2005; Križnar, 2008) posumili, da so luknje fosilni rovi alpskega svizca (*Marmota marmota*), ki so se do danes ohranili v sedimentih iz zadnje ledene dobe. Poleg rova smo na dveh mestih v plastovite sedimente glin, peskov in proda opazili izkopani lepo zaokroženi kotanji, zasuti s prstjo (humusom). Skoraj

Shematski prikaz svižčevih bivališč (v prerezu) s sistemom rogovov in bivalnih prostorov. Povzeto po: Vidic, 1994.





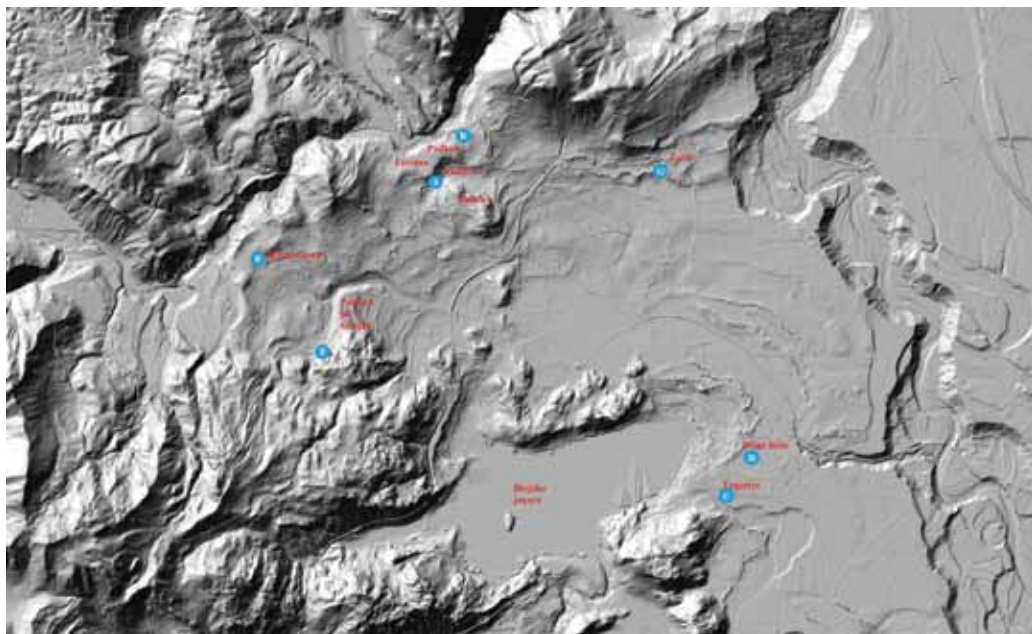
*V Prirodoslovnem muzeju Slovenije shranjeni kostni ostanki svizcev z najdišča v Podhomu pri Bledu. Dolžina lobanje (desno spodaj) je 85 milimetrov. Foto: Matija Križnar.*

zagotovo lahko na podlagi velikosti teh kotanj prepoznamo gnezda oziroma ležišča. Nekoliko manj verjetno je, da so to razširjena stičišča rovov, ki so del razvejenega sistema bivališča svizcev ali celo stranišča.

Razširjena vkopa sta za razliko od ostanka rova (glej sliko najdišča, označena sta z b) zapolnjena z humusom, kar pomeni, da sta bila v času, ko so bili rovi še delujoči, lahko v neposrednem stiku s površjem. Morda sta bila lahko tudi tako imenovana zakloniščna rova, saj se nahajata povsem blizu nekdanjega površja, strmega pobočja terase, za razliko od okroglega rova, ki ga je strojni vkop za novogradnjo razkril skoraj deset metrov globoko v pobočju terase.

Na žalost pa je prav strojni vkop verjetno preprečil, da bi ob izvajanju del morda našli tudi fosilne skeletne ostanke svizcev. Zaradi objektivnih okoliščin je bil izkop opravljen le delno, zato upamo, da bo ob morebitnem nadaljevanju del mogoče spremljati izkopavanje in morda najti tudi kakšen svižčev kostni ostanek. Novo najdišče bivališč ledenodobnega alpskega svizca na tem območju je pomembno predvsem zato, ker je v okolici znanih že šest najdišč fosilnih svižčevih kostnih ostankov.

Že leta 1930 so v Podhomu ob kopanju v pobočje na nasprotni, severovzhodni Vintgarski strani iste terase ob znameniti, le 480 metrov zračne črte oddaljeni Belarjevi vili



*Lidarski posnetek okolice Bleda z označenimi najdišči svizčevih ostankov, opisanimi v besedilu. Vir: [www.gis.arso.gov.si/atlasokolja](http://www.gis.arso.gov.si/atlasokolja).*

našli večje število kostnih ostankov svizca. Kosti je našel oziroma prepoznal kot paleontološko gradivo Rajko Gradnik, šolski upravitelj z Bleda. Najdbe je prevzel dr. Fran Šuklje, takratni direktor geološkega zavoda v Beogradu, in jih odnesel v Beograd. Leta 1934 jih je paleontolog Ivan Rakovec od Šukljeta pridobil nazaj v Slovenijo in jih strokovno obdelal. V svoji objavi navaja, da so jih našli delavci v plasti peska in mivke, kosti pa so bile še v rovih, »ki so jih izdelali bržkone svizci sami«. Rakovec je iz Podhoma raziskal štiri lobanje, pet spodnjih čeljustnic, dva glodača iz zgornje čeljustnice, sedem vretenc, eno križnico, štiri kolčnice, pet fragmentov reber, štiri nadlahtnice, dve podlahtnici, eno koželjnico, tri stegenice, eno mečnico, pet piščali, eno petnico in dve dlančni kosti. Presodil je, da ostanki pripadajo najmanj petim osebkom dveh starostnih generacij (Rakovec, 1935: 245–292). Do danes so se ohranili skoraj vsi ti kostni ostanki, ki jih hrani Prirodoslovni muzej

Slovenije. Ivan Rakovec je v objavi analiziral razliko med alpskim svizcem (*Marmota marmota*) in stepskim svizcem ali bobakom (*Marmota bobak*) in za podhomske najdbe ugotovil, da nedvomno pripadajo alpskemu svizcu.

Leta 1933 so delavci ob izdelavi kleti v takratni Ulčarjevi vili v Zagoricah pri Bledu v plasteh peska in proda dva do tri metre globoko pod površjem naleteli na kostne ostankе svizcev. Nekaj kosti so zadržali in jih je dobil v obdelavo Ivan Rakovec, nekaj pa so jih zakopali nazaj. Ohranile so se lobanja, dve spodnji čeljustnici, po ena nadlahtnica in lopatica (Rakovec, 1935: 249; Rakovec, 1949: 161).

Tudi za najdbe iz Zagorice Rakovec ugotavlja, da so bile odkrite na mestu, kjer so svizci kopali svoja bivališča, in niso bile na mestu najdbe naplavljenе. Ohranjene kosti pripadajo enemu osebkku ter nedvomno pripadajo alpskemu svizcu in ne bobaku (Rakovec, 1935: 268, 262).





