

PROTEUS

*mesečnik
za poljudno
naravoslovje*



November 2021, 3/84. letnik
cena v redni prodaji 5,50 EUR
naročniki 4,32 EUR
upokojenci 3,55 EUR
dijaki in študenti 3,36 EUR
www.proteus.si





99 Table of Contents

100 Uvodnik
Tomaž Sajovic

102 Medicina
Vloga proteinov na površini rakavih celic pri odkrivanju in zdravljenju rakavih obolenj
Aljaž Gaber, Uroš Prešern, Špela Konjar, Miha Pavšič

111 Medicina
»Imaš dober nos«
Lidija Kocbek Šaherl, Kristijan Skok

121 Botanika
Jesenček (*Dictamnus albus*), novost za floro Bohinja in Julijskih Alp
Brane Anderle, Branko Zupan, Igor Dakskobler

127 Kristalografija
Prva najdba japonskih dvojčkov kremena v Sloveniji (prvi del)
Mirjan Žorž, Franc Stare

132 Naravoslovna fotografija
Pol stoletja slovenske naravoslovne fotografije
Razstave Prirodoslovnega društva Slovenije
V spomin Marku Aljančiču
Jurij Kurillo

140 Naše nebo
Tretji planet Proksime Kentavra
Mirko Kokole

Contents

Editorial

Tomaž Sajovic

Medicine

The Role of Cancer Cell Surface Proteins in the Discovery and Treatment of Cancer

Aljaž Gaber, Uroš Prešern, Špela Konjar, Miha Pavšič

Despite the progress in the detection, monitoring and treatment of cancer these diseases remain a mystery. Easily accessible, cell-surface proteins are definitely an important piece of the puzzle, as they serve as attractive targets for therapies. Their shortcomings should not be attributed to the properties of cell-surface proteins as such, but to the fact that cancer is a complex and dynamic disease. New advances in molecular-level cancer research, both at genetic and RNA and protein levels, and in the development and use of diagnostic approaches to monitoring cancer using artificial intelligence, will help eliminate these shortcomings, especially as treatment becomes tailored to individual patients and cancer types.

Medicine

“You’ve Got a Good Nose”

Lidija Kocbek Šaherl, Kristijan Skok

Nose, ear and throat have intrigued interest since time immemorial. These organs were treated already by ancient Greek, Hindu and Byzantine doctors. The science that specializes in them is called otorhinolaryngology. The article presents the basic properties of smell, important discoveries in the history of this field, diseases and disorders that affect the human nose and certain characteristics of smell in the animal world.

Botany

***Dictamnus albus*, a Novelty in the Flora of Bohinj and the Julian Alps**

Brane Anderle, Branko Zupan, Igor Dakskobler

We found new localities of *Stipa eriocaulis* subsp. *austriaca*, a subspecies that is extremely rare in the southeastern Alps, above the northern bank of Lake Bohinj and under Mt. Studor above the village of Stara Fužina. As we were searching for this grass under Mt. Studor we came across *Dictamnus albus*, which is a novelty in the flora of Bohinj and the Julian Alps. Both species occur in a hop-horn-beam community which is classified into the association *Cytisantho-Ostryetum* and has its classic localities in Bohinj. The occurrence of *Dictamnus albus* in this Alpine valley is attributed to the distinctly warm (sunny) aspect of steep, rocky limestone slopes of Mt. Studor.

Crystallography

The First Find of Japan Law Twin Quartz in Slovenia (Part I)

Mirjan Žorž and Franc Stare

As a rule, quartz crystals form different types of twins. The most common are the twins rotated around the

crystallographic c-axis. Japan Law twins (shorter Japan twin), which are much rarer, occur when two quartz crystals meet along the plane that is not parallel to this axis, and then grow away from this plane. The result is a twinned, V-shaped crystal. Until now, Japan twins have not been reported in the territory of Slovenia, but we assumed we could find them on the sites where Brazil Law twins occur. In Slovenia, this means mainly the localities of quartz crystals in the cavities of weakly crystallized dolomite rocks, where they are residual from the weathering and accumulate in the soil. The most notable localities are on Mt. Slivnica and its vicinity, around Turjak and Crngrob. In the latter, one frequently finds still preserved crusts of rhombohedral crystals of dolomite and quartz that once covered the walls of cavities in the dolomite rock. In April 2021 Franc Stare found a 39 x 28 millimetre large quartz crust. When he noticed a platy quartz crystal he assumed it had to be the long-awaited Japan twin. A more detailed analysis of the crystal confirmed it was a Japan Law twinned crystal.

Nature photography

Slovenian Natural History Society’s Nature Photography Exhibitions

Half a century of Slovenian nature photography

Jurij Kurillo

From the very beginning photography, the new “realistic” depiction of the world, took nature as its motif. The preserved photographs by Janez Puhar (1814–1864), Slovenian inventor of photography on glass, on the other hand show that he was interested first and foremost in portraits of his human subjects. Numerous other fans of the new medium, however, were drawn to nature and must have caught a pretty (mountain) flower or two in their lens. Even a hunter among photographers might have been more interested in a live deer than his harvested game.

By all accounts, nature became the subject of more systematic photographic representation with the campaigns launched by the Slovenian Natural History Society and its journal *Proteus*, especially with the younger generation. In its October issue of Volume 33 (1970/1971) Marko Aljančič, assistant lecturer, reported on the award ceremony of the recently concluded youth nature photography competition. Most of the 16 participants who contributed 87 photographs were primary school pupils, whereas high schools were very poorly represented. The best young photographers received attractive practical awards, lectures from the prominent photography master Vlastja Simončič and professor Stane Peterlin, and a short excursion. The author of this contribution proposes new ways of popularizing nature photography, for example by introducing a regular theoretical section in *Proteus* and publishing the “nature photograph of the month.”

Our sky

The Third Planet of Proxima Centauri

Mirko Kokole



Naslovnica: *Odziv flehmen pri vrsti domačega kozla (Capra aegagrus hircus).*
 Avtor: Friedrich Böhringer.

Proteus

Izbaja od leta 1933

Mesečnik za poljudno naravoslovje

Izdajatelj in založnik:

Priradoslovno 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. Mihael Jožef Toman

prof. dr. Zvonka Zupanič Slavec

dr. Petra Draškovič Pelc

<http://www.proteus.si>

priradoslovno.drustvo@gmail.com

© Priradoslovno društvo Slovenije, 2021.

Vse pravice pridržane.

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

Lektor: dr. Tomaž Sajovic

Oblikovanje: Eda Pavletič

Angleški prevod: Andreja Šalamon Verbič

Priprava slikovnega gradiva: Marjan Richter

Tisk: Trajanus d.o.o.

Svet revije Proteus:

prof. dr. Nina Gunde – Cimerman

prof. dr. Lučka Kajfež – Bogataj

prof. dr. Tamara Lah – Turnšek

prof. dr. Tomaž Pisanski

doc. dr. Peter Skoberne

prof. dr. Kazimir Tarman

Proteus izdaja Priradoslovno društvo Slovenije. Na leto izide 10 števil, letnik ima 480 strani. Naklada: 1.600 izvodov.

Naslov izdajatelja in uredništva: Priradoslovno 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 upokoјence 3,55 EUR, za dijake in študente 3,36 EUR.

Celoletna naročnina je 43,20 EUR, za upokoјence 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

Arhitektura je bivanje v zgradbi, je življenje z njo. Arhitektura zato ni nikoli dokončana in nikoli dokončna.

(Borut Juvanec, upokoјeni profesor arhitekture.)

V prejšnjem uvodniku sem s sledečim navedkom napovedal današnjega: »Arhitekturna teorija pravi, da ni vsaka stavba arhitektura. Ključna je komponenta presežne vrednosti objekta, da nekaj postane arhitekturni objekt. Pri zdruţnih domovih pa kljub pomanjkanju preseţka funkcija, zdruţevalna moč projekta in umeščenost v prostor naredijo te stavbe za arhitekturne objekte. [...] Preseţna vrednost – ne zgolj zgrajenega arhitekturnega objekta, ampak projekta – je v njegovi organizacijski strukturi, v razširjanju znanja, kulturni dejavnosti, tudi v nadvse premišljeni materialni logistiki [...]. Vsi ti elementi ne sodijo v uveljavljeni okvir presojanja o arhitekturi, vendar upamo, da bo naša raziskava spodbudila razmislek o kriterijih arhitekture.« Navedek je iz intervjuja s kuratorsko ekipo slovenskega paviljona *Skupno v skupnosti. Sedemdeset let zdruţnih domov kot druţbene arhitekture* na lanskem beneškem arhitekturnem bienalu. Intervju je bil s naslovom *Mi gradimo zdruţne domove. Zdruţni dom gradi nas* 13. novembra lani objavljen v *Sobotni prilogi Dela*,

navedeno razmišljanje pa problematizira vprašanje »preseţne vrednosti«, ki stavbo »povzdigne« v arhitekturo, in to na podlagi velikega projekta gradnje zdruţnih domov v Jugoslaviji takoj po drugi svetovni vojni. Projekt je namreč popolnoma razrušil »uveljavljeni okvir presojanja o arhitekturi«.

Prvo vprašanje je, kakšna sta »uveljavljeni okvir presojanja o arhitekturi« in znotraj takega okvira »preseţna vrednost«, ki iz stavbe naredi arhitekturo, drugo vprašanje pa je, v čem je »preseţna vrednost« pristnega demokratičnega socialističnega pojava zdruţnih domov. Umetnostna zgodovinarica Martina Malešič v intervjuju na prvo vprašanje neposredno ne daje nobenega jasnega odgovora: »Arhitekturna teorija pravi, da ni vsaka stavba arhitektura. Ključna je komponenta preseţne vrednosti objekta, da nekaj postane arhitekturni objekt.« Mnogo bolj neposredna je pri odgovoru na drugo vprašanje: »Pri zdruţnih domovih pa kljub pomanjkanju preseţka funkcija, zdruţevalna moč projekta in umeščenost v prostor naredijo te stavbe za arhitekturne objekte.« Zdruţni domovi sami po sebi niso preseţek, po »uveljavljenem presojanju o arhitekturi« torej niso arhitektura, so pa arhitektura zaradi »funkcije, zdruţevalne moči projekta in umeščenosti v prostor«. Malešič je bila

še izčrpnješa: »Presežna vrednost – ne zgolj zgrajenega arhitekturnega objekta, ampak projekta – je v njegovi organizacijski strukturi, v razširjanju znanja, kulturni dejavnosti, tudi v nadvse preiščeni materialni logistiki [...]. Vsi ti elementi [pa] ne sodijo v uveljavljeni okvir presojanja o arhitekturi [...]«

Iz presežne vrednosti projekta združnih domov lahko *kot negativ* razberemo, kakšna je (bila) arhitektura, ki (je) nastaja(la) po »uveljavljenih merilih«. Ta merila je narekoval – in vsaj v nekem globljem smislu še vedno narekuje – mednarodni arhitekturni slog modernizma (slog se je rodil v prvi polovici 20. stoletja, zaznamuje ga uporaba novih materialov – stekla, jekla in betona, najbolj znana arhitekta sta bila Mies van der Rohe, 1886-1969, in Le Corbusier, 1887-1965, v Jugoslaviji pa je umetnostna usmeritev modernizma v marsičem bila celo »uradna« umetnost). O tem veliko pove finski arhitekt Juhani Pallasmaa (1936-) v svojem besedilu z naslovom *Identiteta, domačnost in bivališče. Opombe k fenomenologiji doma* (*Identity, intimacy and domicile. Notes on the phenomenology of home*). Kot tipični zgled modernistične arhitekture navaja Hišo Farnsworth, ki jo je za naročnico dr. Edith Farnsworth kot zatočišče ob koncih tedna v neokrnjeni naravi v bližini Chicaga v letih od 1945 do 1951 zasnoval in zgradil Mies van der Rohe. Enoprostorska hiša ima obliko kvadra, sestavljajo jo belo pobarvana jeklena konstrukcija in steklene stene. Hiša je že, ko je bila zgrajena, postala ikonična arhitektura. Občudovalci so jo množično hodili občudovat. Naročnica se je v stekleni hiši vsem na očen počutila kot »žival v kletki«. Na koncu se je obupana izselila iz nje. Hiša je bila »zgolj« *razstavni predmet, umetniška instalacija*, nikakor pa ne *dom*. Ali kot je Pallasmaa zapisal: modernistična arhitektura ne »kaže« nobenega sočutja do stanovalcev, je avtistična in se nanaša sama nase, z drugimi besedami, je abstraktni in odtujeni estetski fetišizem. Združni domovi so (bili) nekaj popolnoma nasprotnega, nekaj tudi popolnoma posebnega. Preden pa se posvetimo temu »posebnemu« združnih domov, moramo priklicati iz zgodovinskega spomina neko drugo arhitekturo, ki jo po merilih »modernizma« sploh ne bi smeli imeti za arhitekturo: ta »arhitektura« je vernakularna arhitektura – bolj razumljivo povedano, ljudska arhitektura. To je »najpreprostejša arhitektura, ki ni bila namenjena ne bogovom, ne kraljem in ne mrtvim, pač pa navadnim ljudem za vsakodnevno bivanje in delo [...]«. Ni delo profesionalcev, ki so poznali materiale, tehnologije, tehnike in velike arhitekture preteklih časov in so do teh spoznanj prišli v šolah. Vernakularna arhitektura je delo skromnih razmer, malih zahtev. Ampak – najpomembneje je to, da to ni mala, nepomembna, neopazna ali grda, slaba arhitektura.« Citat je iz uvoda sijajne monografije v petih delih, ki ima

naslov *Arhitektura Slovenije. Vernakularna arhitektura* in jo je napisal zdaj že upokojeni profesor na Fakulteti za arhitekturo Borut Juvanec. Takoj k temu citatu pa moramo dodati še razmišljanje profesorja Petra Fistra iz predgovora k monografiji, ki razkriva bistveno razliko med modernizmom in tako imenovano ljudsko arhitekturo: »Razliko od vse preveč globalnih meril, ki današnjega človeka z njegovimi posebnimi potrebami in merili ne upoštevajo več kot merilo za arhitekturo in ki zato ustvarjajo ne le anonimno in odtujeno arhitekturo, ampak oblikujejo celo posebno nasilje nad njegovo lastno kulturo bivanja, je namreč mogoče spoznati prav v okvirih vernakularne arhitekture preteklih generacij. *To so tiste posebne vrednote, ki so resnično omogočile graditeljem (in arhitektom ...), da so v nastajanje, ohranjanje in razvoj stavbarstva vključevali tudi ustvarjalnost človeka uporabnika, ki je bil tako njegova resnična vsebina in s tem tudi merilo.*«

Juvanec je v svojem uvodu zapisal spoznanje, ki je v popolnem nasprotju s samo po sebi umevnim razumevanjem arhitekture: »Arhitektura ni umetniško delo, ki je popolno, nedosegljivo in neponovljivo: arhitektura ni govorjenje o njej, ni planiranje ne projektiranje, niti gradnja in ne zgrajena stavba. *Arhitektura je bivanje v zgradbi, je življenje z njo. Arhitektura [zato] ni nikoli dokončana in nikoli dokončna.*« Juvančeva misel je radikalna, še radikalnejša pa je misel nemškega filozofa Martina Heideggerja (1889-1976). Leta 1951 je Heidegger svoje predavanje z naslovom *Gradnja Prebivanje Mišljenje* – v slovensčini ga lahko beremo v njegovih *Predavanjih in sestavkih* (2003) – začel s presenetljivo napovedjo, da njegov »miselni poskus sploh ne predstavlja gradnje iz gradbeništva in tehnike, temveč sledi gradnji nazaj na področje, v katero spada vse, kar je.« Področje, v katero spada vse, kar je, pa je *prebivanje*: »[...] Način, po katerem mi ljudje na zemlji *smo*, je [...] prebivanje. Biti človek pove: biti na zemlji kot smrtnik, se pravi: prebivati.« Kaj pa je potem gradnja? Ljudje mislijo, da je namen zgradb prebivanje v njih, kar je na prvi pogled popolnoma točno. Ta samoumevni pogled »jemlje gradnjo in prebivanje za dve ločeni dejavnosti«, razume ju, kot da sta v razmerju sredstva in namena – zgradbe gradimo zato, da bi v njih prebivali. Toda Heidegger je prepričan, da to instrumentalno razmerje »zastira bistvene odnose: »Gradnja namreč ni le sredstvo in pot za prebivanje, gradnja je v sami sebi že prebivanje.« Z drugimi besedami: »Ne prebivamo, ker smo gradili, temveč gradimo in smo gradili, kolikor prebivamo, to je, *smo kot prebivajoči.*«

Na tem mestu uvodnik prekinjam, nadaljeval ga bom v sledeči številki.

Tomaž Sajovic

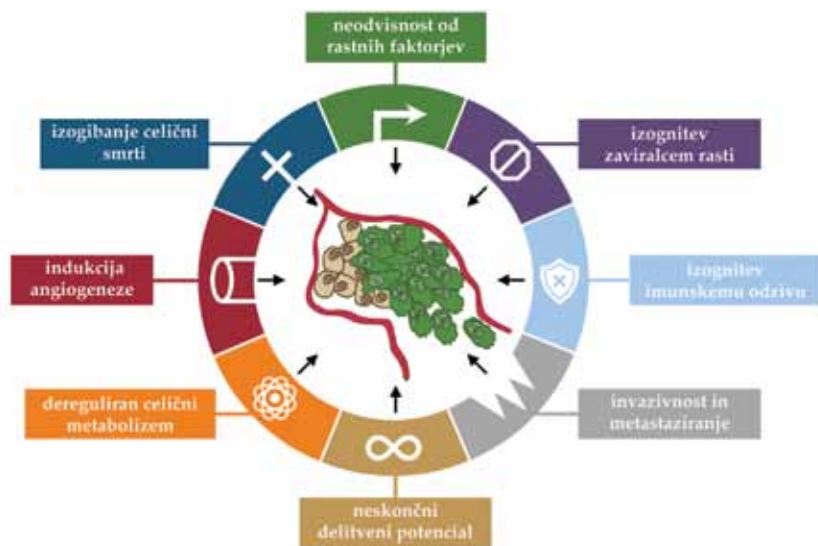
Vloga proteinov na površini rakavih celic pri odkrivanju in zdravljenju rakavih obolenj

Aljaž Gaber, Uroš Prešern, Špela Konjar, Miha Pavšič

Rakava obolenja so v sodobni družbi zelo pogosta – za rakom umre vsak šesti človek na Zemlji (Roth, 2018). V letu 2018 je to pomenilo 9,6 milijona ljudi na leto, kar je več, kot jih je umrlo za aidsom, tuberkulozo in malarijo skupaj (Ferlay, Colombet, Soerjomataram, Mathers, Parkin, Piñeros, Znaor, Bray, 2019). Tudi številke za prihodnost niso obetavne. V Veliki Britaniji ocenjujejo, da bo za rakom zbolel vsak drugi človek, rojen po letu 1960 (Cancer Research UK). A dobra novica je, da se umrljivost zaradi raka niža. V Veliki Britaniji poročajo, da več kot deset let od diagnoze preživi že polovica ljudi, kar je dvakrat toliko kot pred štiridesetimi leti (Cancer Research UK). Podobne trende glede naraščanja števila obolelih za rakom in nižanja umrljivosti je mogoče opaziti tudi v Sloveniji (Zadnik in sod., 2017). Večje število odkritih obolenj

in višjo stopnjo preživetja so omogočili novi diagnostični in terapevtski pristopi, ključ do teh pa je napredek v razumevanju procesov, povezanih z nastankom in razvojem rakavih obolenj.