*Lobanji ledenodobnih alpskih svizcev z najdišča Dolgo Brdo pri Bledu. Dolžina zgornje lobanje je 83 milimetrov. Zbirka Prirodoslovnega muzeja Slovenije. Foto: Matija Križnar.*

Naslednje najdišče kostnih ostankov svizca se je pojavilo leta 1958 ob izvedbi izkopa na območju Dolgega Brda ob objektu takratne Gozdne uprave na Bledu. Ob izkopu je bilo uničenih več rogov z brlogi oziroma ležišč ter večina kosti. Takrat so uspeli ohraniti le dve celi in eno odlomljeno in poškodovano lobanjo, pet spodnjih čeljustnic, tri nadlahtnice ter še nekaj drugih kosti. Pripadale naj bi štirim osebkom oziroma dvema odraslima in dvema mladičema. Ležišče s kostmi je bilo dva metra in pol pod površjem v plasteh prod, peska in glin, nad katerimi sta bila odložena morena in humus (Rakovec, 1961: 353, 355).

V Rakovčevem pregledu razvoja kvartarne sesalske favne so kot najdišče kostnih ostankov alpskega svizca navedene tudi Zgornje Gorje. Razen pogojne umestitve v čas »pozne glacialne poledenitve« (Rakovec, 1973: 242, 253) se o najdišču ni ohranil noben podatek, prav tako ne natančno mesto najdb oziroma kje so te shranjene.

V letih od 1965 do 1968 je bilo ob vasi Poljšica pri Gorjah pod markantnim skalnim previsom, imenovanim Poljšiška oziroma Poglejska cerkev, izvedeno arheološko izkopavanje.

Previs je le 1,4 kilometra zračne črte oddaljen od novo odkritih rogov na Gabrci. Pod



*Pogled na skalni previs Poljšiška ali Poglejska cerkev, kjer so odkopali več ostankov alpskih svizcev. Foto: Matija Križnar.*

previsom je bilo odkrito arheološko (kamenodobno) in paleontološko najdišče, ki je časovno umeščeno v čas ob zaključevanju zadnje ledene dobe in pripada gravettianski kamenodobni kulturi (Brodar, 1995: 16). Kulturna plast je bila odkrita ob zadnji steni previsa, v plasti, ki je bila odložena nad nižje ležečo moreno. Poleg redkih kostnih ostankov hrčka, bobra, volka, divje svinje, severnega jelena, orjaškega jelena, gamsa, kozoroga in bizona je bilo odkritih največ ostankov alpskega svizca. Skupno je bilo izkopanih šestinosemdeset določljivih kostnih ostankov, ki pripadajo najmanj enajstim osebkom različnih starosti (Pohar, 1991: 320).

Zadnje najdišče, v katerem so ohranjeni fosilni kostni ostanki alpskega svizca, je v Zasipu pri Bledu. Žal o natančnem mestu in okoliščinah odkritja ni natančnejših podatkov. V Prirodoslovnem muzeju Slovenije

sta pod inventarno številko 1700 shranjeni lobanja in spodnja čeljustnica.

Najdbi je priložen listek s pripisom »24. 6. 1986, alpski svizec Zasip pri Bledu (najdena so bila tri okostja, vendar so zakopana in zabetonirana na prvotnem mestu)«. Ker je vas Zasip umeščena pod pobočje Homa, pod vasjo pa si sledi več terasastih izravnjav, ki so vse nastale kot posledica odtoka ob umiku zadnjega ledenika, skoraj ne more biti dvoma, da so najdeni svižčevi ostanki podobne starosti kot pred tem opisani. To potrjujeta tudi videz in stopnja fosilnosti ohranjene lobanje in čeljusti.

### **Časovna umestitev svižčevih ostankov in sledi blejske okolice**

Plasti mivke, peskov in prodov, v katerih so bili v Podhomu in Zagoricah pri Bledu najdeni svižčevi rovi in kosti, je Rakovec na podlagi takratnega razumevanja kronologije

*Edina ohranjena ostanka alpskega svizca z najdišča Zasip pri Bledu. Dolžina zgornje lobanje je 92 milimetrov. Zbirka Prirodoslovnega muzeja Slovenije. Foto: Matija Križnar.*



zadnje ledene dobe časovno umestil na prehod iz toplega obdobja (interglaciala) riss-würm, torej v zadnjo würmsko ledeno dobo in predvsem v začetek würmske poledenitve. Ker časovno umestitev izpelje zgolj iz prepričanja, da mivke in peski sodijo že v medledeno dobo in v začetek würma, saj ležijo pod moreno, morena pa naj bi bila odložena ob zadnji würmski poledenitvi, o starosti najdenih kosti zapiše: »V našem slučaju bi se potemtakem nahajalo izhodišče rovov približno na meji med interglacialnimi plastmi in würmsko talno moreno.« (Rakovec, 1935: 245–292.) Na podlagi današnjega razumevanja razvoja zadnje poledenitve z več vmesnimi občutno hladnejšimi (stadiali) in toplejšimi obdobji (interstadiali), ki so vsaka posebej »zapustila« sledi v obliki sedimentacije in/ali erozije na tem območju, je jasno, da plasti peskov in mivk pod zadnjo odloženo moreno ne morejo biti toliko stare, kot je predvideval Rakovec. Večina razgaljenih plasti tako na novem najdišču rovov v Gabrcih kot plasti, ki jih je opisoval Rakovec ob Belarjevi vili, lahko pripadajo le zadnji würmski ledeni dobi. Podobno je z vrhnjimi plastmi glin, peskov in lečami proda v okolici Zagorice pri Bledu, v katerih so našli svizčeve kosti. Rakovec je leta 1935 nekoliko poenostavljeno predvideval, da mesto odkritja ostankov svizčevih rovov v glinenih in prodnatih plasteh avtomatično pomeni, da so rovi nastali hkrati z odložitvijo teh plasti (Rakovec, 1935: 268). Danes razumemo, da so te plasti morale biti že dolgo odložene in utrjene, le tako so svizci v njih sploh lahko izdelovali sisteme rovov. Na podlagi anatomskih lastnosti odkritih kosti, ki jih je Rakovec opazil na podhonskih svizcih, jih je leta 1949 opredelil kot geološko najstarejše odkrite svizčeve ostanke v Sloveniji in jih pripisal celo prvotni vrsti *Marmota primigenia* (Rakovec, 1949: 161). V kasnejših objavah posredno tudi podhomske ostanke ne umešča več med najstarejše, saj zapiše: »Kolikor je doslej znano, se pojavijo svizci na naših tleh v riško-würmskem interglacialu. Iz te dobe jih

poznamo za sedaj samo iz Betalovega spodmola [...]. Najdbe iz ostalih najdišč spadajo v würmsko dobo in deloma že v postglacial.« (Rakovec, 1961: 360.) V pregledu najdišč »kvartarne sesalske favne« pa za najdbe kostnih ostankov alpskega svizca, med katere umešča tudi najdbe iz Podhoma, Zagorice in Zgornjih Gorij, zapiše: »Alpski svizci so se šele v mlajši würmski glacialni dobi tako razmnožili, da so prevladali nad vsemi vrstami takratne sesalske favne in se obdržali do konca pleistocenske dobe, če ne še nekoliko dalj.« (Rakovec, 1973: 252.) Kostne ostanke iz vseh treh najdišč tako pogojno umesti v čas »pozne glacialne dobe« (Rakovec 1973: 251–253). Starost kostnih ostankov z Dolgega Brda pri Bledu je Rakovec poskušal ugotavljati na podlagi mesta brloga v sedimentacijskem sosledju. Zapiše: »Globina brloga na Dolgem Brdu govori slej ko prej za to, da so morali svizci izkopati svoje rove v morenski material, [...]. Ko so tega predrli, so naleteli na manj odporen material, v katerem so izdelali svoj brlog. Svizčevi ostanke z Dolgega Brda izvirajo potemtakem iz zadnjega (würmskega) glaciala. Glede na to, da se je moral ledenik umakniti z blejskega kota vsaj za toliko, da so imeli svizci dostop do tamkajšnjih moren [...], moremo reči, da izvirajo okostja svizcev z Dolgega Brda šele iz časa stadijev umika.« (Rakovec, 1961: 359.) Kasneje v pregledu razvoja »kvartarne sesalske favne« kostne ostanke z Dolgega Brda umesti v »würm ali pozno glacialno dobo« (Rakovec, 1973: 247). Prvotne Rakovčeve teze, da bi bili kostni ostanke iz Podhoma, Zagorice in Dolgega Brda lahko celo iz časa med zadnjo in predzadnjo poledenitvijo, torej iz medledene dobe riss-würm, je seveda treba presojati v kontekstu časa, ko so bile zapisane. Zato je tudi sam v zadnjih omembah teh najdišč časovno umestitev premaknil v čas »pozne glacialne dobe«, kar danes razumemo kot čas zadnje pleistocenske poledenitve.

Glede časovne umestitve svizčevih ostankov na območju Podhoma je nova spoznanja prineslo arheološko izkopavanje v skalnem



previsu Poljšiška ali Poglejska cerkev. Vida Pohar, ki je obdelala favno, zapiše: »Ker leži grušč s kulturno plastjo na moreni, lahko mirno trdimo, da so prebivali svizci, gamsi, kozorogi in druge živali v okolici previsa že po umiku zadnjega ledenika. Vendar je bilo podnebje toliko hladno, da se visokogorski zastopniki še niso umaknili v gore. Tudi aridno je moralo biti, kar dokazuje prisotnost hrčka, stepskega bizona in orjaškega jelena. [...] Izsledki dosedanjih paleontoloških raziskav mezolitskih najdišč [...] kažejo, da alpskega svizca v zgodnjem holocenu vsaj v nižinskih predelih Slovenije ni bilo več. Ker tudi med holocensko favno visokogorskih najdišč Potočke zijalke in Mokriške jame ni zastopan, domnevam, da je konec pleistocena izumrl. [...] Na podlagi vsega povedanega lahko favno iz Poljšiške cerkve uvrstimo v konec poznega glaciala ali natančneje v umikalno fazo hladnega sunka mlašega dryasa.« (Pohar, 1991: 330.) Če poskušamo opisno umestitev Vide Pohar prevesti še v časovni okvir, bi to okvirno pomenilo obdobje od približno 12.600 let do 11.700 let pred sedanjostjo. Na podlagi pelodnih analiz, opravljenih v okolici Blejskega jezera, se je razkrilo, da je na tem območju v zadnjem poledenitvenem sunku zadnje ledene dobe, okoli 14.300 let pred sedanjostjo, že zaznati pojav bora in breze. Okoli 13.800 let pred sedanjostjo se znatno povečata prisotnost peloda lipe, hrasta in bresta ter prisotnost breze in smreke, kar kaže na podnebno otoplitev. Z bližanjem mlajšega dryasa (od 12.600 do 11.700 let pred sedanjostjo) pa prisotnost peloda dreves upade in se pojavijo zelišča, kar ponovno kaže na hladnejšo in bolj suho podnebje (Andrič, 2011: 235). Pelodne analize torej pritrjujejo ocenam Vide Pahor, ki je najdišče s svizci iz Poljšiške cerkve na podlagi analize živalskih ostankov umestila v čas pojenjavanja hladnega obdobja mlajšega dryasa, in Brodarja, ki je najdišče na podlagi arheoloških najdb umestil v isti čas (Brodar, 1995).

Vseh sedem najdišč ostankov kostnih ostankov ali sledi njegovih bivališč (ro-

vi) na obravnavanem območju lahko glede na medsebojno bližino in enake prostorske okoliščine, ki jih kažejo mesta odkritij, pripišemo podobnemu časovnemu obdobju. Na temelju številčnosti ostankov svizca na najdišču Poljšiška cerkev in odkritja sledi kamenih orodij in drugih sledi ledenodobnih lovcev tudi na območju Fortune, Zasipa in Podhoma (Jamnik, 2018) morda lahko domnevamo, da so bili svizci pomemben člen v prehranjevalni verigi takratnih ljudi. Glede na številčnost odkritih svižčevih ostankov na obravnavanem območju je mogoče domnevati, da je bila populacija svizcev v času tik pred koncem pleistocena (ledene dobe) na območju in v okolici Bleda zelo številčna. Koliko je na njeno izumrtje in umik svizcev, poleg podnebnih sprememb, prispeval tudi lov kamenodobnih ljudi, pa na podlagi podatkov, ki jih imamo, kljub vsemu ni mogoče zanesljivo presojati. Domnevamo pa, da je imel na zmanjševanje in dokončno izginotje alpskega svizca delno vpliv tudi lov kamenodobnih ljudi.

#### Literatura:

- Andrič, M., 2011: *Poznoglacialna vegetacija v okolici Blejskega jezera in Gribelj (Bela krajina): primerjava v zadnjem stadialu poledenele in nepoledenele pokrajine*. V: Toškan, B. (ur.): *Drobcji ledenodobnega okolja*. Ljubljana: Inštitut za arheologijo ZRC SAZU, 235-250.
- Brodar, M., 1995: *Končni paleolitik iz Poljšiške cerkve pri Poljšici*. *Arheološki vestnik*, 46: 9-24.
- Cimerman, F., 1966: *Najdba svižčevih ostankov pri Črnem Vrhu nad Polhovim Gradcem*. *Proteus*, 29: 58-59.
- Jamnik, P., 2018: *Najdbe kamenih orodij – skromnih sledi najstarejših prebivalcev Bleda in okolice*. *Razgledi muzejskega društva Bled*, 10: 43-48.
- Križnar, M., 2008: *Najdbe rogov pleistocenskih svizcev v Škofjeloškem in Polhograjskem hribovju*. *Loški razgledi*, 55 (1): 13-20.
- Pavšič, J., 2005: *Ostanki svižčevih rogov*. *Gea*, 15 (1): 45-46.
- Pohar, V., 1991: *Poznowürmska sesalska favna iz Poljšiške cerkve*. *Razprave IV. razreda SAZU, XXXII*: 316-337.
- Rakovec, I., 1935: *Diluvialni svizci južnovzhodnih Alp*. *Prirodoslovne razprave*, 2 (5): 245-292.
- Rakovec, I., 1961: *O novih svižčevih ostankih iz Slovenije*. *Razprave IV. razreda SAZU*, 6: 353-365.



Rakovec, I., 1973: *Razvoj kvartarne sesalske favne v Sloveniji. Arheološki vestnik*, 24: 225–270.

Šuklje, F., 1933: *Iz prošlosti sisara. Priroda (Popularni časopis Hrvatskog prirodoslovnog društva)*, 23 (6): 177–181.

Vidic, J., 1994: *Alpski svizec (Marmota marmota L. 1758) v Triglavskem narodnem parku in drugod po Sloveniji. Razprave in raziskave, Triglavski narodni park TNP*, 3: 21–23.