Medtem ko so v preteklosti obstajale različne bolj ali manj nenavadne teorije o vzroku za nastanek raka, danes vemo, da je njegov nastanek povezan z različnimi okoljskimi in dednimi dejavniki, do neke mere pa vseh potencialnih dejavnikov oziroma njihove kombinacije še ne znamo pojasniti (Tomasetti, Vogelstein, 2015). Rakavo obolenje nastane, ko naše lastne celice naberejo zadostno število sprememb dednine, imenovanih mutacije, ki jim omogočajo nenadzorovano deljenje in kasneje razraščanje. Pomembno je, kje se mutacije nahajajo – najbolj problematične mutacije so v genih, ki skrbijo



*Slika 1:
Lastnosti
rakavih celic.
Prirejeno po
Hanahan,
Weinberg, 2011.*

za regulacijo celičnega cikla in odpravljanje napak v dednini. Do mutacij sicer naključno prihaja ves čas, tudi v idealno zdravem okolju, nezdravi način življenja (na primer kajenje, nezdrava prehrana, preveč intenzivno sončenje) pa dodatno prispeva k povečanemu številu mutacij in s tem povišani verjetnosti za nastanek neugodnega skupka mutacij. Kadar govorimo o dednih dejavnikih, želimo poenostavljeno povedati, da ima posameznik nekatere neugodne mutacije že v svojem dednem zapisu.

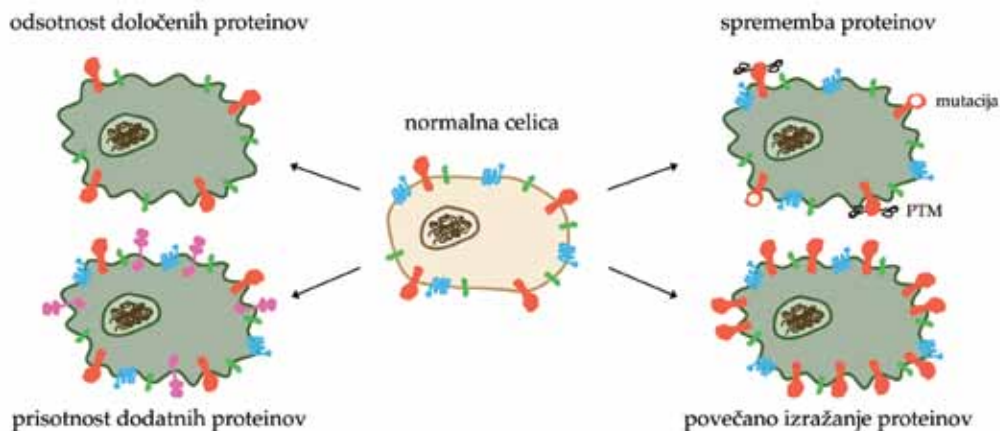
Katere pa so pravzaprav tiste lastnosti, ki jih mora celica pridobiti, da lahko nastane rakavo obolenje? Znanstveniki so opredelili osem lastnosti, ki so skupne celicam v večini rakastih tvorbo (slika 1) (Hanahan, Weinberg, 2011): lastna proizvodnja molekul, ki spodbujajo rast; občutljivost za molekule, ki zavirajo rast; reprogramiranje celičnega metabolizma; izogibanje celični smrti (apoptozi ali avtofagiji); izogibanje odzivu imunskega sistema; sposobnost neomejenega podvajanja; zmožnost tvorbe žil znotraj tumorja in vraščanje v okolno tkivo ter sposobnost tvorbe zasevkov (metastaz). Vrstni red pridobivanja teh lastnosti je lahko različen, kljub temu pa lahko proces razvoja rakavih obolenj razdelimo v nekaj stopenj oziroma stadijev. Rakava obolenja so v prvem stadiju tako manjša in omejena na tkivo, v katerem so nastala. V drugem stadiju so rakava obolenja že večja, še vedno omejena na mesto nastanka, v nekaterih primerih pa se ta obolenja razširijo tudi na bezgavke v bližini. V tretjem stadiju se rakavo obolenje začne razraščati v tkiva v svoji okolici, pri čemer so rakave celice tudi v bezgavkah. V zadnjem, četrtem stadiju pride do tvorbe zasevkov in nastanka sekundarnih rakavih obolenj drugod po telesu. Stadij, v katerem rakavo obolenje odkrijemo, je za možnost ozdravitve ključnega pomena. Na primer, bolnica ima kar devetdeset odstotkov možnosti, da bo po odkritju raka na dojki v zgodnjem stadiju živela vsaj še pet let, v primeru kasnejšega odkritja že napredovanega obolenja pa je

ta verjetnost zgolj pet- do petnajstodstotna (Cancer Research UK). Pomembno je torej, da rakavo obolenje odkrijemo čimprej, ključ do tega pa je podrobno poznavanje značilnosti rakavih celic, saj jih le tako lahko zanesljivo in dovolj zgodaj prepoznamo in bolezen primerno zdravimo z ustreznimi tarčnimi terapijami.

Proteini na površini rakavih celic

Ocenjujejo, da petindvajset do trideset odstotkov genov nosi zapis za membranske proteine, od katerih je približno polovica takih, ki se nahajajo na površini celic (Bausch-Fluck, Goldmann, Müller, van Oostrum, Müller, Schubert, Wollscheid, 2018). Nekateri so takšni, ki so skupni večini celic, spet drugi pa so značilni samo za določeni tip celic. Tako se med diferenciacijo/dediferenciacijo nabor in količina izraženih proteinov na površini rakavih in normalnih celic razlikujeta. Na površini rakavih celicah se lahko pojavijo novi proteini, ki za normalno celico sicer niso značilni, prav tako lahko ni nekaterih proteinov, značilnih za izvorni tip celice, lahko pa se zgolj poveča število nekaterih proteinov na površini ali pa pride do mutacij proteina oziroma se spremenijo njihove postranslacijske modifikacije: to so kemijske modifikacije aminokislinskih ostankov, do katerih pride po prevedbi dednega zapisa v aminokislinsko zaporedje (slika 2). Spremembe ravni izražanja ali posttranslacijske modifikacije proteinov na površini rakavih celicah v primerjavi z zdravimi celicami uporabljajo tako za diagnostiko kot tudi za zdravljenje raka.

Glede na funkcijo lahko proteine na površini celic razdelimo v več skupin. Najbolj raziskana skupina so transmembranski receptorji, ki celici omogočajo komunikacijo z okoljem. Za rakave celice so posebnega pomena receptorji za različne rastne dejavnike, ki so na površini rakavih celic bodisi pretirano izraženi ali pa so spremenjeni tako, da so aktivni tudi v odsotnosti rastnega dejavnika, kar vodi do zvišane stopnje



Slika 2: Shematski prikaz sprememb proteinov na površini rakastih celic (celice označene s sivo barvo). Različne vrste proteinov na površini so prikazane z različno obliko in barvo. Lahko pride do spremembe količine nekaterih proteinov na celici ali pa zgolj do njihove spremembe v smislu spremenjenih posttranslacijskih modifikacij (PTM) ali mutacij.

celičnih delitev. Primer takega receptorja je receptor za epidermalni rastni dejavnik (EGFR), katerega izražanje ali delovanje sta pogosto deregulirana pri različnih tipih raka (Sigismund, Avanzato, Lanzetti, 2018). Mehanizem delovanja receptorja za epidermalni rastni dejavnik temelji na interakciji med dvema proteinoma receptorja za epidermalni rastni dejavnik - dimerizaciji receptorja po vezavi zunajceličnega rastnega dejavnika, temu pa sledi avtofosforilacija (proces prenosa fosforilne skupine na aminokislinske ostanke istega proteina, ki katalizira reakcijo) znotrajcelične domene in sprožitev signalne kaskade, ki vodi v rast in delitev celic, zaviranje celične smrti in povečanje celične gibljivosti. Ob vezavi rastnega dejavnika se lahko receptor za epidermalni rastni dejavnik poveže tudi z ostalimi tremi receptorji iz iste družine – najbolj poznan tovrstni partner je receptor HER2, ki je mutiran ali pretirano izražen v približno petindvajsetih odstotkih primerov raka dojke (Ishikawa, Ichikawa, Shimizu, Sasaki, Tanabe, Chishima, Takabe, Endo, 2014). Tako receptor za epidermalni rastni dejavnik kot receptor HER2 spadata med receptorske tirozin ki-

naze, saj njuni znotrajcelični regiji vsebujeta kinazno domeno, ki fosforilira tirozinske ostanke. Vloga te skupine receptorjev pri razvoju raka je do sedaj ena izmed najbolj preučenih, vendar pa trenutne raziskave kažejo tudi na pomembno vlogo receptorjev iz drugih skupin, kot so receptorske serin/treonin kinaze (na primer receptor za TGF- β), receptorji, sklopljeni s kinazami Janus (na primer receptor za eritropoetin), z G-proteini sklopljeni receptorji ter receptorji signalnih poti Wnt, Notch, Hedgehog in tako dalje.

Pomembno vlogo pri razvoju raka imajo tudi adhezijski proteini, ki sodelujejo pri tvorbi celičnih stikov in pritrdjevanju celic na zunajcelični matriks, saj je njihova (de)regulacija povezana z invazivnostjo ter napredovanjem rakavih celic v okolna in tudi bolj oddaljena tkiva. Pomembni predstavniki adhezijskih proteinov so proteini iz razreda integrinov (Bianconi, Unseld, Prager, 2016). Ti tvorijo heterodimere, ki se na zunajcelični strani pritrdjujejo na različne komponente zunajceličnega matriksa, na notranji strani celic pa na citoskelet (notranje celično ogrodje). Sodelujejo tudi pri prenosu signalov iz okoli-

ce v notranjost celic in obratno, pri čemer lahko celica z različnimi mehanizmi vpliva na njihovo sposobnost pritrjevanja, s tem pa uravnava lastno gibljivost in premikanje. Zanimiv primer je tudi epitelijska celična adhezijska molekula (EpCAM), ki je, v primerjavi z normalnimi epitelijskimi celicami, prisotna v povečani količini na površini večine rakavih celic epitelijskega izvora (karcinomov). Dolgo časa je veljalo, da tudi epitelijska celična adhezijska molekula sodeluje pri tvorbi celičnih stikov, vendar se je pred kratkim pokazalo, da temu ni tako. Vloga epitelijske celične adhezijske molekule v raku je verjetno bolj povezana z njeno funkcijo pri celičnem signaliziranju, saj epitelijska celična adhezijska molekula oziroma njeni posamezni deli sodelujejo v različnih signalnih poteh (Gaber, Lenarčič, Pavšič, 2020).

Z invazivno naravo rakavih celic in sposobnostjo metastaziranja so poleg adhezijskih molekul povezani tudi številni encimi, ki delujejo na površini celic, pri čemer gre v glavnem za različne tipe proteaz (na primer proteaze iz družine ADAM), ki z remodeliranjem zunajceličnega matriksa omogočajo celicam pobeg iz lokalnega okolja (Rakashanda, Rana, Rafiq, Masood, Amin, 2012). Hkrati je njihovo proteolitično delovanje povezano z razvojem krvnih žil v tumorju (angiogeneza), sodelujejo pa tudi pri sproščanju rasti dejavnikov iz površine celic in s komponentami zunajceličnega matriksa, kar dodatno pripomore k povečani proliferaciji celic.

Pomembni značilnosti rakavih celic sta tudi deregulirani celični metabolizem in s tem povezano spremenjeno izražanje različnih transportnih proteinov, udeleženih pri vnosu hranil in iznosu za celico neželjenih snovi. Rakave celice imajo namreč visoke energijske zahteve, kar je posledica pospešene rasti in z njo povezane sinteze različnih celičnih komponent. Na primer, pogosto imajo na površini neobičajno veliko količino prenašalcev iz družine GLUT, ki omogočajo vnos glukoze v notranjost celic.

Drugi tip prenašalcev, ki pomembno vplivajo na potek zdravljenja raka, so nekateri predstavniki družine prenašalcev ABC (na primer MRP1), ki prek aktivnega transporta odstranjujejo citostatike iz notranjosti celic, posledično pa je njihovo povečano izražanje povezano z zmanjšanim učinkom kemoterapije (Zhang, Wang, Gupta, Chen, 2015).

Vloga proteinov na površini pri odkrivanju in spremljanju rakavih obolenj

Kljub omenjenim značilnostim rakavih celic je razlikovanje med njimi in normalnimi, zdravimi celicami pogosto težko, vsekakor pa bistveno težje in manj zanesljivo, kot je človeškemu organizmu zaznavanje tujih proteinov na površini bakterij in virusov. Dodatne težave so še razmeroma majhno število rakavih celic v zgodnjem stadiju in odsotnost simptomov, ko so obeti za ozdravitev še dobri, in pa tudi sama dostopnost/izpostavljenost rakavih celic. Najlažje je zaznavati celice v krvnem obtoku, kjer je površina celic zelo dobro izpostavljena, prav tako pa je odvzem vzorca enostaven in neinvaziven. Celice, ki jih lahko zaznavamo na tak način, imenujemo krožeče tumorske celice (angleško *circulating tumor cells*, CTC). To so celice, ki so se odcepile od tumorja in so povezane z nastankom zasevkov, njihovo zaznavanje pa omogoča ne samo sklepanje na prisotnost in izvor rakave bolezni, temveč nam njihovo število in značilnosti nudijo vpogled v napredovanje bolezni ter spremljanje odziva na zdravljenje (Paoletti, Hayes, 2016).

Velik izziv pri analizi krožečih tumorskih celic je, da so te celice zelo redke – v desetih mililitrih krvi lahko pričakujemo le do deset takih celic (Jesenko, Grašič - Kuhar, Čemažar, 2018). Krožeče tumorske celice iz krvi običajno ulovimo s protitelesi, ki prepoznajo nekatere proteine na njihovi površini. Trenutno je za uporabo v diagnostiki Ameriška agencija za hrano in zdravila (FDA) odobrila zgolj en tovrstni sistem, imenovan CELLSEARCH (Riethdorf, O'Flaherty,

Hille, Pantel, 2018). Temelji na zaznavanju celic, ki na površini izražajo prej omenjeni tumorski označevalni protein EpCAM. Ta je značilen za normalne epitelijske celice in za številne rake epitelijskega izvora – karcinome. Če uporabimo druga protitelesa, lahko ulovimo tudi celice, ki imajo na površini druge označevalce, značilne za druge vrste rakov. Tak primer je lovljenje celic s protitelesi proti OB-kadherinu, ki je prisoten na površini rakastih celic mezenhimskega izvora, to so celice, ki sestavljajo mehka tkiva in kosti.

Vloga proteinov na površini pri zdravljenju rakavih obolenj

Za rakave celice značilni površinski proteini niso uporabni zgolj za zaznavanje takih celic – izkoristimo jih lahko tudi kot označevalce mesta za dostavo terapevtske učinkovine. Ključna komponenta tovrstnih sistemov so protitelesa, ki te proteine prepoznajo, hkrati pa imajo pripeto tudi neko funkcionalno učinkovino. Zaradi visoke specifičnosti protiteles lahko dosežemo, da je delovanje terapevtske učinkovine omejeno na območje rakastega tkiva, kar je bistvena prednost pred klasičnimi kemoterapijami. Pri teh namreč kemoterapevtiki – zaviralci celične rasti in/ali povzročitelji poškodb DNA – delujejo tako na rakaste kot tudi normalne celice, kar ima za posledico številne stranske učinke, posebej na hitro deleče se krvne celice, celice črevesja in podobno. Do sedaj je bilo prepoznanih že precej površinskih proteinov, značilnih za rakaste celice, proti katerim so že bila pripravljena terapevtska protitelesa (tabela 1).

Terapevtiki na osnovi protiteles lahko delujejo na različne načine (slika 3). Najbolj enostaven mehanizem delovanja je že sama vezave protitelesa na protein na površini rakave celice – to lahko vpliva na delovanje proteina in s tem zavira napredovanje rakavega obolenja (slika 3A). Na tak način delujeta zdravila Trastuzumab in Cetuximab, ki se vežeta na receptor Her2 oziroma na

receptor za epidermalni rastni dejavnik in s tem preprečita njegovo aktivacijo. Drug pristop predstavljajo protitelesa z vezanim »tovorom« – v najpreprostejši izvedbi je na protitelo vezana citotoksična spojina, ki po internalizaciji (vnosu kompleksa protein–protitelo v celico) povzroči njeno odmrtnje (slika 3B). Primer takega zdravila je Trastuzumab emtazin, prva tarčna kemoterapija za raka dojke. Tretji pristop so kompleksnejša večfunkcionalna terapevtska protitelesa, ki lahko pomagajo imunskemu sistemu prepoznati in uničiti rakasto celico (slika 3C). Tak primer je zdravilo Catumaxomab, ki je bilo prvo trifunkcionalno protitelo in hkrati prvo odobreno zdravilo za zdravljenje rakavih celic v trebušni vodenici, katere so pogosto povezane z epitelijskimi raki. Catumaxomab je hibridno protitelo, ki se hkrati veže na protein epitelijske celične adhezijske molekule EpCAM na površini rakastih celic in se hkrati veže preko receptorja CD3 na celice T, s tem pa sproži aktivacijo adaptivnega imunskega odgovora. To protitelo lahko aktivira tudi naravni imunski sistem, in sicer z vezavo na receptor za konstantno regijo protiteles, ki se nahaja na površini makrofagov, naravnih celic ubijalk in dendritskih celic. Na ta način lahko torej z umetno pripravljenimi protitelesi usmerimo nam lastni imunski sistem na želeno mesto in ga aktiviramo.