### Slovarček:

**Dryas.** Zadnja tri (starejše, srednje in mlajše) najhladnejša ledenodobna obdobja pred holocenom.

**Glacial.** Hladne dobe (v vseh geoloških obdobjih), v našem primeru pleistocenu.

**Interglacial.** Tople, medledene dobe (obdobja med poledenitvami, glaciali).

**Riss.** Riška hladna doba, trajanje od 347.000 do 128.000 let pred sedanostjo, predzadnje obdobje po razvrstitvi za Alpe.

**Würm.** Würmska hladna doba, trajanje od 115.000 do 11.700 let pred sedanostjo, zadnje obdobje po razvrstitvi za Alpe.

Pogovor s Stanetom Peterlinom – začetnikom poklicnega naravovarstva v Sloveniji • Pogovori

## Pogovor s Stanetom Peterlinom - začetnikom poklicnega naravovarstva v Sloveniji

Jana Vidic

Stane Peterlin, univ. dipl. biolog, je leta 1961 v Referatu za varstvo prirode pri Zavodu za spomeniško varstvo Ljudske republike Slovenije kot po vrsti tretji poklicni naravovarstvenik začel svojo službeno pot. Zaključil jo je z upokojitvijo leta 2000 na Ministrstvu za okolje in prostor kot svetovalec vlade za področje ohranjanja narave. Je začetnik in snovalec doktrine poklicnega naravovarstvenega dela, naslednik botaničarke in naravovarstvenice dr. Angele Piškerin, most med preteklo in sedanjo generacijo poklicnih naravovarstvenikov. Rodil se je pred 85 leti (13. 12. 1937). Bil je tudi urednik zbornika *Varstvo narave* (v letih od 1963 do 1991) in revije *Proteus* (v letih od 1995 do 2002) ter dejaven član Prirodoslovnega društva Slovenije.

**Spoštovani Stane, okolje in danosti v mladosti nas običajno močno zaznamujejo; ne da bi se zavedali, nam utirijo življenje in**

**odkažejo smer. Tebi so jo močno v bližino narave, najprej kot študentu biologije in nato kot poklicnemu naravovarstveniku. Kako se spominjaš svoje mladosti? Kje in kako si jo preživel?**

Zrastel sem na vasi Velike Poljane pri Ortnoku, za kar sem usodi neskončno hvaležen. Dano mi je bilo spoznati kmečko življenje, biti del vaške skupnosti, biti tesno povezan z naravo, z rastjo in zorenjem pridelkov, neposredno zaznavati menjavanje letnih časov ... Na bližnji Mali Gori, kjer so bile enkrat letno košene senožeti, sem se srečeval z orhidejami, za mene takrat skrivnostno majnico, mravlinjimi volkci, modrasom, ki je več let živel na istem mestu, vevericami, srnami, divjimi prašiči, zajci in sledovi vseh teh živali. Tam sem prvič prav od blizu srečal tudi medveda, volka, še danes vidim pred očmi njegov košat rep, ko je skočil tik pred naju s stricem, ko sva šla v gozd po drva, pa jazbeca, ki je tik pred



*Stane in Marjana Peterlin leta 2016 na Jezerskem pri rastišču lepega čeveljca (Cypripedium calceolus).*

*Foto: Jana Vidic.*

menoj zagodel in zbežal s svojo potresajočo se postavo. Posebno doživetje za nas otroke je bil večerni vzpon na hrib Grmado (864 metrov) v Mali Gori, od koder smo v daljavi občudovali luči Ljubljane, ob lepih in jasnih dnevih pa na obzorju Kamniške Alpe, ki so nas vabile in nam budile hrepenenje po gorah in novih doživetjih. Osnovno šolo sem obiskoval na Velikih Poljanah, nižjo gimnazijo v Ribnici, višjo gimnazijo pa v Kočevju, kamor sem se vozil z vlakom. V višji gimnaziji sem se vključil med tabornike in kot tabornik sodeloval v Gorski straži. V tej vlogi sem prvič zaznal namen in poslanstvo varstva narave.

**Tvoj študij biologije je potekal v letih od 1956 do 1961. Kaj bi izpostavil kot posebno dragocenost iz tistega življenjskega obdobja?**

Študij biologije na Biotehniški fakulteti v

Ljubljani imam v lepem spominu. Bili smo majhna študijska generacija, bilo je nas le 17, študij nas je končalo manj kot 10. V času študija sem prejemal štipendijo kočevskega okraja z obveznostjo, da po koncu študija poučujem biologijo ali naravoslovje v šoli, česar sem se zelo veselil. Nato pa so se dogodile spremembe. Ob koncu študija so bili okraji ukinjeni, s tem tudi moja pogodba o štipendiranju in posredno obveznost poučevanja v šoli. V tem času, ko sem za pol leta podaljšal absolventski staž, sem bil primoran opravljati razna dela, da sem lahko preživel.

**Po končanem študiju te je pot zanesla v poklicno naravovarstvo? Kako se spominjaš začetkov?**

Moj študijski kolega Boštjan Kiauta je že med študijem občasno pomagal dr. Angeli Piskernik, referentki za varstvo narave pri

Zavodu za spomeniško varstvo Ljudske republike Slovenije. Ko je izvedel, da iščem službo, mi je svetoval, naj se oglasim pri njej, ker je sam imel druge načrte. Res sem se oglasil pri njej in dr. Angela Piskernik, botaničarka, prva doktorica znanosti, velika osebnost, me je prijazno sprejela. Posebej jo je zanimalo moje delovanje pri Gorski straži. Takoj mi je ponudila dvourno, malo kasneje pa štiriurno delo na dan. Opravljal sem razna tehnična dela in urejal arhive s predlogi za zavarovanje. Očitno sem jo z

izdelki prepričal, saj mi je delo podaljšala in mi obenem povedala, da se želi upokojiti. Pri vodstvu Zavoda me je priporočila za svojega naslednika, vendar s pogojem, da zaključim študij. Res sem novembra leta 1961 diplomiral in s prvim decembrom istega leta nastopil službo poklicnega naravovarstvenika v Referatu za varstvo narave pri Zavodu Ljudske republike Slovenije za spomeniško varstvo s polnim delovnim časom. Ostala mi je še vojaščina, ki sem jo nastopil marca leta 1962. Ko sem se po letu dni vrnil,

me je čakala redna služba. Žal pa ni bilo denarja za dve osebi in tako je dr. Angela Piskernik morala zapustiti službo, še preden me je prav uvedla v delo. Vendar sva ostala v tesnih stikih še naprej. Nanjo me vežejo lepi spomini, bila je velika osebnost in zelo cenim vse njeno delo.

Takratno poznavanje narave je temeljilo na zbranih in objavljenih podatkih o prirodnih oziroma naravnih znamenitostih, zlasti iz prispevka *Naravni spomeniki Kranjske*, ki ga je objavil botanik Alfonz Paulin leta 1905, iz turističnih vodnikov, ki jih je v letih od 1913 do 1924 napisal potopisec in



*Angela Piskernik in Stane Peterlin na Zavodu za spomeniško varstvo Ljudske republike Slovenije leta 1961. Foto: Tone Wraber.*

organizator planinstva Rudolf Badjura, ter iz prispevka *Domovinski prirodni spomeniki*, ki ga je v letu 1944 objavil gozdarski inženir Anton Šivic. Na podlagi teh objav sva z dr. Angelo Piskernikom pripravila enoten pregled naravnih znamenitosti in ga objavila leta 1962 v prvi številki zbornika *Varstvo narave* pod naslovom *Pregled zaščitene in zaščite vrednih naravnih objektov Slovenije*. Leta 1961 je bil sprejet *Odlok o razglasitvi Doline sedmerih jezer za narodni park*. Z dr. Piskernikovo sva začela organizirano zbirati strokovno gradivo za razširitev parka. Vsega gradiva je bilo veliko in dr. Piskernikova je dosegla ustanovitev samostojnega zbornika za varstvo narave, ker so bili članki o varstvu narave prej objavljani v zborniku *Varstvo spomenikov*. Tako je izšla prva številka samostojnega naravovarstvenega zbornika leta 1962.

Prva leta sem v službi varstva narave na republiškem zavodu deloval sam, v naslednjih letih pa so se mi pridruževali novi sodelavci, nekateri le začasno, drugi za nedoločen čas. Do leta 1980 so bili to Rok Golob, Milan Natek, Janez Gregori, Milan Orožen Adamič, Marjan Ravbar (vsi le za kratek čas), Franc Vardjan, Rado Smerdu (vse do njegove prezgodnje smrti v soteski Predaslja leta 1984), Peter Skoberne, Baldomir Svetličič, Matjaž Puc. Kasneje, po letu 1980, so nastajali tudi regionalni zavodi za spomeniško varstvo in v njihovem okrilju tudi sodelavci za varstvo narave.

### **Kakšen je bil v začetnem času tvojega službovanja odnos družbe do narave? Je bilo varstvo narave družbeno sprejeta dejavnost?**

Dr. Angela Piskernik me je poleg dela na Zavodu želela vključiti tudi v odbor Prirodoslovnega društva Slovenije, kjer je tudi sama delovala. Na društvu sem bil lepo sprejet, sam pa sem hitro dojel, da službeno delo lahko dobro povezujem z društvenim. Že kmalu po začetku službovanja me je doletela prva velika »naravovarstvena pre-

izkušnja«, povezana z nameravano gradnjo hidroelektrarne na reki Soči pri Trnovem, z velikim jezom v Bovški kotlini. Sočo naj bi zajezili v zoženi dolini med vznožjem Kanina in Polovnika z osemdeset metrov visokim nasipom. Za njim naj bi nastal devet kilometrov dolg in do en kilometer širok vodni zbiralnik z okrog dvajsetmetrskim nihanjem vodne gladine. Tako bi bil velik del doline Soče in del Koritnice pod vodo, v celoti tudi vas Čezsoča. Potrebna so bila velika prizadevanja, prepričevanja, utemeljevanja, soočanja, da se to ni zgodilo in da je reka Soča v tem delu ostala ohranjena. Pri tem je k našim službenim prizadevanjem zelo veliko pripomogel med drugimi dr. Maks Wraber, botanik, fitocenolog in pedagog, ki je bil kot zagovornik ohranitve doline Soče dejaven že pred tem. Sodeloval pa je tudi pri Prirodoslovnem društvu Slovenije. Javnost je burno protestirala in projekt je bil zavržen.

V tem času je predsedovanje Prirodoslovnega društva prevzel dr. Miroslav Kališnik, ki je bil varstvu narave zelo naklonjen. Skupaj sva zasnovala idejo za širšo popularizacijo varstva narave in tako smo pri društvu leta 1967 organizirali *Teden varstva narave* (program smo objavili v 9.-10. številki lanskega letnika), ki je lepo uspel. Dr. Kališnik, ki je bil zelo uspešen organizator, je dal pobudo, da bi zbrano gradivo objavili v brošuri. Za urednika sem bil izbran jaz. Ko smo zbrali prispevke, smo ugotovili, da je gradiva za celo knjigo. Tako je nastala *Zelena knjiga o ogroženosti okolja v Sloveniji*, pregledno poročilo o stanju okolja v Sloveniji, ki jo je društvo posvetilo slovenski javnosti in so jo odnesli na Konferenco Združenih narodov o človekovem okolju v Stockholmu leta 1972. Ena od vidnih pobud pri društvu je bila ureditev *Muzeja v naravi* pri Divjem jezeru v Idriji, ki smo ga lahko povezovali tudi z naravovarstveno službo pri Zavodu. Iskali in našli smo podporo pri idrijskem muzeju, ki ga je vodil Jurij Bavdaž, in tudi pri idrijski gozdarski službi. Jeseni leta 1972 je





*Divje jezero pri Idriji, leta 1972 opremljeno kot Muzej v naravi. Foto: Stane Peterlin.*

bil razglašen kot *Muzej v naravi*. Društvo in Zavod za varstvo narave sta tudi tu delovala z roko v roki. Prvič smo za panoje uporabili melapan plošče, ki so bile odporne proti vremenskim vplivom.

**Omenil si, da si svoje naravovarstveno delo izvajal tudi pri akcijah v okviru Prirodoslovnega društva Slovenije. Kaj je še zajemalo tvoje delo pri društvu?**

Ker me je pedagoško delo veselilo že iz gimnazijskih let, saj sem bil že kot gimnazijec tabornik in član gorske straže, sem z veseljem sodeloval tudi pri društvenih akcijah z mladimi. Društvo je imelo utečene ekskurzije za krožkarje in njihove mentorje. Naravoslovni krožki so namreč delovali vse šolsko leto in društvu so poročali o rezultatih svojega dela. Za nagrado so mentorje in dijake, ki so bili izbrani na nagradnih ekskur-

zijah, po manj znanih delih Slovenije vodili priznani strokovnjaki za določena področja. Imel sem srečo, da je službo na društvu prevzela moja žena Marjana, biologinja, in skupaj sva lahko uresničevala vrsto idej, ki so širile naravoslovno zavest. Društveni program je vseboval vrsto članskih ekskurzij, delavnic, srečanj, in člani društva so pri vseh radi sodelovali. Tudi tako smo utrjevali naravoslovno idejo.

V kasnejših letih smo pri društvu organizirali tudi čezmejne ekskurzije, na katerih so nas sprejemali in pokazali svoje posebnosti naši naravoslovni prijatelji, na primer trentinski naravoslovni muzej, švicarski narodni park, Schwarzwald in drugi.

V času delovanja žene Marjane je društvo poleg malih razstav, namenjenih predvsem šolam, pripravilo tudi dve veliki pregledni razstavi o društvenem delu – ob petdesetle-





*Članska ekskurzija Prirodoslovnega društva Slovenije v dolino Dragonje junija 1987. Foto: Marjana Peterlin.*

tnici in šestdesetletnici delovanja. Prva je predstavila predvsem vlogo društva in šol pri varstvu narave, druga pa je pokazala vse delovanje društva v šestdesetih letih. Obe in vse male razstave je oblikovala naša in društvena prijateljica in podpornica arhitektka Edita Kobe, za kar se ji tudi tu iskreno zahvaljujemo. Ob šestdeseti obletnici pa je društvo odlikoval tudi takratni predsednik države gospod Milan Kučan. Tudi tega smo bili veseli.

*Predsednik Republike Slovenije Milan Kučan na razstavi ob šestdeseti obletnici društva v družbi društvenega predsednika in tajnika z zanimanjem prebira zgodovino društva. Foto: arhiv Prirodoslovnega društva Slovenije.*



*Marija Gosar je v okviru mladinske raziskovalne akcije Raziskovanje onesnaženosti zraka s šolami po vsej Sloveniji vodila akcijo Zrak. Pod strokovnim vodstvom Franca Batiča so izdelali lišajsko karto Slovenije, ki je bila v javnosti zelo odmevna. Foto: Stane Peterlin.*

Pri društvu sem se vsa leta počutil zelo dobro, ker sem občutil, da mnogi člani, nekateri kot cele družine, dojemajo poslanstvo varstva narave, in zdelo se mi je, da s tem doprinesam k širitvi dobrih idej.