Kljub temu da predstavljajo tarčne terapije sodobnejši način zdravljenja in da je njihovo delovanje ciljno usmerjeno, pa niso brez neželenih stranskih učinkov. Že omenjeno zdravilo Catumaxomab je bilo leta 2017 umaknjeno s trga, k temu pa je domnevno pripomoglo prav dejstvo, da je bilo zdravilo premalo učinkovito, neželenih stranskih učinkov pa je bilo preveč (sproščanje signalnih proteinov citokinov in toksičnost za jetrne celice). V nekaterih primerih se vsi proteini na površini celic, ki se povečano izražajo pri rakavih celicah, pojavljajo tudi na površini (nekaterih) normalnih celic drugod v telesu. Konkretno, epitelijska celična ad-

Protein	Izvor rakavih celic	Terapevtsko protitelo
integrin $\alpha\text{v}\beta 3$	endotelijske celice	Etaracizumab
CAIX	debelo črevo	Girentuximab
CEA	debelo črevo	Labetuzumab, Arcitumomab, Besilesomab, Altumomab
CD44, v6	glava in vrat	Bivatuzumab
CXR4	dojke	BMS-936564
EGFR	glava in vrat, dojke	Cetuximab, Imgatuzumab, Panitumumab, Nimotuzumab, Matuzumab, Futuximab, Necitumumab, Zalutumumab
ErbB-2, Her2	dojke	Trastuzumab, Pertuzumab, Ertumaxomab
Emmprin	pankreas	Metuximab, Gabilimomab
Endoglin	endotelijske celice	TRC105
EpCAM	debelo črevo	Adecatumumab, Edrecolomab, Citatuzumab, Oportuzumab, Solitomab, Tucotuzumab, Catumaxomab
EphA2	jajčniki in melanomi	MEDI-547, Dasatinib, KB004
FAP- α	s fibroblasti povezani raki	Sibrotuzomab, F19
Folat R	jajčniki	FARLETUZEMAB
GRP78	endotelijske celice	PAT-SM6
IGF-1R	debelo črevo	Cixutumumab, Figitumumab
Mezotelin	mezoteliom	Amatuximab
cMet/HGFR	pljuča	Rilotumumab, Onartuzumab, Ficlatuzumab
Muc-1	dojke	Cantuzumab, Clivatuzumab
PSCA		AGS-1C4D4
PSMA	prostata	Capromab, J591
uPAR	debelo črevo	ATN-658

Tabela 1: Pregled za rakaste celice značilnih proteinov, proti katerim so bila pripravljena terapevtska protitelesa (Boonstra, De Geus, Prevoo, Hawinkels, Van De Velde, Kuppen, Vahrmeijer, Sier, 2016).

hezijska molekula (EpCAM) se tako v večji meri izraža tudi na sicer normalnih epiteljskih celicah, predvsem na površini celic v prebavnem traktu in ščitnici. Podobna težava je povezava z uporabo Trastuzumaba, ki prepozna receptor Her2 in se uporablja pri zdravljenju raka dojk – tarčni protein

Her2 se nahaja tudi na celicah srčne mišice, kar je neposredno povezano s kardiotoksičnostjo omenjenega protitelesa (Sandoo, Kitas, Carmichael, 2015). Dodatne težave predstavljajo heterogenost na ravni tumorjev ter celic samih in njihovega mikrookolja (med- in znotraj tumorska heterogenost),



Slika 3: Različni načini delovanja tarčnih protiteles.

slaba penetracija proteinskih terapevtikov v rakasto tkivo ter dejstvo, da se izražanje proteinov na površini celic med nastankom in napredovanjem rakavega obolenja spreminja (časovna heterogenost). Če spet za primer vzamemo epitelijsko celično adhezijsko molekulo (EpCAM), se ta povečano izraža na začetku razvoja karcinomov in na tumorskih matičnih celicah, po epitelijsko-mezenhimskega prehodu, povezanim z začetkom

metastaziranja, pa s površine rakastih celic izgine (Gires, Pan, Schinke, Canis, Baeuerle, 2020). Drug primer predstavlja uporaba terapevtskih protiteles Cetuximab in Panitumumab, usmerjenih proti receptorju za epidermalni rastni dejavnik (EGFR), kjer ne glede na videz optimalni izbor primernih bolnikov pride do pojava precejšnje odpornosti nekaterih rakavih celic zaradi znotraj-tumorske heterogenosti in pojava genetskih sprememb ravno kot posledica selekcijskega pritiska proti receptorju za epidermalni rastni dejavnik (EGFR) usmerjene terapije (Neves, Kwok, 2015). Za uspešen spopad z rakom je tako ključnega pomena podrobna opredelitev rakastega tkiva in njegove heterogenosti na začetku kot tudi neprestano spremljanje med zdravljenjem ter ustrezne prilagoditve terapevtskega pristopa, najbolje, podobno kot rakasto tkivo, zasnovanega heterogeno.

Novejši načini zdravljenja s ciljanjem proteinov na površini

Zaradi želje po učinkovitejših pristopih zdravljenja raka je ogromno truda vloženega v iskanje novih in izboljšanih pristopov, pri čemer pa so številni šele v začetnih stopnjah testiranj in je tako kljub njihovi zmogljivosti težko napovedati, ali se bodo pokazali za učinkovite. Tak primer je nadgradnja opisanih terapij s protitelesi, imenovana AD-PET, kjer je na protitelo pritrjen encim, ki pretvarja zdravilno učinkovino iz neaktivne v aktivno obliko (Sharma, Bagshawe, 2017). Tako protitelo se veže na površino rakavih celic, nato pa v krvni obtok bolnika vnese mo neaktivno obliko zdravilne učinkovine, ki se aktivira šele v rakavem tkivu in uniči rakave celice. S tem dosežemo povečano selektivnost in zmanjšanje stranskih učinkov, saj zdravilna učinkovina ne uniči celic v normalnih tkivih.

Pri trdnih tumorjih, kjer težavo predstavlja ta razdalja med žilami v tumorju ter sam zunajcelični matriks, ki otežuje prehajanje molekul po tumorskem tkivu, je posebej

izrazit problem penetracije globlje v tkivo. S tem problemom se ukvarja več raziskav, med drugim tudi nedavna, v kateri avtorji opisujejo usmerjene magnetne nanobote z lastnim pogonom (Andhari, Wavhale, Dhobale, Tawade, Chate, Patil, Khandare, Banerjee, 2020). Nanobote so sestavili tako, da so spojili nanodelce iz magnetita (Fe_3O_4) s protitelesi proti epitelijski celični adhezijski molekuli (EpCAM) ter nanocevkami iz ogljika, v te pa naložili tovor – kemoterapevtik doksorubicin. Nanodelci iz železovega oksida katalizirajo pretvorbo vodikovega peroksida, ki ga proizvajajo tumorske celice, v vodo in kisik, kar predstavlja gonilno silo, hkrati pa omogočajo vodenje nanobota z magnetom. S protitelesi proti epitelijski celični adhezijski molekuli (EpCAM) je doseženo ciljanje tumorskih celic, kjer po vezavi na epitelijsko celično adhezijsko molekulo (EpCAM) na njihovi površini pride do vnosa kompleksa v celico, kislo okolje lizosomov pa povzroči odprtje posebnih vratc nanocevk in s tem omogoči sprostitve kemoterapevtika doksorubicina iz njihove notranjosti. Ta preko zaviranja prepisovanja genov in podvojevanja DNA deluje citotoksično. Kombinacija vseh navedenih komponent se je pokazala vsaj dvakrat bolj učinkovita kot le delne kombinacije ali posamezne komponente pri uničenju trdnega tumorja. Raziskava je bila sicer opravljena na modelnem sistemu, vsekakor pa kaže na velik potencial nanotehnologije pri razvoju novih terapevtskih pristopov.

Ciljanje proteinov na površini celic za ustrezno dostavo zdravilnih učinkovin je neizogibno tudi pri povsem novih dostavnih sistemih in mehanizmih zdravljenja. Tak primer je uporaba bakterijskih minicelic, neživih sto do štiristo nanometrov velikih veziklov, ki nastanejo pri abnormalni delitvi bakterijskih celic. Gre za zanimiv dostavni sistem, ker se minicelice niso sposobne deliti in zato ne morejo povzročiti okužbe, hkrati pa so še vedno metabolno aktivne in vsebujejo vse potrebne komponente za pre-

pisovanje in prevajanje genskega zapisa. Minicelice za dostavo terapevtskih učinkovin pripravljajo iz bakterij *Salmonella enterica*, serotip *Typhimurium* (*S. Typhimurium*) (MacDiarmid, Brahmabhatt, 2011). Za tarčno zdravljenje z minicelicami uporabljajo bi-specifična protitelesa, ki hkrati prepoznajo protein na površini minicelic in protein na površini rakastih celic. Tak dostavni sistem uporablja zdravilo *TargomiR* (Reid, Kao, Pavlakis, Brahmabhatt, MacDiarmid, Clarke, Boyer, van Zandwijk, 2016), ki v minicelicah dostavlja mimetično mikroRNA (miRNA), ki posnema skupino mikroRNA miR-15/107, protitelo pa prepozna receptor za epidermalni rastni dejavnik (EGFR). Uporaba mimetikov mikroRNA sodi med novejšje mehanizme zdravljenja, temelji pa na tem, da z vnosom mimetikov mikroRNA popravlja v rakastih celicah porušeno uravnavanje izražanja proteinov z mikroRNA.

Ena od sodobnejših terapij v zdravljenju raka je tudi zdravljenje s celično terapijo CAR-T. Pri tem umetno spremenimo bolnikove lastne celice T tako, da izražajo himerni antigenski receptor (CAR), ta pa prepozna specifične proteine na površini rakavih celic. Celična terapija CAR-T ima precejšen potencial v zdravljenju rakavih obolenj, kot so na primer kronična limfocitna levkemija in B-celični limfomi, kaže pa se tudi, da za nekatere bolnike z rakom celična terapija CAR-T učinkuje le kratkoročno in jo je treba kombinirati z ostalimi že uveljavljenimi metodami (Dreger in sod., 2018).

Zaključek

Kljub napredku v odkrivanju, spremljanju in zdravljenju rakavih obolenj ta še vedno predstavljajo veliko uganko. Proteini na površini celic zagotovo pomenijo pomembni del sestavljanke, saj so zaradi svoje izpostavljenosti tudi dobra tarča usmerjenih terapij. Njihove pomanjkljivosti pa ne gre pripisati lastnostim proteinov na površini celic kot takih, temveč dejstvu, da je rak izredno kompleksna in dinamična bolezen. Z

napredkom pri raziskavah, ki odkrivajo temeljne lastnosti rakavih obolenj na molekularni ravni, tako genetski kot na ravni RNA in proteinov, ter razvojem in uporabo diagnostičnih pristopov spremljanja razvoja rakavih obolenj ob pomoči umetne inteligence bo v prihodnosti mogoče te pomanjkljivosti odpraviti, in sicer s prilagajanjem zdravljenja vsakemu bolniku in vsakemu rakavemu obolenju posebej.

Literatura:

- Andhari, S. S., Wavhale, R. D., Dbhale, K. D., Tawade, B. V., Chate, G. P., Patil, Y. N., Khandare, J. J., Banerjee, S. S., 2020: *Self-Propelling Targeted Magneto-Nanobots for Deep Tumor Penetration and pH-Responsive Intracellular Drug Delivery*. *Scientific Reports*, 10: 4703.
- Bausch-Fluck, D., Goldmann, U., Müller, S., van Oostrum, M., Müller, M., Schubert, O. T., Wollscheid, B., 2018: *The in silico human surfaceome. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115: E10988–E10997.
- Bianconi, D., Unseld, M., Prager, G. W., 2016: *Integrins in the spotlight of cancer*. *International Journal of Molecular Sciences*, 17 (12): 2037.
- Boonstra, M. C., De Geus, S. W. L., Prevoo, H. A. J. M., Hawinkels, L. J. A. C., Van De Velde, C. J. H., Kuppen, P. J. K., Vahrmeijer, A. L., Sier, C. F. M., 2016: *Selecting Targets for Tumor Imaging: An Overview of Cancer-Associated Membrane Proteins*. *Biomark. Cancer*, 8: BIC.S38542.
- Cancer Research UK. Dostopno: <https://www.cancerresearchuk.org/health-professional/cancer-statistics-for-the-uk>.
- Dreger, P., in sod., 2018: *High-risk chronic lymphocytic leukemia in the era of pathway inhibitors: integrating molecular and cellular therapies*. *Blood*, 132: 892–902.
- Ferlay, J., Colombet, M., Soerjomataram, I., Mathers, C., Parkin, D. M., Piñeros, M., Znaor, A., Bray, F., 2019: *Estimating the global cancer incidence and mortality in 2018: GLOBOCAN sources and methods*. *International Journal of Cancer*, 144: 1941–1953.
- Gaber, A., Lenarčič, B., Pavšič, M., 2020: *Current View on EpCAM Structural Biology*. *Cells*, 9: 1361.
- Gires, O., Pan, M., Schinke, H., Canis, M., Baeuerle, P. A., 2020: *Expression and function of epithelial cell adhesion molecule EpCAM: where are we after 40 years?* *Cancer and Metastasis Reviews*, 39: 969–987.
- Hanahan, D., Weinberg, R. A., 2011: *Hallmarks of cancer: The next generation*. *Cell*, 144: 646–674.
- Ishikawa, T., Ichikawa, Y., Shimizu, D., Sasaki, T., Tanabe, M., Chishima, T., Takabe, K., Endo, I., 2014: *The role of HER-2 in Breast Cancer*. *Journal of Surgery Science*, 2: 4–9.
- Jesenko, T., Grašič – Kubar, C., Čemažar, M., 2018: *Tekočinska biopsija pri raku*. *Onkologija*, 22 (2): 26–31.
- MacDiarmid, J. A., Brahmbhatt, H., 2011: *Minicells: Versatile vectors for targeted drug or si/shRNA cancer therapy*. *Current Opininion in Biotechnology*, 22: 909–916.
- Neves, H., Kwok, H. F., 2015: *Recent advances in the field of anti-cancer immunotherapy*. *BBA Clinical*, 3: 280–288.
- Paoletti, C., Hayes, D. F., 2016: *Circulating Tumor Cells. v Methods in molecular biology (Clifton, N.J.)* 1692, 235–258.
- Rakashanda, S., Rana, F., Rafiq, S., Masood, A., Amin, S., 2012: *Role of proteases in cancer: A review*. *Biotechnology and Molecular Biology Reviews*, 7: 90–101.
- Reid, G., Kao, S. C., Pavlakis, N., Brahmbhatt, H., MacDiarmid, J., Clarke, S., Boyer, M., van Zandwijk, N., 2016: *Clinical development of TargomiRs, a miRNA mimic-based treatment for patients with recurrent thoracic cancer*. *Epigenomics*, 8: 1079–1085.
- Rietdorf, S., O'Flaherty, L., Hille, C., Pantel, K., 2018: *Clinical applications of the CellSearch platform in cancer patients*. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 125: 102–121.
- Roth, G. A., in sod., 2018: *Global, regional, and national age-sex-specific mortality for 282 causes of death in 195 countries and territories, 1980–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017*. *Lancet*, 392: 1736–1788.
- Sandoo, A., Kitas, G., Carmichael, A., 2015: *Breast cancer therapy and cardiovascular risk: focus on trastuzumab*. *Vascular Health and Risk Management*, 11: 223.
- Sharma, S. K., Bagshawe, K. D., 2017: *Antibody Directed Enzyme Prodrug Therapy (ADEPT): Trials and tribulations*. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 118: 2–7.
- Sigismund, S., Avanzato, D., Lanzetti, L., 2018: *Emerging functions of the EGFR in cancer*. *Molecular Oncology*, 12: 3–20.
- Tomasetti, C., Vogelstein, B., 2015: *Variation in cancer risk among tissues can be explained by the number of stem cell divisions*. *Science*, 347: 78–81.
- Zadnik, V., in sod., 2017: *Rak v Sloveniji 2017*.
- Zhang, Y. K., Wang, Y. J., Gupta, P., Chen, Z. S., 2015: *Multidrug Resistance Proteins (MRPs) and Cancer Therapy*. *AAPS Journal*, 17: 802–812.

»Imaš dober nos«

Lidija Kocbek Šaherl, Kristijan Skok

Nos, uho in grlo so bili v ospredju zanimanja že od nekdaj. Zdravljenje teh organov so opravljali že v času Grkov, Hindujcev in Bizantincev. Veda, ki preučuje omenjene organe, je otorinolaringologija. V prispevku so predstavljene osnovne lastnosti voha, pomembnejša zgodovinska odkritja na tem področju, bolezni nosa, ki prizadenejo človeka, in nekatere značilnosti voha v živalskem svetu.

Voh ima evolucijsko gledano mnogo vlog: varuje pred nevarnostjo, omogoča zaznavanje feromonov in hrane ter se veže z drugimi čutili (na primer okusom). Do zaznave vonja pride v trenutku, ko se vonjave prenesejo po zraku, preidejo skozi nosnice v nosno votlino in se nato vežejo na vohalne (olfaktorne) receptorje v zgornjem delu nosne votline. Živci nato spremenijo informacijo v električni dražljaj, ta pa se prenese po pr-

vem možganskem živcu (*nervus olfactorius*) v možgane. Senzorne informacije začnejo komunicirati z drugimi deli možganov, odgovornimi za spomin, občutke in prepoznavo. Tako se izoblikuje občutek zaznave vonjave.

Sluznica nosne votline se po svoji vlogi deli na vohalno (zgornja tretjina) in respiratorno (spodnji dve tretjini). Nos je del dihalne poti in ima pomembno vlogo pri obdelavi vdihanega zraka. Vdihani zrak mora biti čist, topel in dovolj vlažen. Zrak se ob prehodu navlaži in segreje, zaradi dlačic in sluzi tudi očisti. Segrevanje poteka z mehanizmom širjenja žil, nabrekanjem sluznice in posledičnim segrevanjem vdihanega zraka. Raziskava, ki je preučevala povezanost med različnimi oblikami nosu in prilagoditvijo na različna podnebja,



Mandril (Mandrillus sphinx).

Avtor: Malene Thyssen.

Uporabljeno z licenco CC 2.5.

Vonj in izbira partnerja

Osebkov vonj je določen z glavnim kompleksom tkivne skladnosti (angleško *major histocompatibility complex*, *MHC*), ki je skupni izraz za veliko skupino genov v genomu večine vretenčarjev in njihove produkte (na primer beljakovine), ki imajo v imunskem sistemu vlogo razločevanja med lastnimi in tujimi antigeni v organizmu. Naloga kompleksa tkivne skladnosti je predstavitev antigenov limfocitom T. Če je določena snov tkivno skladna, jo obrambne celice pustijo pri miru. V nasprotnem primeru je snov določena kot patogen in telo začne proizvajati obrambne molekule. Večja kot je raznolikost kompleksa tkivne skladnosti posameznika, večja bo raznolikost antigenov in posameznik se bo lahko bolje branil proti patogenom. Na podlagi kompleksa tkivne skladnosti je izbira partnerja posredovana z vonjavami pri ribah, plazilcih, ptičih, miših, primatih in ljudeh. Podatki, ki jih posameznik z zaznavo feromonov pridobi, nosijo genetski zapis posameznika. Na podlagi teh vonjav si osebek poskuša zagotoviti sebi genetsko čim bolj kakovostnega partnerja.