**V pogovoru za revijo *Varstvo narave*, ki jo je izdal Zavod Republike Slovenije za varstvo narave oktobra leta 2022, si podrobno opisal aktivnosti svojega službenega delovanja. Katere posebej izpostavljaš?**

Po odhodu Angele Piskernik v pokoj leta 1963 sem nadaljeval z uresničevanjem njenega načrta za vzpostavitev velikega Triglavskega narodnega parka. Leta 1961 je bil namreč sprejet zakon, s katerim je bila zavarovana le Dolina Triglavskega jezera z delom Komarče. Potrebne je bilo več kot desetletje dela, prepričevanj in usklajevanj, da je bil končno, 28. maja leta 1981, sprejet zakon o velikem parku.

Ena od pomembnih nalog v sedemdesetih in osemdesetih letih je bila poglobljeno vrednotenje narave Slovenije in izpolnitev meril vrednotenja za opredeljevanje naravne dediščine Slovenije. Na podlagi teh prizadevanj je v letu 1976 nastal *Inventar najpomembnejše naravne dediščine Slovenije*, katerega urednik sem bil. K delu smo pritegnili vse takratne eminentne naravoslovne strokovnjake, ki so z velikim zanosom in prizadevnostjo pri tem sodelovali.

V letih od 1980 do 1986 je potekala nominacija za vpis prve slovenske lokalitete na Unescov seznam. Poleg sodelavcev Zavoda je bil zelo dejaven tudi takratni direktor Parka Albin Debevec. Prizadevanja so obrodila rezultat: 28. novembra leta 1986 so bile Škocjanske jame kot prva lokaliteta v Sloveniji vpisane na Unescov seznam svetovne dediščine.



**Vsa leta tvojega službenega delovanja si bil neformalni mentor celi generaciji naravovarstvenikov in povezovalc formalno samostojnih (republiške in regionalnih) služb varstva narave. Na kakšen način si to dosegel?**

Naravovarstveniki republiškega in regionalnih zavodov smo se redno srečevali na tematskih sestankih, velikokrat smo se sestali tudi na terenu, skupaj obravnavali probleme in skupaj iskali rešitve. Name so se za nasvet večkrat obrnili kolegi z regionalnih enot, zlasti mlajši, ki so se kmalu po začetku svoje službene poti znašli v težkih in konfliktnih položajih. Vedno sem poskušal delovati povezovalno, zavedal sem se zahtevnosti naravovarstvenega poklica, ki v primerih zoperstavljanja ogrožanju narave terja veliko mero družbene izpostavljenosti in odgovornosti. Pri tem je pomembno, da je naravovarstvena ideja temeljito preverjena, utrjena. Temu so bile namenjene medsebojne razprave, pogovori in terenska preverjanja.

Prirodoslovno društvo Slovenije, Ljubljana  
Zavod SR Slovenije za varstvo naravne in kulturne dediščine  
Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo

Vas vabijo na prireditev

## NARAVA — NAŠA SKUPNA DEDIŠČINA

v okviru Dneva slovenskih naravoslovcev in v počastitev 100-letnice pragozdnih rezervatov in 70-letnice Spomenice o varstvu narave, ki bo v prostorih Inštituta za gozdno in lesno gospodarstvo, Ljubljana, Večna pot 2

v petek, 15. decembra 1989  
z začetkom ob 16. uri

### Program:

- Nagovor gostitelja — Marko Kmecl, dipl. ing., oec.
- Uvodna beseda — Ciril Zlobec, podpredsednik RK SZDL
- Varstvo naravne in kulturne dediščine v luči razvoja in perspektiv — dr. Marijan Slabe
- Naravoslovje in ekologija med včeraj in jutri — prof. dr. Kazimir Tarman
- 70 let Spomenice o varstvu narave — Stane Peterlin
- Podelitev priznanj Angele Piskernik in Ferdinanda Seidla
- Razstava naravoslovne fotografije „Neznana narava Slovenije“ — dr. Luka Pinar
- Predvajanje izbranih diapozitivov in ogled razstave
- Družabno srečanje

V okviru prireditve bo tudi predstavitev publicistične dejavnosti Zavoda SR Slovenije za varstvo naravne in kulturne dediščine

Prisrčno vabljeni!

**Te za konec lahko poprosim še za kakšno misel ali modrost s perspektive tvojih minulih šestdesetih let, najprej v poklicnem varstvu narave, nato ob zavednem spremljanju dogajanj v naravi in družbi, ki bi jo predal novim generacijam poklicnih naravovarstvenikov.**

Moja prva velika preizkušnja je bil načrt za potopitev reke Soče pri Bovcu. Pokazalo se je, da je bila podpora javnosti za ohranitev reke večja, kot smo pričakovali. Takrat smo se zavedli, da je treba javnost vključevati in z njo sodelovati. Naši zavezniki so bili tudi člani Prirodoslovnega društva Slovenije, Planinske zveze Slovenije, gozdarske službe in posamezniki. Tako sem se naučil povezovati ljudi,

*Eden od primerov sodelovanja in povezovanja sorodnih ustanov.*

ki jim je bila ideja varovanja blizu, in tako smo delovali tudi v razvijajoči se naravovarstveni službi. Hvaležen pa sem tudi ženi Marjani in sinovoma Primožu in Marku, ker smo skupno lahko podoživljali naravo in razumeli potrebo po njenem varstvu.

Danes pa tega delovanja ni več mogoče tako uresničevati. Moji nasledniki imajo sicer mnogo dela, ki ostaja javnosti skrito. Mislim, da se morda premalo posvečajo tudi nevladnim organizacijam in ljudem, ki jih povezuje pravilen odnos do narave. Take posameznike in društva bi bilo treba posebej pohvaliti. Prirodoslovno društvo Slovenije je pred leti uvedlo priznanja za posameznike in ustanove z željo, da jih pristojno ministrstvo sprejme kot državna naravovarstvena priznanja. Vendar se to ni zgodilo in tako danes naravovarstveniki nimamo svojih priznanj, kar nas siromaši.

Vem pa, da je to delo zahtevno in vendar lepo. Zato želim sedanji in novim generacijam veliko poguma in vztrajnosti pri njihovem poslanstvu.

S Stanetom Peterlinom se je pogovarjala mag. Jana Vidic.

*Mag. Jana Vidic je na pot poklicnega naravovarstva stopila leta 1984 v Zavodu Socialistične republike Slovenije za varstvo naravne in kulturne dediščine pod mentorstvom Staneta Peterlina. Danes je zaposlena v Sektorju za obranjanje narave na Ministrstvu za naravne vire in prostor.*

Državna odlikovanja • Zvonka Zupanič Slavec je prejela visoko državno odlikovanje

## Zvonka Zupanič Slavec je prejela visoko državno odlikovanje

*Radovan Komel*

Predsednik Republike Slovenije Borut Pahor je na posebni slovesnosti v Predsedniški palači 9. septembra leta 2022 naši sodelavki, članici uredniškega odbora poljudnoznanstvene revije *Proteus*, prof. dr. Zvonki Zupanič Slavec, dr. med., vročil visoko državno odlikovanje, medaljo za zasluge za znanstveno-raziskovalno in pedagoško delo na področju zgodovine slovenske medicine. Priznanje je počastilo in razveselilo tudi nas, sodelavce revije *Proteus* in člane Upravnega odbora Prirodoslovnega društva Slovenije, zato profesorici Zupanič Slavec iskreno čestitamo, tudi v imenu ostalih članov Prirodoslovnega društva Slovenije.

Dr. Zvonka Zupanič Slavec je redna profesorica na Medicinski fakulteti Univerze v Ljubljani in tam tudi predstojnica Inštituta za zgodovino medicine. V tridesetih letih vodenja Inštituta je pomembno prispevala k njegovemu razvoju in uveljavitvi zgodovine medicine doma in v svetu. Vztrajno zbira najrazličnejša gradiva in predmete iz slovenske zdravstvene tradicije in si prizadeva za institucionalizacijo zbirke, ki jo je vzpostavil inštitut, ter za vzpostavitev slovenskega zdravstvenega muzeja. V svoja dela iz zgodovine medicine, medicinske humanistike in kulturne zgodovine vnaša visoko strokovnost in iskreno navdušenje. Njen





obsežni znanstveni opus obsega znanstvene in strokovne monografije, znanstvene prevode, kataloge razstav, samostojne razstave in dokumentarne oddaje. Večina njenih slovenskih znanstvenih in strokovnih monografij je dvojezičnih ali z obširnimi slovensko-angleškimi povzetki, s čimer avtorica še dodatno odpira slovensko medicinsko humanistično svetu. Njeno življenjsko delo je obsežna znanstvena knjižna zbirka v štirih delih z naslovom *Zgodovina zdravstva in medicine na Slovenskem*, kakršne pri nas še ni bilo. Gre za bogato ilustrirano in z osupljivim naborom virov podprto sintezo zgodovine medicine. V zbirki predstavlja ljudsko in znanstveno medicino, zdravstvene razmere in zdravništvo, razvoj sistemov zdravstvenega varstva in zakonodaje ter javnega in bolnišničnega zdravstva. Izjemno zahtevna vsebina je smiselno zaokrožena v štirih knjigah na 2.500 straneh s 6.500 fotografijami ali drugimi slikovnimi viri, ki zrcalijo avtoričino dolgoletno temeljito, potrpežljivo in vztrajno raziskovalno delo na področju zgodovine in napredka slovenskega zdravstva in medicine.

Dr. Zvonka Zupanič Slavec je vzgajala mnoge generacije prihodnjih zdravnikov v smeri humanizacije medicine, za kate-

ro si je tudi osebno prizadevala in jo živela kot svoje poslanstvo na različnih ravneh. Med študenti je zelo priljubljena zaradi sistematičnosti in privlačnosti svojih predavanj kot tudi zaradi številnih dodatnih dejavnosti, kot so vodenje študijskih ekskurzij po medicinski Ljubljani, Sloveniji in Dunaju, ter pionirsko delo z uvedbo

študentskih koncertov Medicinske fakultete. Njene priljubljene ekskurzije na Dunaj so postale tradicionalne. Na zgodovinski poti po medicinskem Dunaju, kjer se je dve stoletji in pol razvijala vrhunška medicina svojega časa, ki je bila tudi naša, slovenska medicina, prof. Zupanič Slavčeva vsakokratno generacijo študentov na svojstven način navdihuje in uči, kako postaviti jasen okvir nadaljnje poti. Študenti Medicinske fakultete so ji za njena prizadevanja podelili priznanje Valentine Kobe in jo večkrat tudi nominirali za najboljšega pedagoga na fakulteti.

Ko se je pred leti odzvala na povabilo k sodelovanju pri reviji *Proteus*, smo vedeli, da smo pridobili odlično in prizadevno sodelavko, poznano po tem, da z neizmerno energijo in predanostjo popularizira svojo stroko s poljudnimi, strokovnimi in znanstvenimi knjižnimi objavami, radijskimi in televizijskimi oddajami, prispevki v časopisju in javnimi nastopi. Svojemu poslanstvu se kot članica uredniškega odbora ni izneverila, temveč ga je nadgradila z vključevanjem svojih študentov kot piscev odličnih poljudnostrokovnih člankov, ki so bralcem *Proteusa* razkrili do tedaj manj poznana obzorja medicine in njej bližnjih tematik.

# Astronomi uspešno napovedali superbolid

Mirko Kokole

Utrinki oziroma meteorji so med najbolj priljubljenimi nebesnimi dogodki. Večina utrinkov, ki jih vidimo, ima magnitudo, primerljive z magnitudami zvezd na nebu, se pravi, so približno tako svetli kot zvezde. Občasno pa lahko vidimo tudi svetlejše meteorje, ki jih pravimo bolidi. Ti lahko dosežejo tudi magnitudo Lune in zelo redko celo Sonca. Kdaj bomo takšen superbolid videli, je skoraj nemogoče napovedati. A je kljub vsemu astronomom do sedaj to uspelo kar sedemkrat. Nazadnje v noči s 13. na 14. februar oziroma skoraj natanko deset let po superbolidu, ki se je zasvetil nad ruskim mestom Čeljabinsk leta 2013 in je bil za nekaj trenutkov svetlejši od Sonca.

Meteor vidimo, ko v Zemljino ozračje vstopi delec iz vesolja. Delec se zaradi gravitacijske sile pospešuje, pri tem pride do trenja med delcem in ozračjem, zaradi česar se delec in obdajajoči zrak vedno bolj segrevata. Ko se okoliški zrak segreje do dovolj visoke temperature, začne delec svetiti in takrat vidimo utrinek. Zaradi različne sestave lahko meteorji za seboj puščajo sledi. Meteorji, ki so sestavljeni pretežno iz ledu, za seboj pu-

ščajo svetle sledi, meteorji iz kamna ali kovin pa puščajo temne dimne sledi, ki ponoči niso vidne. Temno dimno sled lahko vidimo le podnevi. Meteorji svetijo in za seboj puščajo sledi v različnih barvah. Večina je belih, vidimo lahko tudi modre, zelene in oranžne. Večji delci lahko zaradi pritiska močno stisnjenega zraka pred njim in zaradi temperaturnih napetosti tudi eksplodirajo. Če je taka eksplozija dovolj močna, jo lahko tudi slišimo. Zelo redko pride tudi do tako velikih eksplozij, da jih zaznajo celo seizmološki merilniki. Večino meteorjev povzročijo delci, ki imajo mase le nekaj gramov. Ti delci popolnoma izgorijo v ozračju in ne dosežejo Zemljinega površja. Pri večjih delcih pa obstaja verjetnost, da preživijo potovanje do Zemljinega površja. Ko delec doseže Zemljino površje, ga imenujemo meteorit.

Ker se v Zemljini bližini gibajo tudi večji objekti oziroma majhni asteroidi, obstaja verjetnost, da kateri od teh pade na Zemljino površje. Večji tak dogodek se je zgodil pred le malo več kot sto leti, ko je leta 1908 na Tungusko padel manjši asteroid oziroma komet premera okoli 65 metrov in za seboj pustil velik krater in uničenje, kar pa se je



*Največji meteorit, ki je nastal ob padcu asteroida 2023 CX1, tehta sto gramov. Našli so ga člani društva Vigie-ciel in FRIPON iz Normandije na severu Francije. Foto: Vigie-ciel/FRIPON.*

zgodilo na srečo na zelo redko poseljenemu območju Zemlje. Ob trku se je sprostila energija, ki je bila kar tisočkrat večja od atomske bombe, ki je uničila Hirošimo ob koncu druge svetovne vojne.