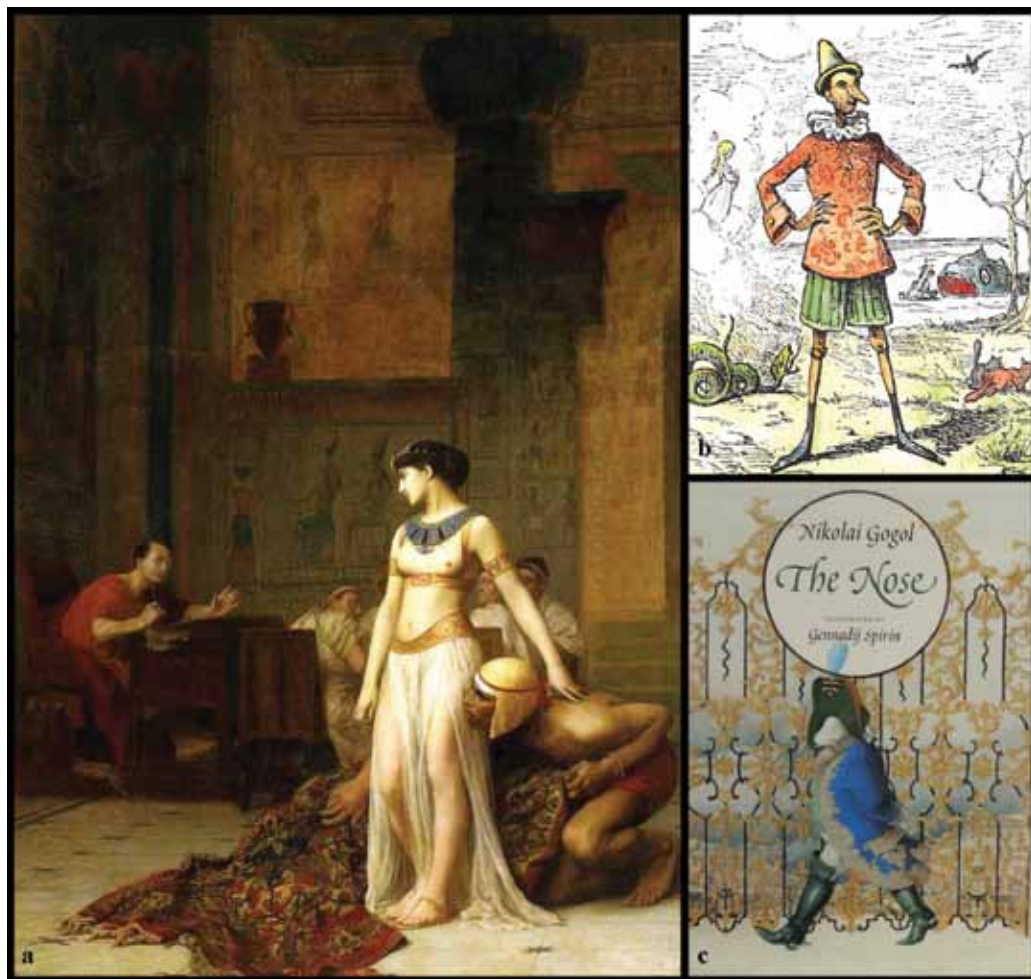
Simbolni pomeni

Za Egipčane je bil nos najpomembnejša odprtina človeškega telesa in so z njim zato med mumificiranjem ravnali posebej skrbno. Hkrati so sovražniku nos odrezali in preprečili njegovo preživetje v deželi mrtvih.

Nekatere vonjave povezujemo z okoliščinami, idejami, posamezniki in spomini. Vonja po žveplu in gnilobi sta tradicionalno vezana na misel o peklu, vonjave vrtnic in lotosa pa z rajem. Vonj, ki ga zaznamo po dežju, *petrichor*, je posledica prepleta razgradnih organskih produktov in delovanja bakterij *Actinomyces*, ki živijo v tleh ter ob suhem vremenu izdružijo spore in snov geosmin. Vlaga in moč padca dežja dvigneta kombinacijo teh sestavin v zrak, kjer ta zaradi vlažnosti deluje kot prenašalec značilnega vonja.

Tudi zunanost nosu ima simbolni pomen. Znani francoski matematik Blaise Pascal je o Kleopatri šaljivo izjavil: »Če bi bil Kleopatrin nos krajši, bi bil svet drugačen.« Pri tem ni govoril o njeni lepoti, temveč o odločnosti, ki jo simbolizira velik nos. Nekateri omenjajo, da se po obliki nosu lahko določi značaj. Nos, kakršnega so upodabljali stari Grki, je dolgo veljal za plemeniti nos. Nekatere razlage oblik nosu, ki so se rade uporabljale, so: tanek, dolg in koničast (čustvena revščina, pogosta skopost, hladnost, egoizem); okrogel, mesnat in ne zabuhel (globoka čustvenost, nežnost, sočutnost, človeški odnos); debel in pretirano mesnat nos (poudarjena čutnost, pogosta neodločnost); ploščat in širok nos (brezobzirnost); majhen, privihnen, top nos (modri, vendar nečimrni in prevzetni) in tako dalje. Poseben pomen so pripisovali tudi obliki nosnic: majhne (plašni človek); velike (skrajnostni in nezmerni ljudje); miganje z nosnicami (čustveno negotov in se ne more obvladovati). Nos je omenjen tudi v sanjskih knjigah: »... če boš videl pravičen nos, nikar ne obupaj, vse bo šlo prav lepo; če boš videl velik nos, te bodo za osla imeli.«

Nos se pojavlja v jeziku in literaturi. Nekdo, ki viha nos nad čim, izraža nezadovoljstvo; če v vsako reč vtakne svoj nos, pomeni, da se vmešava; ne vidi dlje od svojega nosa, pomeni, da ne zna predvidevati posledic svojega ravnanja; odločil se je na vrat na nos, nepričakovano, nenadoma in tako dalje. V literaturi so zelo znani primeri uporabe nosu v zgodbah in romanih: *Nos* (N. V. Gogolj, 1836), *Prigode Ostržka* (C. Collodi, 1883), *Veliki Gatsby* (F. Scott Fitzgerald, 1925) in *Parfum* (P. Süskind, 1985).



Različni pomeni nosu.

- a) Slika Kleopatre in Cezarja. Jean-Léon Gérôme, 1866. Uporabljeno z licenco CC 4.0.
 b) Ilustracija prve izdaje knjige Ostržek. Avtor ilustracije: Enrico Mazzanti. Uporabljeno z licenco CC 4.0.
 c) Povest Nos od N. V. Gogolja. Avtor ilustracije: Gennadij Spirin. Uporabljeno z licenco CC 2.5.

je ugotovila, da so evolucijski mehanizmi, ki so vodili v razvoj različnih oblik nosu, podobni kot vpliv različnih podnebnih in izpostavljenost soncu na pigmentacijo. Ljudje v toplejših podnebnih imajo večjo razdaljo med nosnimi krili oziroma širši nos kot ljudje v hladnih podnebnih, ki imajo ožji nos.

Zgodovina

Egipčani so s svojimi posegi pri mumificiranju bili tako rekoč predhodniki nosnih kirurgov. Prvo medicinsko poročilo o posegu na nosu sega v 6. stoletje pred našim štetjem. V njem je opisan pribor iz bambusa, ki so ga uporabljali za tonzilektomije in odstranitve nosnih polipov. Hipokrat je opisal načine zdravljenja različnih poškodb nosu in celo poseg rekonstrukcije nosu. Hi-

pokratove anatomske opise nosu je v 15. stoletju dopolnil Leonardo da Vinci. Prav tako pomembna sta bila v tem obdobju George Thomas in Gaspare Tagliacozzi. V 17. stoletju je bilo objavljenih več raziskav o zdravljenju gnojnih sinusitisih. V 18. stoletju je Henle odkril različne vrste povrhnjice (epitelija) v nosu. Zelo pomembno je odkritje endoskopije (Philipp Bozzini, 1806), ki je velikemu številu medicinskih ved omogočilo hiter napredek. Leta 1879 so začeli uporabljati endoskop tudi pri rinoskopiji. V 20. stoletju je prišlo do združitve ved in nastanka otorinolaringologije. V drugi polovici stoletja so pri operativnih posegih začeli uporabljati mikroskop, prav tako je bilo več odkritij na področju fiziologije in patologije obnosnih sinusov. Druga pomembnejša od-

kritja so bili novejši endoskopi (Storz), računalniškotomografska (CT) preiskava (Geoffrey Hounsfield, 1969) in nove operativne tehnike na področju rekonstrukcije nosu.

Osnovne lastnosti in zgradba nosu

Nos je zgrajen iz kože, podkožnih mišic, kosti in hrustancev. Kostni del nosu sestavljajo nosni pretin, nosnica, zgornja čeljustnica, čelnica, zagozdica in nebica. Hrustančne strukture nosu so parna stranska hrustanca in krilati hrustanci za nosna krila, ki določajo obliko nosne konice in nosnice. Zunanje anatomske strukture nosu so koren, hrbtišče in vrh. Nos ima dve odprtini, nosnici. Med seboj sta ločeni z delno kostno-hrustančno-kožno pregrado (*septum*). Nosnici sta vhod v nosna pred-

Odziv flehmen pri vrsti domačega kozla (Capra aegagrus hircus).

Avtor: Böhringer Friedrich. Uporabljeno z licenco CC 3.0.



vora in nato v nosni votlini, ki sta na koncu z dvema odprtinama, hoanama, povezani z nosnim delom žrela. Nosne školjke tvorijo z odgovarjajočim delom zunanje stene nosne kanale, ki so povezani z obnosnimi sinusi. Obnosni sinusi so votli prostori v kosteh okoli nosne votline, zapolnjeni z zrakom in prekriti z respiratorno povrhnjico. Po kanalu se v nosno votlino izlivajo tudi solze.

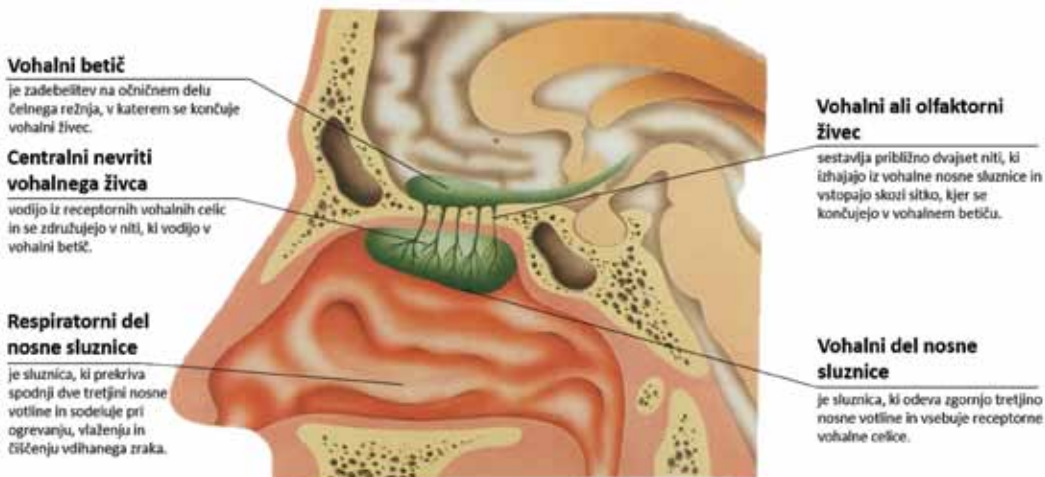
Sluznica nosne votline je prekrvljena z več vejami arterij in ven, ki se prepletajo in združujejo v pleteže (Kiesselbachov pletež). Kirurg mora za uspešno operacijo dobro poznati njihovo delitev in povezave, saj so pogost razlog krvavitve iz nosu. Eden izmed dnevnih fizioloških pojavov je izmenično nabrekanje in plahnenje nosne sluznice (nosni cikel). Posledično imamo včasih občutek zaprtosti ene nosnice. Mehanizem je uravnavan z avtonomnim živčnim sistemom in ga imajo tudi druge vrste sesalcev. Razlog za skrb lahko postane samo pri zelo izrazitem in hitrem menjavanju. Za oživenost nosu večinoma skrbita peti in sedmi možganski živec.

Zaradi venske komunikacije se lahko okužbe iz nosnega dela obraza neposredno ši-

rijo do možganov. Območje je imenovano nevarni trikotnik. Isto velja tudi za okužbe znotraj nosu, zato sluz nosne povrhnjice vsebuje mukopolisaharide, soli, encime in protitelesa, ki so pomembni za obrambo pred okužbami. Sluz deluje kot topilo za molekule, s čimer omogoča zaznavo vonja.

Olfaktorni receptorji ležijo visoko v strehi nosne votline, v predelu sluznice, ki jo prekriva olfaktorna povrhnjica. Površina olfaktorne povrhnjice je pri ljudeh 10 kvadratnih centimetrov, pri psih 170 kvadratnih centimetrov. Območje pri psih je veliko bolj na gosto oživčeno, kar pomeni, da je pri psih stokrat več celic na kvadratni centimeter. Povrhnjico podobno kot okušalne brbončice sestavlja več vrst celic: čutne celice, ki so povezane z živčnimi vlakni (receptorne), oporne in bazalne celice. Receptorne celice so občutljive za kemijske dražljaje hlapljivih snovi. Obstajalo bi naj sedem različnih receptornih vohalnih celic za sedem osnovnih vonjav: vonjave kafe, pižma, mete, etra in cvetlične, dišavne in gnilobne vonjave. Če receptorne vohalne celice draži nekaj časa ena vonjava, se utrudijo in prenehajo s pošiljanjem impulzov v osrednje živčevje. Člo-

Nosna votlina. Arnau, E., 1997: Človeško telo. Ljubljana: Tehnična založba Slovenije.



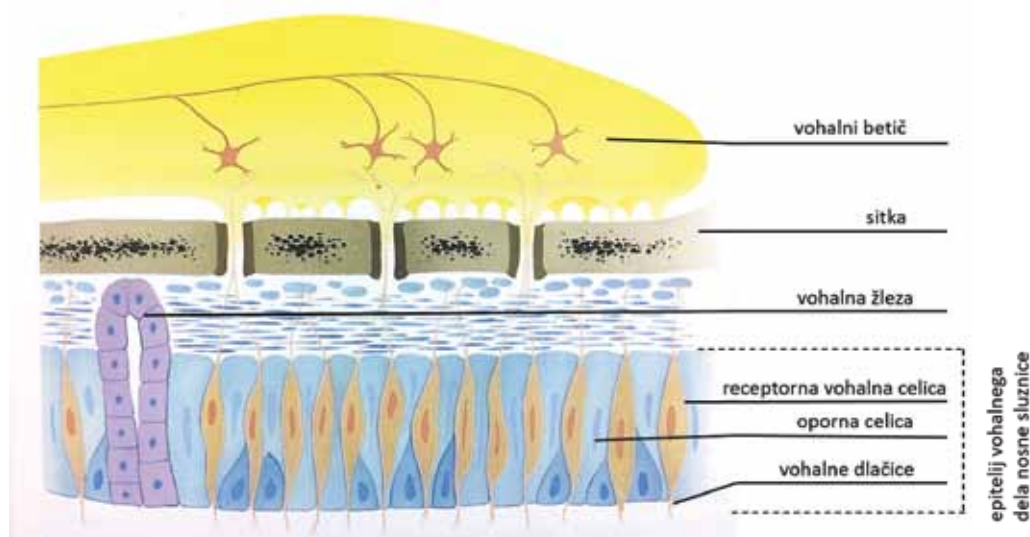
vek ima približno 25 milijonov čutnih celic za voh, pes jih ima 220 milijonov. Ljudje lahko zaznajo več kot 10.000 vonjav.

Nekaj posebnosti nosa v živalskem svetu

Živali uporabljajo voh za različne namene, iskanje hrane, sporazumevanje z drugimi ali za zaščito pred plenilci. Živali, ki imajo najbolj razviti voh, so medvedi, morski psi in sloni. Kljub temu, da možgani medveda predstavljajo le tretjino možganov človeka, je območje možganov, odgovorno za voh, petkrat večje kot pri človeku. Morski pes lahko prepozna kapljo krvi v 100 litrih vode. Z uporabo kemične komunikacije lahko mravlje določijo, kateri člani njihove skupine so glavni ali manjši delavci in kdo je kraljica. Izjemen voh imajo tudi podgane, ki so posebej urjene za iskanje zemeljskih min in tuberkuloze. Pse uporabljajo tudi v medicini, saj imajo sposobnost zaznati epileptični napad, študije tudi kažejo, da so nekateri izurjeni za prepoznavo bolnikov z rakom. Pse uporabljajo še za sledenje ter iskanje pogrešanih, nedovoljenih drog in bomb.

Večina sesalcev in plazilcev ima dva različna ločena olfaktorna sistema. Glavni sistem, ki zaznava škodljive vonjave, in dodatni ali akcesorni, ki zaznava feromone, pri čemer lahko te zaznava tudi glavni olfaktorni sistem. Z vomeronazalnim ali Jakobsonovim organom se v akcesornem sistemu zaznavajo vonjave. Kače ta organ uporabljajo za zaznavanje vonja plena. To delajo z jezikom, s katerim se dotikajo organa in prenašajo molekule vonjav. Nekatere živali (na primer konji, mačke, koze) izzovejo poseben refleks, imenovan flehmen, pri katerem zavijajo zgornjo ustnico, pokažejo zobe in vdihnijo pri zaprtih nosnicah. S tem ravnanjem usmerijo vonjave do Jakobsonovega organa, ki se nahaja nad zgornjo ustno steno in je povezan s kanalčkom, ki ima odprtino za sprednjo vrsto zob. Žuželke imajo posebne čutne organe za voh v tipalkah, dodatni organi se lahko nahajajo tudi v območju ust ali genitalij. Samec indijskega molja lahko zazna eno samo molekulo spolnega feromona na enajst kilometrov.

Vohalni del nosne sluznice. Arnau, E, 1997: Človeško telo. Ljubljana: Tehnična založba Slovenije.



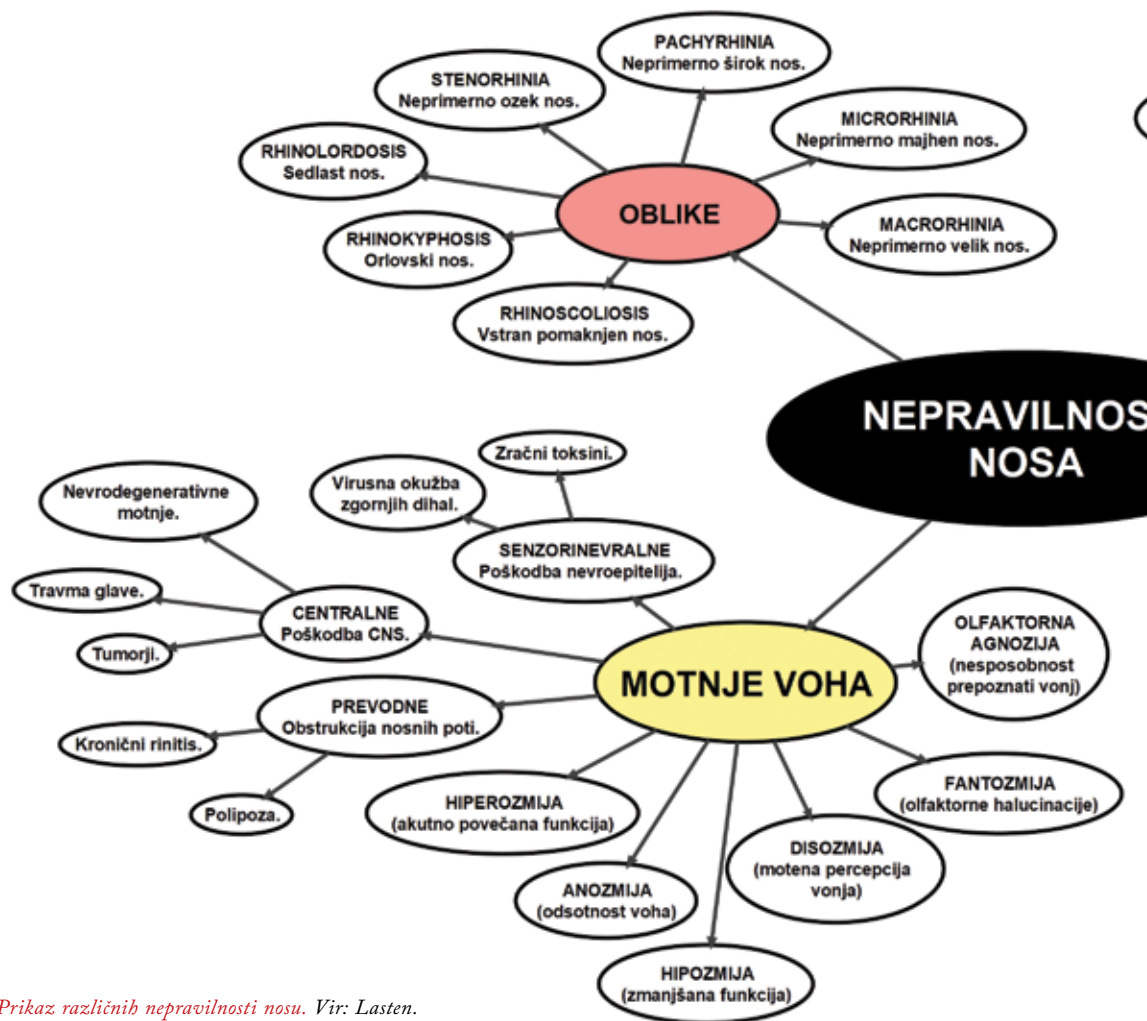


Indijski lunin molj (*Actias selene*). Avtor: Mohitpatel845. Uporabljeno z licenco CC 4.0.

Nekatere bolezni nosu

Poznamo veliko izrazov, ki opisujejo obliko, delovanje in napake delovanja vonja in nosa. Ena pogostih je krvavitev iz nosu ali epistaksa (grško *epi*, zgoraj; *stazein*, padati v kapljicah). Krvavitev se v normalnih okoliščinah ustavi po nekaj minutah. Nastane zaradi poškodbe žile znotraj nosne sluznice in se deli na sprednje in zadnje krvavenje. Poškodbe so lahko samodejne ali posledica zunanega vpliva. Krvavitve iz nosu se občasno pojavijo v do 60 odstotkih populacije, z največjo pojavnostjo v starostnih skupinah pod 10 let in nad 50 let, pogostejše pri moških. Samodejna epistaksa je pogostejša pri starejših. V starosti se nosna sluznica namreč stanjša in izsuši ter tako postane bolj ranljiva. Ob tem imajo starostniki pogosto

še pridružene bolezni, ki lahko podaljšajo krvavitve (povišani tlak, terapija proti strjevanju krvi in podobno). Večina krvavitve iz nosu izvira iz sprednjega predela nosu, iz Kiesselbachovega predela. Krvavitve iz zadnjega predela so pogosto dolgotrajnejše in bolj nevarne ter zahtevajo dodatno oskrbo. Za ugotovitev vzroka poleg pogovora in pregleda opravijo še merjenje krvnega tlaka, izključijo motnje strjevanja krvi in opravijo sprednjo rinoskopijo/endoskopijo. Splošni ukrepi, ki si jih velja zapomniti, so: stisniti nos, ne požirati krvi, obdržati vzravnani položaj in položiti vrečko ledu na tilnik, kar izzove refleksno stisnjenje žil. Pri hujši epistaksi opravijo nosno tamponado. Če je izvor krvavitve spredaj, se sprednjo nosno votlino zapolni z mazili prepojenimi trakovi

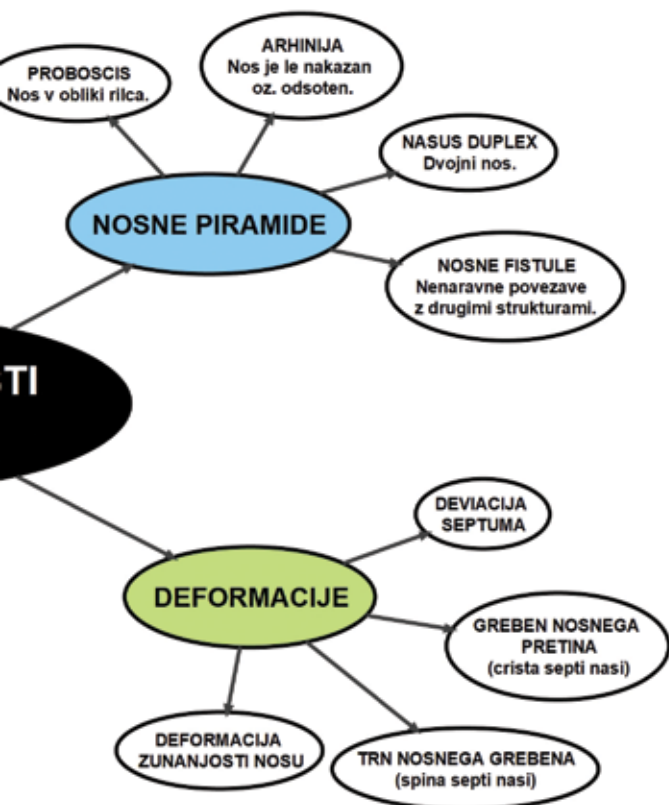


Prikaz različnih nepravilnosti nosu. Vir: Lasten.

gaze ali posebno peno, ki se razširi. Tamponado lahko opravijo tudi z balonskim katetrom spredaj ali zadaj. Vedno opravijo tamponado obeh nosnic, ker mora biti prisoten pritisk z obeh strani. Takšen poseg je lahko v uporabi samo do tri dni, kajti potem pride do propadanja tkiva. V najhujših primerih krvavitev opravijo podvezovanje ali embolizacijo žile.

Slika renesančnega umetnika Domenica Ghirlandaia, ki prikazuje starega moža s svojim vnukom, ni zanimiva le z umetniškega vidika, temveč tudi medicinskega. Moški

na sliki ima spremenjeni gomoljasti nos, kar imenujemo rinoforma (grško *rinós*, nos, in *phyma*, rašča). Je eden izmed najpomembnejših benignih obraznih tumorjev, posledica povečanja vezivnega tkiva in lojnic. Razširitev žil nad hrustančnim delom nosu daje rdečkasti videz. Pogosto se pojavi pri bolnikih, ki imajo kožno bolezen rosaceo. Rinoforma napreduje počasi. Diagnozo bolezni postavijo ob kliničnem pregledu. Bolezen se zdravi kirurško, z odstranitvijo odvečnega tkiva z ostrim instrumentom ali laserjem. Rembrandtova slika z naslovom *Portret Ge-*



rarda de Lairesee prikazuje nizozemskega slikarja in umetnika, ki sedi v fotelju in drži kos papirja, z značilno sedlasto obliko nosu, ki je posledica prirojenega sifilisa. Nastane kot posledica razgradnje nosnega pretina (septuma). Druga stanja, ki so povezana s takšno obliko nosu, so travma (boksarji), ponavljajoči polihondritis, granulomatoza s poliangitisom, lepra, Downov sindrom, uživanje kokaina preko nosu in podobno. Sedlasti nos se lahko operativno popravi s posegom, imenovanim rinoplastika. Rinoplastika je poseg, namenjen po-

Prikaz bolezni nosu v umetnosti.

a) Prikaz rinoŕime na sliki Starec in njegov vnuk. Domenico Ghirlandaio, približno leta 1490, https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/53/Domenico_ghirlandaio%2C_ritratto_di_nonno_con_nipote.jpg.

b) Prikaz sedlastega nosu na Portretu Gerarda de Lairesee. Rembrandt, približno leta 1665–1667, https://en.wikipedia.org/wiki/Gerard_de_Lairesse#/media/File:Rembrandt_Harmensz._van_Rijn_095.jpg.



pravilu in rekonstrukciji oblike, funkcije in tudi estetskega značaja nosu. Vzroke za poseg so poškodbe (opekline, ugrizi, zlomi in tako dalje), prirojene napake (na primer palatoshiza), rašče in morebitne estetske pomanjkljivosti. Zdravnik, ki opravlja operacijo, mora zelo dobro poznati mehkotivne strukture nosu, estetske podenote in segmente, ožilje tkiva, limfatični sistem, oživčenost, kostne strukture in nosne hrustance. Večinoma zdravnik loči mehkotivne strukture od kostno-hrstančnih predelov nosu. Nato začne, odvisno od namena posega, preoblikovati želeno strukturo. V primeru pomanjkanja lastnega materiala lahko uporabijo lastne presadke (kostnega, hrstančnega, tkivnega). Po posegu se območje stabilizira. Drugi, širše poznani poseg se imenuje septoplastika. Poseg je namenjen popravilu napak septuma, odstranitvi ukrivljenega hrustanca in kostnih delov septuma skupaj z morebitnimi odrastki in grebeni ter reimplantaciji v srednjo linijo brez tenzij, saj premik oziroma deviacija septuma od sredine privede do motenj pri dihanju in krvavitve.

Slovarček:

Tonzilektomija. Kirurška odstranitev nebnic (mandljev).

Sinusitis. Vnetje obnosnih votlin (sinusov).

Rinoskopija. Pregled nosu.

Kiesselbachov pletež. Območje v srednjem predelu nosu, kjer se prepletajo štiri arterije.

Epistaksa. Krvavitev iz nosu.

Tamponada. Zapolnitev s tamponom, da se zaustavi krvavitev in odstrani tekočina.

Embolizacija. Postopek interventne radiologije, s katerim v žilo vnašamo umetni embolus, da bi se organ ali del organa izključil iz krvnega obtoka.

Rinofima. Gomoljasti nos, benigni obrazni tumor, posledica povečanja vezivnega tkiva in lojnic.

Polihondritis. Vnetje več hrustancev.

Granulomatoza. Stanje, za katerega je značilno nastajanje multiplih granulomov.

Palatoshiza. Po sredini razcepljeno nebo, prirojena anomalija, nastala zaradi napake v razvoju neba, volčje žrelo.

Rinoplastika. Operacija nosu, ki popravi okvaro nosu ali spremeni obliko oziroma velikost nosu.

Septoplastika. Operacija, ki popravi okvaro nosne pregrade.

Viri in literatura:

Hachmeister, J. E., 2003: *An Abbreviated History of the Ear: From Renaissance to Present*. *Yale Journal of Biology and Medicine*, 76: 81–86.

Hutchins, M., Evans, V. A., Garrison, R. W., Schlager, N., eds., 2003: *Grzimek's Animal Life Encyclopedia, 2nd edition. Volume 3, Insects*. Farmington Hills, Michigan: Gale Group.

Martiničič, Š. D., 2010: *Histologija: Univerzitetni učbenik*. Maribor: Medicinska fakulteta.

Nogueira, Jr. J. F., Hermann, D. R., Américo, R. dos R., Barauna Filho, I. S., Stamm, A. E. C., Pignatari, S. S. N., 2007: *A brief history of otorhinolaryngology: otology, laryngology and rhinology*. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 73 (5): 693–703. Dostopno na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18094813> (6. novembra 2017).

Probst, R., 2005: *Basic Otorhinolaryngology. A Step-by-Step Learning Guide*. Stuttgart: Thieme.

Ronneberg, A., 2010: *The book of symbols: reflection on archetypal images*. Köln: TASCHEN GmbH.

Spletni naslovi:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26263231>.

Prispevek o določanju sorodstva med ljudmi.

<http://journals.plos.org/plosgenetics/article?id=10.1371/journal.pgen.1006616>.

Prispevek o povezanosti med podnebjem in obliko nosa.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5053491/>.

Prispevek o fiziologiji nosnega cikla.

Jesenček (*Dictamnus albus*), novost za floro Bohinja in Julijskih Alp

Brane Anderle, Branko Zupan, Igor Dakskobler

Konec maja leta 2020 sta Branko Zupan (starejši Branko) in Brane Anderle (mlajši Branko) na pohodu iz Ukanca čez strma pobočja nad severno obalo Bohinjskega jezera (na nekaterih zemljevidih je za ta predel napisano ime Nad jezerom) v vrzelih združbe črnega gabra in žarkaste košeničice (*Cytisantho-Ostryetum*) našla peresasto bodalico (*Stipa eriocaulis*). Vedela sta, da ima ta toploljubna trava nahajališče tudi v Bohinju (tako je zapisal Nejc Jogan v *Mali flori Slovenije*, in sicer pri omembi podvrste *S. eriocaulis* subsp. *austriaca*), a vir za ta podatek jima ni bil znan. Iz te najdbe se je razvila zanimiva zgodba, pri kateri sodelujem v glavnem le kot zapisnikar.

Mlajši Branko mi je njuno najdbo, ki ga je zelo razveselila, kmalu sporočil. Tudi sam nisem vedel, kdo in kje je prvi našel bodalico v Bohinju. V istem letu smo na našem inštitutu sklenili dogovor s Triglavskim narodnim parkom, da zanje pripravimo poročilo o nekaterih redkih ali ogroženih rastlinskih vrstah in združbah. Med vrste, ki zaslužijo obravnavo, smo uvrstili tudi peresasto bodalico. Starejšega Branka sem zato prosil, da me naslednje leto vodi na njuno

*Vrzel v nizkem gozdu črnega gabra (*Cytisantho-Ostryetum*), rastišče peresaste bodalice (*Stipa eriocaulis*) nad severno obalo Bohinjskega jezera.*

Foto: Igor Dakskobler.



novo nahajališče Nad jezerom, da ga tudi fitocenološko popišem. 9. junija leta 2021 se je to uresničilo. Pridružil se nama je še mlajši Branko in uspelo nam je priti na strmi pomol nad jezerom. Peresasta bodalica je cvetela in na dveh krajih na nadmorski višini 800 metrov in 820 metrov smo naredili popisa. Prijateljema sem povedal, da je naš skupni botanični učitelj, tretji Branko

(Vreš), našel prvo objavo o bodalici v Bohinju. Me je bilo kar sram, revijo *Varstvo narave*, številko 5 iz leta 1967, sem imel tisto zimo pogosto v rokah, a sem očitno prebiral samo dele članka Toneta Wraberja. Prav on je namreč našel peresasto bodalico, in to že leta 1958 (ko je bil star dvajset let) v skalovju južnega pobočja Studorja nad Staro Fužino, približno 700 metrov visoko. Prija-



Rastišče peresaste bodalice (Stipa eriocaulis) na prisojnih pobočjih Studorja nad potjo iz Stare Fužine proti vasi Studor.

Foto: Igor Dakskobler.



Prisojna pobočja Studorja, nahajališča jesenčka (Dictamnus albus) so v levem srednjem delu slike.

Foto: Igor Dakskobler.



*Prisojna pobočja
Studorja z združbo
črnega gabra in žarkaste
košeničice, v kateri
ponekod raste jesenček.
Foto: Igor Dakskobler.*

teljema je Wraberjeva najdba izpred več kot pol stoletja dala misliti.

Le nekaj dni pozneje, 13. junija, sta sicer načrtovala teren na Soriško planino, a sta se premislila in se obrnila proti Studorju. Imela sta izjemno uspešen dan. Starejši Branko, domačin in stezosledec, je hitro vedel, kam je treba iti, in peresasto bodalico sta našla na dveh krajih, nad gozdno vlako proti Pravalu (v severozahodni smeri, okoli 600 metrov visoko) in nad potjo proti vasi Studor, ob komaj opazni lovski stezici v nekoliko izsekanem vrzelastem grmišču, približno 630 metrov visoko. Svet je tu zelo strm, kamnit, težko prehoden, a oba Brankota sta pot nadaljevala prečno navzgor, proti severozahodu.

Ob prebijanju skozi gozdnato brezpotje sta se znašla pred rastlino, ki jima je dokončno vzela sapo. Na Gorenjskem jo namreč zelo težko vidiš. Pri prvih primerkih sta še nekoliko dvomila, a le dokler nista prišla tudi do cvetočih rastlin. Našla sta jesenček (*Dictamnus albus*), do meter visoko rastlino z vonjem po limoni, ki te lahko grdo opeče. Navadno raste na toplih kamnitih rastiščih, v svetlih (vrzelastih) gozdovih in na gozdnih robovih. Pogost je na Primorskem, še

posebej na apnenčastih območjih, v notranjosti Slovenije so njegova znana nahajališča vsa zunaj Alp.