Drugi malo manj dramatični dogodek se je zgodil leta 2013, ko je nad Rusijo v bližini mesta Čeljabinsk v Zemljino ozračje vstopil dvajset metrov velik objekt. Ta je povzročil izjemno svetel meteor, ki ga imenujemo tudi superbolid. Čeljabinski superbolid je

povzročil predvsem veliko panike ter posredno tudi poškodoval približno tisoč ljudi. Čeljabinski superbolid pa je imel tudi nekaj zelo pozitivnih posledic, saj nas je vse spomnil, da nismo popolnoma varni. Zato so znanstveniki in amaterski astronomi vložili kar nekaj svojega časa in energije, da so postavili sistem, ki išče Zemlji bližnje objekte ter jim po odkritju tudi sledi. Večji objekti so nam danes verjetno vsi poznani. Manjše objekte pa večinoma zaznamo šele, ko pa-



dejo na Zemljo in jih vidimo kot utrinke oziroma meteorje.

Zelo redko nam uspe zaznati objekt, še preden vstopi v ozračje. Le tako bi lahko predvideli, kje bi se zgodil njihov vstop. Do sedaj nam je to uspelo le sedemkrat. Nedavno v noči s 13. na 14. februar, ko je madžarski astronom Krisztián Sárneczky na observatoriju Piszkestető Station zaznal hitro gibajoči se objekt z magnitudo 19,4 in ga poimenoval Sar2667. Odkritje objekta so

le nekaj ur potem, ko so ga prvič zaznali, potrdili tudi v višnjanskem observatoriju v Istri na Hrvaškem. Po potrjenem odkritju je dobil tudi uradno oznako 2023 CX1. Danes imamo dobro vzpostavljene sisteme za hitro preračunavanje orbit, kot sta na primer evropski NEODYs-2 in ameriški Sentry, ki avtomatsko predvidita, ali bo objekt zadel Zemljo. Takoj je bilo jasno, da bo v Zemljino ozračje vstopil le sedem ur po odkritju. Evropska vesoljska agencija, je preko družbenih medijev opozorila na dogodek in tako je mnogim uspelo videti ta superbolid, ki se je zasvetil nad Rokavskim prelivom. Mnogi so ga uspeli tudi posneti. Francoska organizacija FRIPON (Fireball Recovery and InterPlanetary Observation Network, Mreža za ponovno odkrivanje bolidov in medplanetna opazovanja) ima postavljeno gosto mrežo kamer ter radijskih sprejemnikov, ki avtomatsko opazujejo svetle meteorje ali bolide in nato tudi avtomatsko preračunajo, kje na Zemljinem površju bi se lahko nahajali njihovi ostanki. Zato je članom FRIPON in amaterskega društva Vigie-ciel uspelo že v enem dnevu najti kar osem meteoritov. Največji najdeni meteorit je tehtal kar sto gramov, dva sta imela triindvajset gramov, ostali pa le nekaj gramov, kar je velik uspeh.

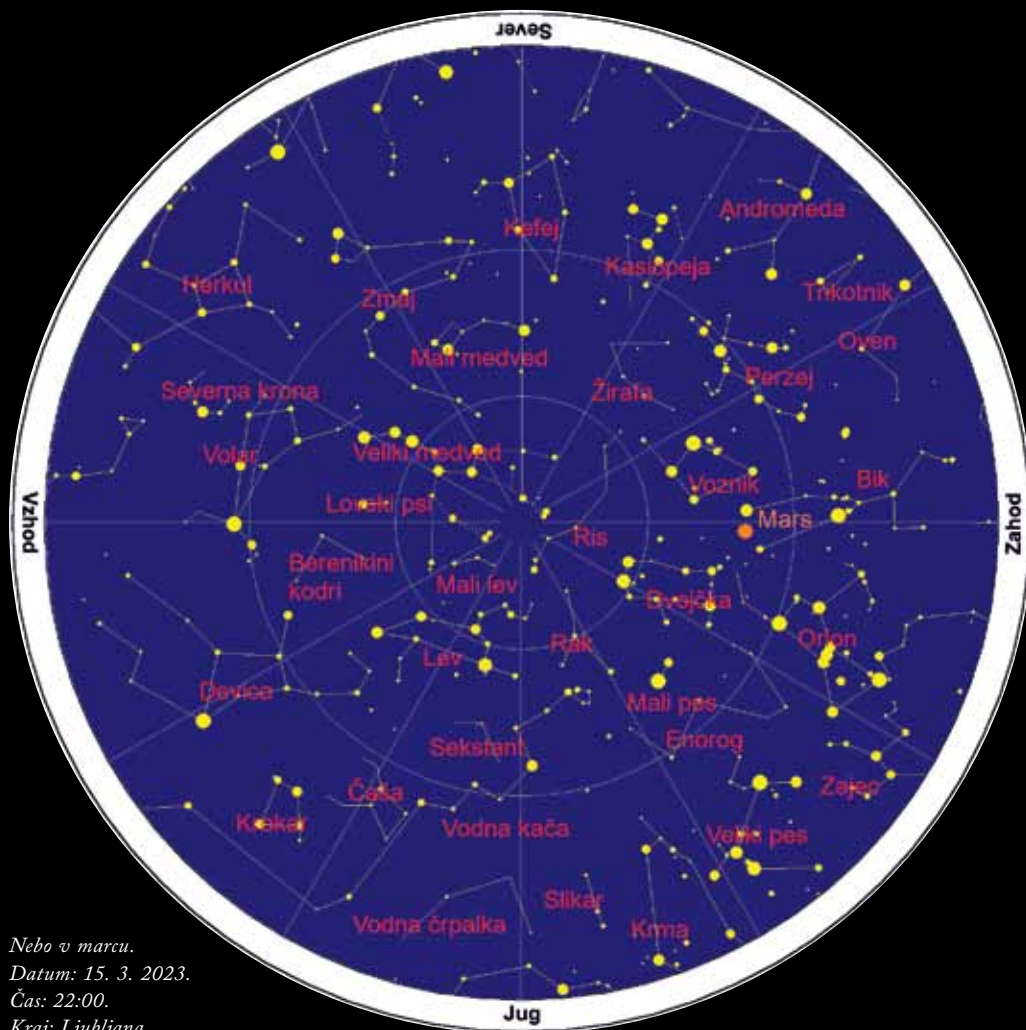
Nedavni uspeh tako profesionalnih kot amaterskih astronomov je izjemen in nam kaže, da le nismo zaman vzpostavili opazovalne in obveščevalne mreže za zaznavanje objektov, ki bi lahko padli na Zemljo. Tako smo lahko mirni, da se dogodek, kot se je zgodil v Tunguski, ne bo zgodil nepredvideno. Ker pomeni, da lahko s tem bistveno omilimo posledice. Poleg tega se je pokazalo, da smo sedaj zmožni dokaj dobro napovedati, kje iskati meteorite in jih potem tudi uspešno najti.

*Posnetek superbolida, ki ga je povzročil asteroid 2023 CX. Odkrili so ga le sedem ur prej.*

*Foto: Wikipedia.*







Nebo v marcu.  
 Datum: 15. 3. 2023.  
 Čas: 22:00.  
 Kraj: Ljubljana.

ISSN 0033-1805



9 770033 180000