Ko sta mi sporočila veselo novico, sem kar pristrigel, kako je spet to mogoče, ko ga v Posočju najseverneje poznam pri vaseh Doblar in Spodnji Log, ne pa recimo na toplih rastiščih pri Mostu na Soči ali Tolmina, kaj šele kje bližje goram. Ni šlo drugače, starejšega Brankota sem prosil, da mi to novo bohinsko botanično presenečenje pokaže v živo, da naredim fitocenološke popise. Kmalu, 17. junija, sva to storila. Najprej sva popisala obe nahajališči bodalice, potem pa šla iskat jesenčka. Bilo je precej težavno, poti skoraj ni, zlahka zgrešiš pravo smer in v strmini sam verjetno ne bi dosti opravil. Še Branko se je nekoliko lovil in ni bil povsem gotov, ali greva dovolj visoko ali ne. A do jesenčkov sva prišla, in to na več krajih, tako da sva uspela narediti šest fitocenoloških popisov na nadmorski višini med 675 metrov in 750 metrov. Turo sva srečno zaokrožila, a čez nekaj dni me Branko pokliče, kaj je zdaj to, ker je imel po telesu opekline. Na terenu sem ga le mimogrede (premalo poudarjeno) opozoril, naj bo z jesenčkom previden (z njim sem imel pred leti zelo slabe izkušnje



Cvetoči in plodeči jesenček pod Studorjem, 17. junija 2021. Foto: Igor Dakskobler.

s prav tako strmih in kamnitih Sabotinovih pobočij). Na srečo ni bilo hujšega, v šali rečeno, je naša roža bohinjskega botanika kaznovala, ker je razkril njeno tukajšnjo skrivnost.

Pozno jeseni leta 2021 sem fitocenološke popise s Studorja uredil v preglednico. Gozd, ki sva ga popisovala, nizek, vrzelast, s črnim gabrom in malim jesenom v najvišji sestojni plasti in rujem (*Cotinus coggygria*) v grmovni plasti, s pogosto omeliko (žarkasto košeničico, *Genista radiata*), sodi v združbo črnega gabra in omelike (*Cytisantho-Ostryetum*).

Skoraj pred 65 leti, v letu mojega rojstva (1957), je v prisojne strmine Studorja zahajal znameniti biolog in fitocenolog Maks Wraber. V svoji razpravi iz leta 1961 je na-

pisal, da je tipične (optimalno razvite) sestojne nove asociacije (*Cytisantho-Ostryetum typicum*) našel prav na strmih prisojnih pobočjih Studorja nad Staro Fužino. Toda v njegovih popisih jesenčka ni, prav tako ne peresaste bodalice. Bodalico je njegov sin Tone našel prav v tistih letih, toda na bolj odprtih površinah, ki so bile za očeta Maksa (in so tudi za nas) le degradacijske oblike njegove združbe. Čeprav je nadmorska višina njegovih popisov pod Studorjem (od 690 do 810 metrov) podobna nadmorski višini naših popisov, menimo, da v predele z jesenčkom najbrž ni zašel. Se pa naši popisi v večini vrst z njegovimi popisi izpred šestdeset let dobro ujemajo. Morda smo, ker smo popisovali že v juniju (Maks Wraber pa julija in avgusta), spregledali lepi luk (*Alli-*



Skupno uspevanje jesenčka in žarkaste košeničice (*Genista radiata*) je v Sloveniji redkost.

Foto: Igor Dakskobler.

um carinatum subsp. *pulchellum*), ki je značilnica te gozdne združbe. V Wraberjevih popisih pa poleg jesenčka ni pirenejske vijolice (*Viola pyrenaica*), dolgolistne naglavke (*Cephalanthera longifolia*), naprašenega lučnika (*Verbascum lychnitis*) in puhastega hrasta (*Quercus pubescens*) – slednji je pod Studorjem zelo redek.

Ko sem svoji ženi Ljudmili omenil prese-
netljivo najdbo naših gorenjskih prijateljev,
mi je navrgla, saj to ni tako nenavadno, če
je tam lahko ruj, je tudi jesenček. Zato sem
šel v našo inštitutsko bazo *FloVegSi* preveri-
ti popise, v katerih skupaj rasteja jesenček
in ruj. Veliko jih je, večina s Primorske in
apnenčaste podlage, še posebej s Sabotina,



Vrzeli v združbi črnega gabra in žarkaste košeničice, v katerih v grmovni plasti prevladuje ruj (*Cotinus coggygria*), v zeliščni plasti pa raste jesenček.

Foto: Igor Dakskobler.

južnega roba Trnovskega gozda in Nana, s Krasa in Kraškega roba. Prevladujejo nahajališča v toploljubnih submediteranskih združbah puhastega hrasta, črnega gabra, črniče, cera in gradna.

Nekaj skupnih nahajališč ruja in jesenčka poznamo tudi v notranjosti Slovenije. Poleg Bohinja so le v Iškem Vintgarju, v Zasavju in pod Bočem, vsa v združbi puhastega hrasta in črnega gabra (*Quercus-Ostryetum*), le da je na njih geološka podlaga dolomit ali dolomitni apnenec (Zupančič in sod., 2009). V jugovzhodnoalpsko-severnodinarski združbi črnega gabra in malega jesena (*Fraxino orni-Ostryetum*) smo jesenček do zdaj popisali le v Strugu v krajinskem parku Zgornja Idrija, kjer je geološka podlaga apnenec, ne pa na dolomitnih pobočjih nad srednjo Idrijo, v Hotenji in Trebuši, kjer je sicer precej ruja.

Zagotovo jesenčku teren pod Studorjem ustreza. Njemu v prid so topla, južna (prisojna), strma, kamnita, apnenčasta pobočja, gozd je pogosto vrzelast, zdaj bolj ali manj obvarovan sekire in paše, a v preteklosti so ga najbrž tudi sekali in zagotovo pasli koze. Bohinj (pojem se pokriva z ozemljem zdajšnje istoimenske občine) je zagotovo ena izmed botaničnih vročih točk Slovenije. Tako raznovrstno rastlinstvo in rastje, od

nizkih barij in logov do alpskih travišč in snežnih dolinic, ima le redkokatera slovenska občina. Botaniki ga že dolgo obiskujejo, med njimi so bile znamenite osebnosti iz kulture in znanosti (kamor sodita tudi Maks in Tone Wraber), a še vedno se najde kakšno presenečenje. Prav moja dva prijatelja, starejši in mlajši Branko, sta na tem področju naredila veliko, izjemno delo. Brez njiju bi bila vednost o rastlinstvu Bohinja precej manjša. Ko me bosta obvestila o naslednji najdbi kakšne »primorske« rastline v njunem revirju, bom predlagal, da se občino Bohinj priključi Primorski.

Literatura:

- Jogan, N., 2007: *Poaceae (Gramineae) – trave*. V: Martinčič, A., (ur.): *Mala flora Slovenije. Ključ za določanje praprotnic in semenk. Četrta, dopolnjena in spremenjena izdaja*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 826–933.
- Seliškar, T., Vreš, B., Seliškar, A., 2003: *FloVegSi 2.0. Računalniški program za urejanje in analizo bioloških podatkov*. Ljubljana: Biološki inštitut ZRC SAZU.
- Wraber, M., 1961: *Termofilna združba gabrovca in omelike v Bohinju (Cytisantho-Ostryetum assoc. nova)*. Razprave 4. razreda SAZU (Ljubljana), 6: 5–50.
- Wraber, T., 1967: *Nekatere nove ali redke vrste v flori Julijskih Alp*. *Varstvo narave* (Ljubljana), 5 (1966): 53–65.
- Zupančič, M., Žagar, V., Vreš, B., 2009: *The association Quercus-Ostryetum Ht. 1938 in Slovenia*. *Folia biologica et geologica* (Ljubljana), 50 (1): 127–188.



Brane Anderle (1955) je sadjar iz Hraš pri Lecah. Z botaniko se ukvarja že skoraj pol stoletja, še posebej temeljito pa v zadnjih dvajsetih letih, ko se je lotil svojega življenjskega projekta, kartiranja flore Gorenjske, ki ga zdaj zaključuje. V pripravi za tisk je njegova obsežna knjiga Atlas flore Gorenjske, ki jo je napisal skupaj z mladim zdravnikom Vidom Lebanom. Zagotovo je eden od najboljših poznavalcev slovenskega in še posebej gorenjskega rastlinstva.



Branko Zupan (1945) s Savice v Bohinju je upokojeni lesarski tehnik, ki se z botaniko resneje ukvarja od leta 1987. Odličen gornik, poznavalec najbolj skritih prehodov in odročnih stez ne samo v Bohinju, temveč tudi drugod v naših Alpah, se je v letih razvil v enega od najboljših poznavalcev rastlinstva Julijskih Alp in zabodnih Karavank. Sam ali s prijatelji opravi vsako leto veliko botaničnih tur in najdba jesenčka je samo eno izmed njegovih pomembnih odkritij v domačem Bohinju in drugod.

Prva najdba japonskih dvojčkov kremena v Sloveniji (prvi del)

Mirjan Žorž, Franc Stare

Kristali kremena so praviloma zdvojeni na enega ali več možnih načinov. Najpogostejši so dvojčki preraščanja vzdolž kristalografske c-osi. Bistveno redkejši japonski dvojčki pa nastanejo tako, da se dva kristala kremena stakneta vzdolž ravnine, ki ni vzporedna s to osjo, nato pa rasteta proč od te ravnine. Razvije se kristal dvojček, ki ima obliko razprte črke V.

Na ozemlju Slovenije japonski dvojčki kremena doslej niso bili znani, vendar smo predvidevali, da bi nanje lahko naleteli tam, kjer se pojavljajo brazilsko zdvojeni kristali kremena. Pri nas so to predvsem nahajališča kremenovih kristalov v votlinah šibko prekrstljene kamnine dolomit, iz katere se zaradi njenega preperevanja luščijo in kopičijo v prsti. Najbolj znana so na Slivnici in njeni okolici, okoli Turjaka in pri Crngrobu (Žorž, Rečnik, 1999). V zadnjem v preperini pogosto naletimo na še ohranjene skorje romboedrskih kristalov dolomita in kremena, ki so prekrivale stene votlin v dolomitni kamnini. Franc Stare je aprila leta 2021 našel 39 milimetrov x 28 milimetrov veliko kremenovo skorjo in na njej opazil sploščeni kremenov kristal ter domneval, da gre za dolgo pričakovani japonski dvojček. Podrobna preiskava kristala je potrdila značilnosti, ki jih ima kremen, zdvojen po japonskem zakonu.

Nekaj zgodovine

Take kremenove dvojčke je prvi opisal in narisal Weiss leta 1829. Opazil jih je na primerkih iz rudnika la Gardette, ki se nahaja v bližini kraja Bourg d'Oisans v Franciji. Tu so leta 1700 kmetje našli velik kremenov balvan, v katerem je bilo samorodno zlato. Oblasti so takoj zavarovale najdišče in or-

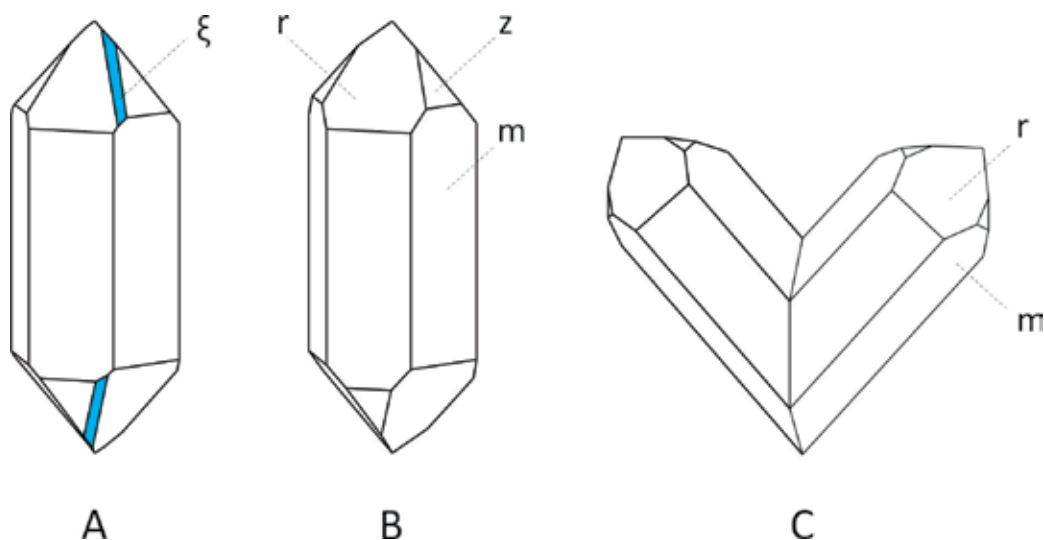
ganizirale raziskave njegovega potenciala. Sčasoma se je pokazalo, da je bilo zlata premalo za uspešno delovanje rudnika, zato je bil v začetku 19. stoletja že opuščen (Abreal, 2002). Stranski rezultat teh raziskav pa je bila večja količina lepih kremenovih kristalov, ki so bili veliki, prozorni in značilno oblikovani. Danes so redkost, zato so zelo iskani, še posebej, če so poleg tudi japonski dvojčki.

V začetku so to zdvojenje poznali pod sinonimi *Weissov zakon*, zakon *la Gardette* oziroma zakon {112}. Današnje ime se je uveljavilo po letu 1900, ko so začeli iz japonskih nahajališč Otomezaka in Narušima v večjih količinah prihajati tudi do 50 centimetrov veliki dvojčki. Od takrat se je število znanih nahajališč japonskih dvojčkov precej povečalo, vendar ostajajo še vedno dokaj redki in iskani.

Dvojčenje po japonskem zakonu

Japonski dvojček nastane, če se dva kremenova kristala zrasteta po ploskvi bipiramide $\xi\{112\}$, zato pridejo štiri od dvanajstih ploskev prizme $m\{100\}$ v vzporedni položaj. Kristalni dvojček je sestavljen iz dveh kril, ki med seboj oklepata kot $84^\circ 33'$, in je praviloma sploščen vzdolž vzporednih prizemskih ploskev. Zaradi te oblike izstopa v družbi nezdvojenih kristalov in je pogosto opazno večji od njih. Take dvojčke imenujemo stični dvojčki, zaradi značilnega vpadnega kota med zdvojenima kristaloma pa tudi angularni (kotni) dvojčki.

Pri dvojčenju je treba upoštevati simetrijo kremena, ki jo uvrščamo v trigonalno enantiomorfo s kristalografsko oznako 32. Ta simetrija je 3-števna in nima nobene zrcalne ravnine. Pravokotno na glavno 3-števno

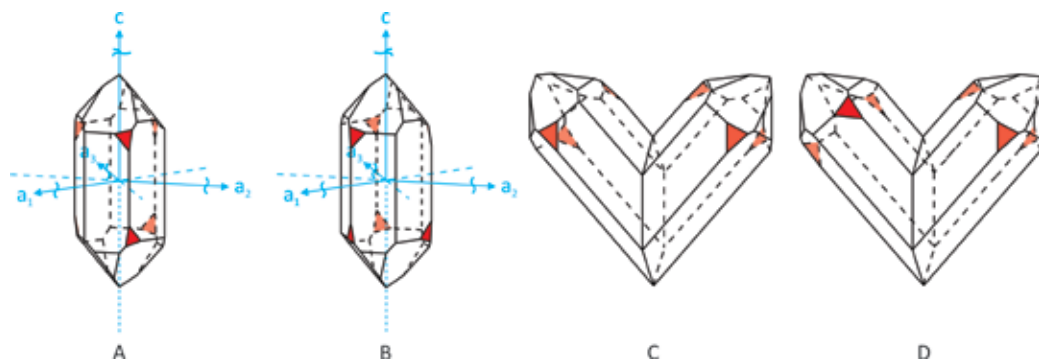


Risba 1: Kremenov kristal (A) z modro označenimi ploskvami bipiramide $\xi\{112\}$, ki se na naravnih kristalih skoraj nikoli ne razvijejo. Kremenovi kristali so praviloma enostavni oziroma taki, kot jih prikazuje risba B. Japonski dvojček na risbi C ima značilno obliko razprte črke V. Kristalni liki: prizma $m\{100\}$, pozitivni romboeder $r\{101\}$, negativni romboeder $z\{011\}$ in bipiramida $\xi\{112\}$.

kristalografsko **c**-os pa ima še tri 2-števne **a**-osi. Kremenovi kristali so zaradi take simetrije levo- oziroma desnoučni, česar pa ni mogoče določiti, če na kristalih niso razviti tako imenovani klasno specifični liki. Klasno specifični (kristalografski) lik s kristalografskim indeksom $\{hkl\}$ je ploskev v splošni legi z največjim možnim številom

ponovitev, ki izvirajo iz simetrijskih elementov določene kristalografske točkovne skupine. Nekaj primerov: pri triklinski točkovni skupini 1 je to ena sama ploskev pediona, pri kremenu s točkovno skupino 32 šest ploskev trapezoida, pri berilu s točkovno skupino $6/mmm$ 24 ploskev diheksagonalne bipiramide, pri fluoritu s točkovno skupino

*Risba 2: Risba A prikazuje kristal kremen z vsemi šestimi (rdeče označenimi) ploskvami desnega trapezoida $x'\{511\}$, glavno 3-števno kristalografsko **c**-os ter tri 2-števne kristalografske **a**-osi. Vse osi imajo zaradi 32 simetrije ustrezno sučnost. Na risbi B je kristal z vsemi ploskvami levega trapezoida $x\{611\}$. Risbi C in D prikazujeta eno simetrično in eno asimetrično kombinacijo od dvanajstih teoretično možnih. Pri prvi kombinaciji se zdvojčita po en kristal z levo '**x**' in desno '**x**' orientacijo, pri drugi pa imata oba kristala desno orientacijo '**x**' trapezoidskih ploskev.*



$m\text{-}3m$ pa 48 ploskev heksakis oktaedra.

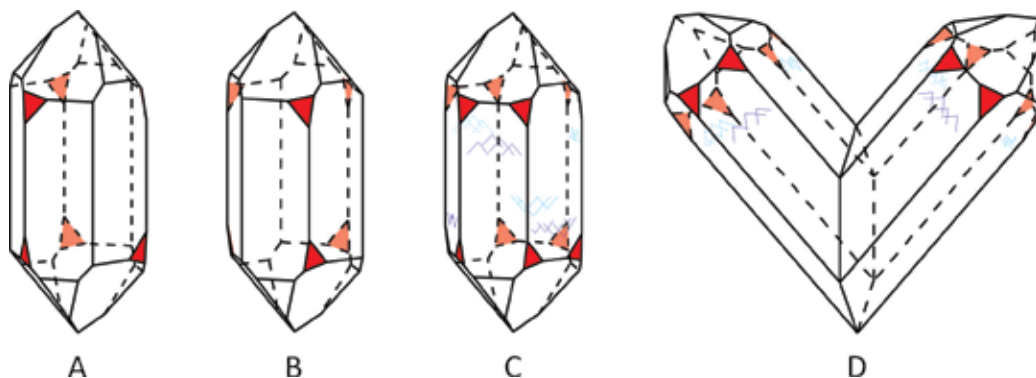
Pri kremenju je najbolj značilen lik te vrste trapezoeder $x\{511\}$, ki se na nezdvojenemu kristalu pojavi v šestih legah (risbi 2A in 2B). Pogosteje je razvit le na nekaterih tipih kristalov. Največkrat gre za kristale tipa Friedlaender (Rykart, 1989), ki so značilni za razpoke alpskega tipa. Take kristale pri nas poznamo iz nahajališča Velika Polskava nad Slovensko Bistrico (Žorž, Rečnik, 1999; Rečnik in sod., 2007).

Ker ima kremen 3-števno enantiomorfno simetrijo, bi se teoretično lahko zdvojčil po japonskem zakonu na 12 različnih načinov (Fronde, 1962).

Minerali z enantiomornimi simetrijami so redki. Med vsemi znanimi je njihov delež malo večji od dveh odstotkov. Praviloma se dvojčijo s preraščanjem vzdolž njihovih kristalografskih c -osi. To je prostorsko, simetrijsko in energetsko najugodnejše, poleg tega pa tako dvojčenje vedno podvoji število klasno specifičnih ploskev (trapezodrov x) kot posledico povišane simetrije dvojčka (Žorž, 2019). Pri vseh kremenovih dvojčkih preraščanja se torej število trapezodrov poveča s 6 na 12 in simetrija poviša – pri brazilskih do 3-števne trigonalne $\bar{3}m$, pri

klinastih do 3-števne heksagonalne $\bar{6}m2$ in pri dauphinejskih do 6-števne heksagonalne 622 (Žorž, 2004). Kotnih dvojčkov pri obeh heksagonalnih simetrijah ne poznamo, pri trigonalni $\bar{3}m$ pa so zelo pogosti, še posebej pri kalcitu, ki ima ravno tako simetrijo. Znano je, da se japonski dvojčki nikoli ne pojavljajo v nahajališčih s kremenom tipa Friedlaender (Rykart, 1989), ki je vedno dauphinejsko zdvojen in kristalizira le pri visokih tlakih in temperaturah. Japonski dvojčki se pojavljajo v nahajališčih, v katerih prevladujejo nižje temperature in tlaki, kar vodi do nastanka kremenja tipa Bambaer (Rykart, 1989), ki je praviloma zdvojen po brazilskem zakonu. Za to dvojčenje je značilno, da se brez rotacije okoli c -osi prerasteta en kristal z levo in en kristal z desno orientacijo. Nastali dvojček izgubi sučnost, zato pa pridobi tri zrcalne ravnine. Tako zdvojen ima višjo simetrijo, zato imajo japonski dvojčki le tri teoretične konfiguracije, od katerih ima samo ena zrcalno ravnino (risba 3D), ki se ujema z (112) ravnino dvojčenja. Klasno specifični trapezodri x so na brazilsko zdvojenih kristalih redko razviti, če pa že, potem pa praviloma ne v vseh dvanajstih simetrijsko določenih legah.

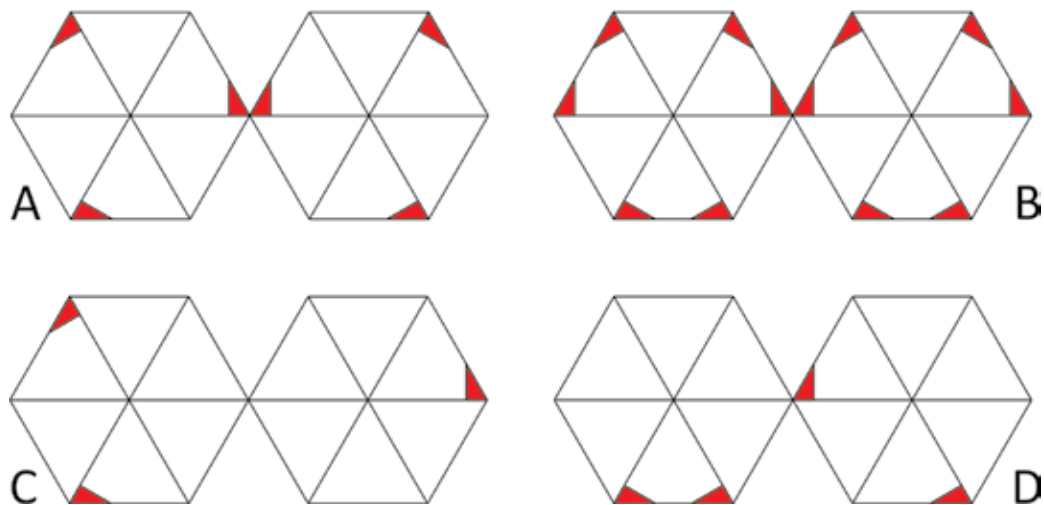
Risba 3: Brazilski dvojček (C) s trigonalno $\bar{3}m$ simetrijo nastane s preraščanjem dveh kristalov vzdolž 3-števne osi, od katerih ima eden levo (A), drugi pa desno orientacijo (B) klasno-specifičnih ploskev trapezodra $x\{511\}$. Nezdvojen kristal imata vsak po šest ploskev trapezodra x , dvojček (C) pa dvakrat toliko. V sredini med njimi potekajo tri zrcalne ravnine, zato ima višjo simetrijo. Risba D prikazuje japonski dvojček, katerega posamezna kristala sta bila predhodno zdvojčena po brazilskem zakonu, kar povzroči nastanek dvojčičnih lamel, ki so na risbi prikazane z modrimi črtami.



Za določitev brazilskega dvojčenja so najbolj pomembne lamele, ki pri tem nastanejo. Opazimo jih kot tanke črte na ploskvah prizme in redkeje na romboedrskih ploskvah. Črte imajo obliko razprte črke V. Pogosto se medsebojno prepletajo v mrežasti vzorec. Včasih se namesto črt pojavljajo enako oblikovani trikotniki, lahko pa je prisotno oboje. Tako lamele kot trikotniki so dokaj neopazni. Orientacija lamel ali trikotnikov na kristalu je taka, da njihovi vrhovi kažejo izmenjaje proti gornji oziroma spodnji terminaciji kristala. Glej risbo 3C. Najlažje jih vidimo v svetlobi totalnega odboja in pri 10-kratni povečavi. Lamelacijo opazimo na večini japonskih dvojčkov. Če pa je ni na samih dvojčkih, je prav gotovo razvita na nekaterih nezdvojenih kristalih z istega primerka. Iz tega lahko zaključimo, da nastane japonski dvojček takrat, ko je kremen predhodno že zdvojen po brazilskem zako-

nu (Žorž, 2002). Od kod pa potem izvira trditev, da pri kremenu s trivialno simetrije 32 obstaja 12 različic japonskih dvojčkov? V nekaterih nahajališčih imajo japonski dvojčki razvite ploskve trapezoedrov x , ki pa so seveda lahko prisotne tudi na brazilskih dvojčkih (glej risbo 3C). In ravno to je zavajajoče. Če bi hoteli na ta način eksplicitno določiti katerokoli različico od možnih vrst japonskih dvojčkov, potem bi morale biti ploskve trapezoedrov x razvite v vseh legah, ki jih definira posamezna konfiguracija dvojčka. Pri predhodno nezdvojenih kristalih bi tako morale biti na vsakem krilu po tri, pri predhodno brazilsko zdvojenih kristalih pa po šest. Vendar tudi to ne bi bilo dovolj za potrditev osnovne simetrije 32. Na naravnih kristalih se skoraj nikoli ne razvijejo prav vse simetrijsko pogojene ploskve trapezoedrov x . Tudi če bi imeli na obeh terminacijah po tri trapezoedre x

Risba 4: Risba A shematsko prikazuje terminaciji teoretsko razvitega japonskega dvojčka z risbe 2C. Na levi terminaciji so v simetrijsko določenih legah prisotne vse ploskve levih trapezoedrov ' x '{611}, na desni pa vse ploskve desnih trapezoedrov ' x '{511}. Risba B prikazuje terminaciji teoretsko razvitega japonskega dvojčka z risbe 3D (primarno zdvojenega po brazilskem zakonu) z vsemi ploskvami trapezoedrov x . Na risbi C sta terminaciji realnega japonskega dvojčka, na katerih je razvitih le nekaj ploskev levih in desnih trapezoedrov. Če sedaj primerjamo risbo dvojčka na risbi C z dvojčkoma na risbah A in B, potem vidimo, da so nekatere ploskve ' x ' na risbi C prisotne tudi na risbi A, vse pa na risbi B. To pomeni, da samo na tej podlagi ne moremo potrditi, da je dvojček na risbi A nastal iz nezdvojenih kristalov s simetrijo 32. Enako seveda velja tudi za risbo C. Na risbi D pa sta na levi terminaciji razviti ploskvi levega ' x ' in desnega ' x ' trapezoedra v sosednjih legah, kar nedvoumno potrди primarno brazilsko dvojčenje, tudi v primeru, če na desni terminaciji trapezoedri ne nastopajo v sosednjih legah.



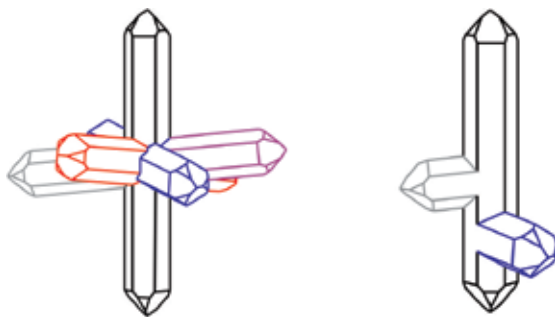
v čisto pravih legah, bi še vedno ne mogli izključiti možnosti, da gre za brazilski dvojček, pri katerem so se razvile ravno te ploskve. Pač pa vedno velja obratno. Če sta na eni od terminacij na sosednjih legah dve ploskvi x , od katerih ima ena levo ' x ', druga pa desno ' x ' sučnost, potem je brazilsko dvojčenje nedvoumno potrjeno. K sreči so na kristalih prisotne diagnostične dvojčične lamele, ki razpršijo vsak dvom. Zelo pogosto se na japonsko zdvojenih kristalih pojavljajo še dvojčične domene z neravnimi robovi in različnim sijajem (Žorž, 2004), ki dodatno potrjujejo primarno dvojčenje.

V večkratni japonski dvojčki

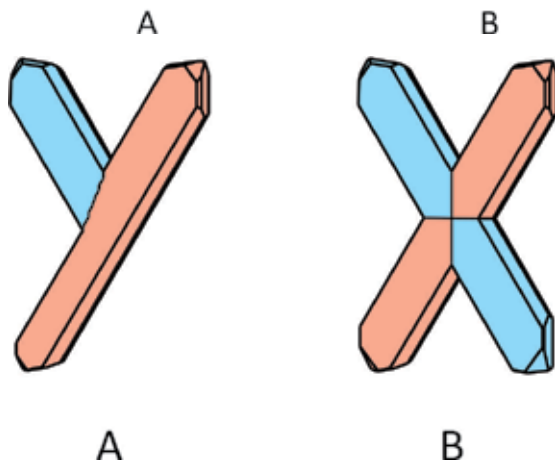
Kremenov kristal ima teoretično šest ploskev bipiramide $\xi\{112\}$, zato lahko pride do dvojčenja na več kot eni ploskvi bipiramide naenkrat. Taki dvojčki so redki.

Preraščeni japonski dvojčki

Praviloma so japonski dvojčki priraščeni na podlago s svojim ostrim – spodnjim oziroma bazalnim delom. Pogosto se primeri, da ima eno od kril ob podlagi nekaj prostora in v takem primeru zraste tisto krilo na nasprotno stran dvojčka. Nastane kristal, ki ima obliko črke Y. Izjemno redko pa se zgodi, da se dvojček pritrdi na podlago s ploskvami vzporednih prizem ali pa pade nanjo, potem ko se je odlomil zaradi tektonskih premikov. V takem primeru nastane preraščeni japonski dvojček, ki ima obliko črke X. Taki dvojčki so vedno močno sploščeni po ploskvah vzporednih prizem.



Risba 5: Teoretično je mogoč nastanek šestkratnega japonskega dvojčka, kajti na vsakem kremenovem kristalu je na voljo šest ploskev bipiramide $\xi\{112\}$. Risba A prikazuje tak dvojček, risba B pa dvojni dvojček.



Risba 6: Delno (A) in popolnoma preraščeni japonski dvojček (B).

Pol stoletja slovenske naravoslovne fotografije

Razstave Prirodoslovnega društva Slovenije

V spomin Marku Aljančiču

Jurij Kurillo

Motivi iz narave so se pojavili že v začetkih fotografije, te nove »realne« upodobitve sveta. Kot kažejo še ohranjeni posnetki, so našega izumitelja fotografije na steklo Janeza Puharja (1814–1864) sicer zanimali predvsem človeški portreti. So pa drugi slovenski ljubitelji novega medija, ki jih je privlačila pokrajina, zagotovo ujeli v svoj objektiv tudi kako slikovito (gorsko) rožico. Tudi kakšnega lovskega fotografa je nemara zanimal živ srnjaček bolj kot lovski plen.

Sistematično fotografsko upodabljanje narave pri nas se je pričelo, kot je videti, šele z akcijami slovenskega Prirodoslovnega društva in njegovega glasila *Proteus*, in to pri mladi generaciji. V oktobrski številki 33. letnika (1970/1971) našega *Proteusa* namreč piše univerzitetni asistent Marko Aljančič, da se je s podelitvijo nagrad in priznanj pravkar končal mladinski nagradni natečaj naravoslovne fotografije. Med 16 udeleženci s 87 deli so bili v večini učenci osnovnih šol, gimnazije so bile komaj zastopane. Najboljši mladi fotografi so dobili lepe praktične nagrade, poslušali so predavanja znanega mojstra fotografije Vlastje Simončiča in profesorja Staneta Peterlina ter se nato še udeležili krajšega izleta. V nadaljevanju avtor članka predlaga nove načine popularizacije naravoslovne fotografije, kar bi dosegli denimo z redno teoretično rubriko v reviji *Proteus* in z objavljanjem »naravoslovne fotografije meseca«.

To so bili torej začetki! Ob ustanovitvi Sekcije za naravoslovno fotografijo pri Prirodoslovnem društvu Slovenije je nadaljevanje sledilo naslednje leto, ko lahko preberemo v oktobrski številki 34. letnika *Proteusa*, da je razpisana prva razstava naravoslovne fotografije. Pričakovane fotografije različnih formatov so bile tisti čas kajpak narejene v temnici iz črno-belega filma.

In kaj naj te fotografije prikazujejo? Marko Aljančič odgovarja: »Gre za naravoslovno fotografijo v najširšem pomenu, od naravnih pejsažev do najmanjših detajlov makro- in mikrofotografij. Motivov je brez števila. Spomnimo samo na področja: biologija (antropologija z medicino, zoologija, botanika), geologija in paleontologija, geografija, meteorologija, astronomija. Pojavlja se vprašanje človeškega portreta. Kakor vsak obraz ne more biti portret, tudi vsak portret ne spada v naravoslovno fotografijo. Zanimiv pa utegne biti portret, v katerem je izražena značilnost značaja ali mimična reakcija na kakršen si bodi dražljaj (izraz strahu, veselja, bolečine). Taki vedenjski (ne čisto psihološki) portreti so zaželeni. Zanimivo je, da je že Darwin dal izdelati takšne posnetke za svoje študije o izvoru človeka.« Poznejše razstave so pokazale, da človeški portret kot motiv za naravoslovne fotografe ni zanimiv. Pobudnik je še dodal (še za današnji čas) pomembne zadržke: »Vsekakor pa naj bo podajanje veristično (normalno kopiranje neobdelanega negativa) brez uporabe različ-

nih fotografskih tehnik, npr. privlačne solarizacije ipd., s čimer bi bil izmaličen normalen videz objekta. To velja zlasti za detajle.»

Prva razstava

In tako se je decembra leta 1971 zgodila *prva republiška razstava naravoslovne fotografije NF 71*. V prireditvenem odboru so bili prof. dr. Alojzij Vadnal, predsednik Prirodoslovnega društva Slovenije, prof. dr. Anton Polenec, ravnatelj Prirodoslovnega muzeja Slovenije, in ing. Oskar Dolenc, predsednik Sveta za fotografijo slovenske Fotokino zveze.

Prispelo je 341 (črno-belih) slik 42 avtorjev, sprejetih pa je bilo 148 slik 34 avtorjev; med njimi so bila nekatera imena, sicer že uveljavljena v tako imenovani umetniški fotografiji. Razstava je bila postavljena v razstavnici

dvorani Prirodoslovnega muzeja Slovenije v Ljubljani. Šestčlanska žirija zaradi obilice kakovostnih fotografskih del pri izboru ni imela lahkega dela. Na NF 71 so se znašli poleg ustaljenih rastlinskih in živalskih motivov tudi človeški portreti. Najboljšim avtorjem so bile podeljene zlata, srebrna in bronasta medalja ter diplome za kolekcijo in posamezne fotografije.

Tako se je pravzaprav začelo novo obdobje za slovensko naravoslovje, ki je imelo do tedaj v pisani besedi lepo tradicijo, glede vizualne predstave pa so bili piščiči strokovnjaki navezani bolj ali manj na tuje vire. Organizatorji so bili prepričani, da bo naravoslovna fotografska slika vzbudila tudi zanimanje za naravo in njeno varstvo še bolj kot pisana

Zelena rega. Foto: Jurij Kurillo.



beseda. Razstava NF 71 je po svoje prispevala k takratnemu svetovnemu letu varstva narave in dostojno zaključila proslave ob 150-letnici slovenskega muzejstva.

Leta 1972 je prišla na vrsto *druga republiška razstava naravoslovne fotografije NF 72*, ki je bila za razliko od prve že »obarvana«: poleg klasičnih črno-belih fotografij so bili sprejeti tudi barvni diapozitivi. Fotografijam z vsemi odtenki sivine so se tako pridruži-

li tudi barvni posnetki naravnih motivov, ki pa so v nasprotju s črno-belimi slikami prireditelje malo razočarali. Nadejali so se boljše kakovosti in večjega odziva. Zato pa so bila dela, ki so prišla skozi ozko rešeto žirije, dobra in so kazala v pravo smer razvoja tovrstne fotografske zvrsti. Zlata, srebrna in bronasta medalja ter diplome so bile podeljene posebej za črno-bele fotografije in posebej za barvne diapozitive.



Jutro.

Foto: Rafael Podobnik.

Tretja razstava naravoslovne fotografije NF 73, novembra leta 1973, je posegla iz republiškega, slovenskega okvirja v širši jugoslovanski prostor. Črno-belim slikam in barvnim diapozitivom so bile podeljene običajne nagrade. Kot tuji gostje so razstavljali tudi fotografi iz sovjetske republike Litve. To je bila prva tovrstna prireditev v Jugoslaviji. Po mnenju prirediteljev je bilo videti, da je naša naravoslovna fotografija bila še na začetku poti – poleg »portretov« rastlin ali živali bi morala pokazati več dogajanj v naravi, poseči pa bi morala bolj na druga področja naravoslovja, ne zgolj na botanično in zoološko. Morda bi kazalo prirejati razstave na daljše obdobje, recimo vsako drugo leto, vmes pa bi prirejali natečaje v glasilu Prirodoslovnega društva Slovenije *Proteusu*.

Novembra leta 1974 je bila *četrta razstava naravoslovne fotografije NF 74*, ki je potekala pod pokroviteljstvom založbe Mladinska knjiga iz Ljubljane. Ta je ves čas vključevala

naravoslovje v svoj bogati knjižni program, pri čemer je spodbujala tudi domače pisce. Tako naj bi prišle do veljave tudi izvirne slovenske fotografske ilustracije. To se je pozneje tudi zgodilo, saj so zlasti slovenske botaniki in ornitologi ob izdaji izvirnih knjig posegli po izključno domačih slikovnih virih. Podrobnih podatkov o udeležbi avtorjev za to razstavo v poročilu ni najti. Prireditelj ugotavlja, da je bil strah pred stagnacijo tovrstne fotografske zvrsti odvečen, saj so tokrat pojavili novi, dotlej neznani avtorji z dobrimi deli, a tudi stari znanci naj bi upravičevali zaupanje. Podeljene so bile običajne fotografske nagrade, nekaj najboljših del pa je bilo, tako kot do tedaj, objavljenih v reviji *Proteus*, ki je tako postal svojevrstni fotografski katalog.

Ob štiridesetletnici delovanja Prirodoslovnega društva Slovenije je leta 1975 v fe-

Človeška ribica. Foto: Marko Aljančič.



bruarsko/marčevski številki *Proteusa* izšel tudi prispevek Marka Aljančiča z njegovo naslovno fotografijo človeške ribice in naslovom *Problemi naše naravoslovne fotografije*. Pisec ugotavlja, da postaja Ljubljana z vsakoletnimi razstavami kar jugoslovansko središče te fotografske zvrsti. Na tem me-

stu se ne morem spuščati v podrobnosti te obsežne razprave, povem naj le, da je obveljala definicija pisca pričujočih vrstic, »da je naravoslovna fotografija realistična vizualna informacija o nekem naravnem pojavu, ki jo grade estetske zakonitosti, veljavne v fotografski umetnosti«.



Muba trepetalka. Foto: Luka Pintar.

Aprila leta 1975 je bil objavljen razpis za že *peto razstavo NF 75* s črno-belimi fotografijami in barvnimi diapozitivi – spet v jugoslovanskem merilu. Prireditelji so še posebej poudarili, da so zaželeni posnetki z najrazličnejših področij naravoslovja, še posebej pa taki, ki so bili posneti na Krasu – teh



pa je bilo navsezadnje prav malo. Katalog te razstave je postala 3. številka 38. letnika *Proteusa*, v kateri piše neutrudni promotor te dejavnosti Prirodoslovnega društva Slovenije Marko Aljančič, da med nekaterimi kakovostnimi deli pogrešajo prave naravoslovne fotografije. Te lahko nastanejo zgolj takrat, ko avtor pokaže globlje poznavanje področja, od koder izvira fotografirani objekt. Avtor obžaluje, da tudi tokrat razen biologije niso bila zastopane druge naravoslovne vede.

Pri *šesti razstavi NF 76* so sodelovali tudi člani Fotokino kluba *Diana* Lovske zveze Slovenije, ki so prinesli po besedah Matija Gogala med fotografske motive dobrodošlo osvežitev. Odprta je bila decembra leta 1976. *Sedma razstava NF 77*, ki je bila odprta v že tradicionalnem mesecu decembru leta 1977, sicer ni prinesla nekih novosti, nadaljevala pa je prizadevanja za dobro naravoslovno fotografijo. Pri tem motiv ni naključna trofeja, marveč predmet raziskovanja.

Osmo razstavo NF 79 v oktobru leta 1979 je prinesla novost, ker je bila tematska in je kot prvo temo zajela podvodno fotografijo. Črno-belim posnetkom so delale družbo tudi barvni posnetki, narejeni iz diapozitivov, ki jih je bila izbrala žirija. Razstave so se udeležili tudi nekateri že mednarodno priznani avtorji.

Začasni prelom s tradicijo

Deveta razstava naravoslovne fotografije NF 80 se je popolnoma razlikovala od predhodnic, saj so namesto avtorjev prevladovala skupinska dela. Odprta je bila septembra leta 1980, zasnoval in uredil pa jo je Marjan Richter, predsednik sekcije Prirodoslovnega društva Slovenije za naravoslovno fotografijo. Po poročilu Staneta Peterlina je bilo videti poleg fotografije v ožjem pomenu besede tudi druge načine svetlobnega zapisa ali celo tehnike, ki sploh niso fotografija, imajo pa naravoslovno sporočilo. Tako so se gledalci lahko srečali tudi z infrardečo, ultravijolično in termofotografijo. Videti je bilo posnetke



Potonika. Foto: Luka Pintar.

v različnih mikroskopskih tehnikah, aerofotografijo, astronomske posnetke. Razstava je skratka zašla popolnoma v drugo smer kot dotedanje, morda tudi zaradi nekakšne izčrpanosti tradicionalne naravoslovne fotografije. Poročevalec pravi: »V očeh simpatizerjev NF 80 so bile vse prejšnje razstave preveč po fotografskih okusih in s premalo naravoslovne vsebine, za drugače misleče pa je bila ta NF le še fotografija v naravoslovju brez umetniških stremeljenj.«

Tudi *deseta razstava naravoslovne fotografije NF 81* je bila skupinska s temo Krasa in odprta novembra leta 1981. Po mnenju poročevalca Marka Aljančiča je poleg dobrih fotografskih posnetkov (tudi nekaterih zgodovinskih Francija Bara) manjkalo širši prikaz, denimo jamarske fotografije, kar bi pričakovali od avtorjev, živčih v domovini klasičnega Krasa. To pot so se zelo uveljavili barvni fotografski posnetki.

Enajsta razstava naravoslovne fotografije NF 83 je bila nekaj posebnega, saj je nosila naslov *Rastlinski svet skozi objektiv dr. Luke Pintarja*. Odprta je bila novembra leta 1983. Svoje črno-bele fotografije in barvne diapozitive je prikazal zvesti sodelavec in večkratni nagrajenec prejšnjih razstav. Marko Aljančič pravi v svoji obsežni analizi, da je naravoslovna fotografija hkrati umetniško ustvarjanje in znanstveno raziskovanje. Njegove posnetke sicer odlikujejo krepki kontrasti in odločna redukcija nebitvenih podrobnosti.

S to avtorsko razstavo je bilo pravzaprav zaključeno neko obdobje razvoja slovenske naravoslovne fotografije v luči rednega vsakoletnega prikaza »fotoprodukcije«, čeprav je bilo v prihodnjih letih še nekaj tematskih prireditvev. Omenim naj samo *Neznano naravo Slovenije*, ki je bila postavljena na Inštitutu za gozdno in lesno gospodarstvo v Ljubljani 15. decembra leta 1989. Na vseh razstavah so bili prikazani analogni fotografski posnetki, saj se digitalna fotografija do tedaj še ni rodila.

Ob vsem slovenskem dolgoletnem razglabljanju o definiciji naravoslovne fotografije pa lahko ugotovimo, da s tem drugod po svetu nimajo nobenih težav. V Nemčiji denimo deluje že petdeseto leto mednarodno izredno ugledna Gesellschaft für Naturfotografie (prej Gesellschaft für Tierfotografie), kjer podeljujejo vsakoletno prestižno nagrado *Naravoslovnega fotografa leta*. V Angliji pa organizirata že dvajset let revija *BBC Wildlife Magazine* in londonski Naravoslovni muzej svetovno odmevno tekmovanje *Naravoslovni fotograf leta* z razstavo in blestečim fotografskim katalogom. Ta je bil na voljo, združen za več let, tudi v slovenskem prevodu pod naslovom *Svetloba na zemlji* (Založba Narava, Kranj, 2005). Lahko bi torej dejali: naravoslovna fotografija gre naprej, tako kot fotografska digitalna revolucija!

Viri:

- Prva republiška razstava naravoslovne fotografije NF 71. *Proteus*, 34 (4).
 Druga republiška razstava naravoslovne fotografije NF 72. *Proteus*, 35 (5).
 Jugoslovanska razstava naravoslovne fotografije NF 73. *Proteus*, 36 (3).
 Četrta razstava naravoslovne fotografije NF 74. *Proteus*, 37 (3).
 Peta razstava naravoslovne fotografije NF 75. *Proteus*, 38 (3).
 Šesta razstava naravoslovne fotografije NF 76. *Proteus*, 39 (7).
 Sedma razstava naravoslovne fotografije NF 77. *Proteus*, 40 (3–4).
 Osmi razstava naravoslovne fotografije NF 79. *Proteus*, 42 (2).
 Deveta razstava naravoslovne fotografije NF 80. *Proteus*, 43 (3).
 Deseta razstava naravoslovne fotografije NF 81. *Proteus*, 44 (2).
 Enajsta razstava naravoslovne fotografije NF 83. *Rastlinski svet skozi objektiv dr. Luke Pintarja*. *Proteus*, 46 (4).
 Jurij Kurillo, 1981: *S fotoaparatom v naravi*. Ljubljana: ČZP Kmečki glas.
 Jurij Kurillo, 1994: *Živa narava v objektivu*. Ljubljana: ČZP Kmečki glas.
Svetloba na zemlji. London, Velika Britanija: BBC Worldwide LTD. Slovenski prevod Založba Narava d.o.o., Kranj, 2005.
 Wikipedia: *Gesellschaft für Naturfotografie e. V.*

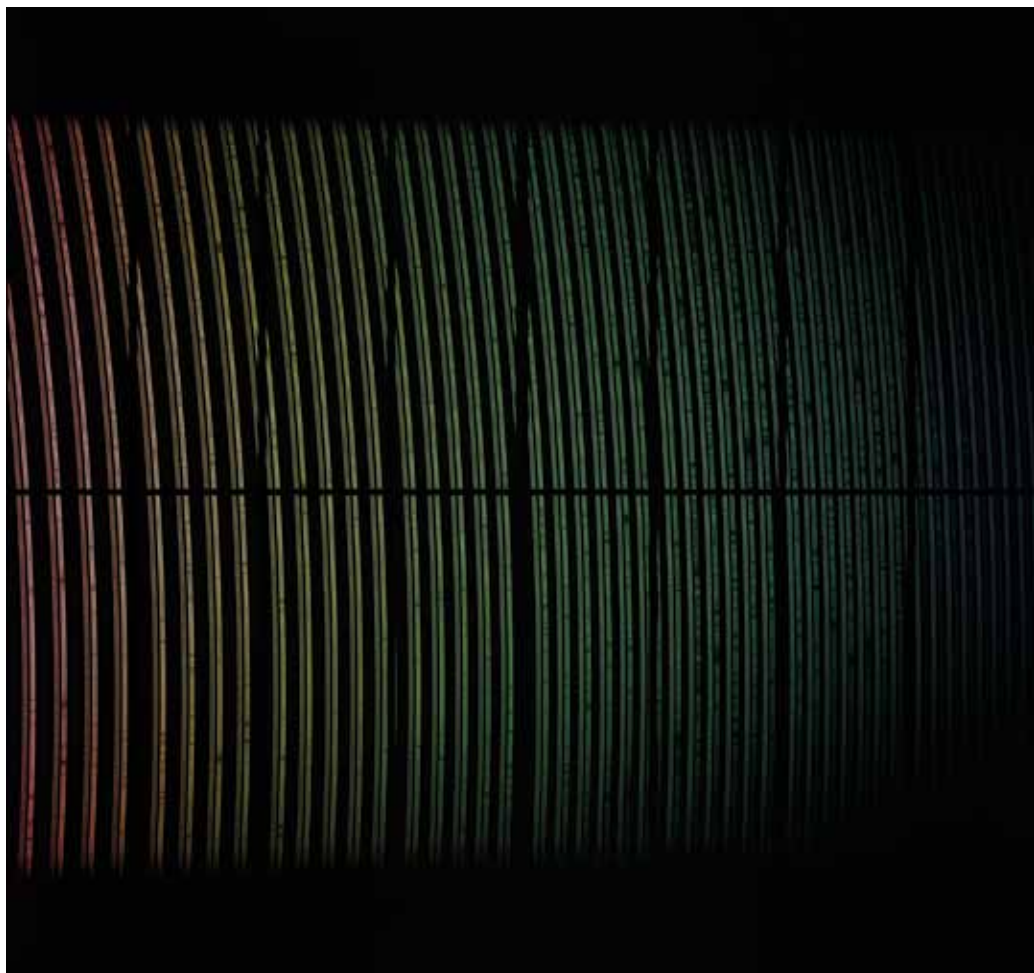
Tretji planet Proksime Kentavra

Mirko Kokole

Odkritja novih planetov so v astronomiji že nekaj časa stalnica. A vsekakor niso nezanimiva, še posebej, kadar govorimo o odkritjih v naši najbližji okolici. Astronomi so nedavno potrdili obstoj še enega planeta, ki kroži okoli nam najbližje zvezde Proksime Kentavra. Proksima ima tako sedaj že tri znane planete. Odkritje sta astronomom omogočila izjemno zmogljivi spektrograf ESPRESSO in Zelo veliki teleskop (Very Large Telescope, VLT) Evropskega južnega observatorija (European Southern Observatory, ESO). Astronomi so svoja dognanja opisali v nedavni številki revije *Astronomy and Astrophysics*.

Proksima Kentavra ali α Kentavra C je nam najbližja zvezda, ki je od nas oddaljena le 4,2 svetlobnega leta. Je del trozvezdja skupaj z zvezdama α Kentavra A in B. Proksima je majhna rdeča zvezda tipa M, katere izsev znaša le 0,2 odstotka izseva našega Sonca. Odkril jo je leta 1915 Robert Innes. Magnituda (svetlost) Proksime je 11,3 in je zato ne moremo videti s prostim očesom. Novo odkriti planet okoli Proksime so astronomi poimenovali Proksima d ali Proksima Kentavra d. Je majhen planet z obhodno dobo le 5,12 dneva in ima maso približno dveh Marsov. Okoli Proksime kroži na razdali 0,029 astronomske enote (razdalja med Zemljo in Soncem). Proksima ima tako sedaj tri znane planete. Proksima b je prav tako majhen planet z obhodno dobo 11,2 dneva in kroži na razdalji 0,05 astronomske enote. Proksima c pa je najzanimivejši planet. Imenujejo ga Superzemlja: ima približno sedem mas Zemlje in na razdalji 1,5 astronomske enote zvezdo obkroži v približno 5,2 leta. Superzemlja je še posebej zanimiva, saj bi na njej teoretično lahko obstajalo življenje.

Bolj kot samo odkritje planeta Proksima d pa je zanimivo, kako so planet odkrili. Astronomi so njegov obstoj potrdili z izjemno zmogljivim spektrografom ESPRESSO Evropskega južnega observatorija. ESPRESSO ali Echelle SPectrograph for Rocky Exoplanets and Stable Spectroscopic Observations (Lestvični spektrograf za kamnite planete in stabilna spektroskopska opazovanja). ESPRESSO je tehnološki naslednik spektrografa HARPS. Njegova posebnost je, da je povezan z Zelo velikim teleskopom, ki je sestavljen iz štirih med seboj povezanih 8,2-metrskih teleskopov. Ta kombinacija inštrumentov nam omogoča, da lahko izjemno natančno merimo spektre zvezd in opazujemo njihovo spreminjanje. ESPRESSO planete odkriva tako, da zaznava minimalne spremembe hitrosti gibanja zvezde. Dve telesi v vesolju vedno krožita okoli svojega skupnega težišča in to velja tudi za kombinacijo planeta in zvezde. To pomeni, da ko opazujemo zvezdo, lahko zaznamo v njenem gibanju periodično komponento. To komponento zaznamo s pomočjo Dopplerjevega premika spektralnih črt oziroma merjenjem radialne hitrosti zvezde. Radialna hitrost je hitrost, s katero se nam zvezda približuje ali oddaljuje. Pri planetih z veliko maso so premiki spektralnih črt veliki in jih ni težko zaznati - tako je pri prvo odkritem planetu zunaj našega Osončja 51 Pegaza b. Tam je amplituda spremembe radialne hitrosti 70 metrov na sekundo. V primeru Proksime Kentavra d pa je amplituda spremembe radialne hitrosti veliko manjša in znaša le 0,39 metra na sekundo. Ko merimo tako majhne hitrosti, se srečamo s kopico težav. Prve so tehnološke, ki jih spektrograf ESPRESSO reši s temperaturno stabilizacijo inštrumenta, delovanjem v vakuumu ter simultanim snemanjem



Vzorčni spekter, ki ga je posnel spektrograf ESPRESSO. Na njem vidimo mavrične vrstice, ki vsaka predstavlja en interferenčni red. Če pogledamo še bolj natančno, je vsaka vrstica sestavljena iz dveh vrstic, kar je posledica sočasnega snemanja spektra opazovane zvezde in referenčnega spektra. Tak način opazovanja in izjemna stabilnost inštrumenta nam omogočata, da lahko spektrograf ESPRESSO zazna spremembe v radialni hitrosti le nekaj centimetrov v sekundi. Foto: ESO/ESPRESSO.

referenčnega spektra. Na drugi strani so astrofizikalne motnje. Motnje izvirajo iz gibanja atmosfere zvezde ter dogodkov v njej, kot so izbruhi in pege. Ti astrofizikalni pojavi povzročajo merske signale, ki so lahko zelo podobni signalom zaradi prisotnosti planeta. Ker je Proksima Kentavra izjemno aktivna zvezda, so te težave še toliko večje. Da lahko izluščimo pravi signal planeta iz šuma ostalih pojavov, so morali astronomi

uporabiti več pristopov: od statističnih do uporabe modelov. Na koncu jim je le uspelo potrditi, da je signal, ki so ga zaznali, zelo verjetno posledica planeta. Seveda tega s popolno gotovostjo nikdar ne moremo trditi. Zato je planet Proksima Kentavra d še vedno označen kot kandidat za planet in ne potrjeni planet. Kar seveda nič ne zmanjšuje pomembnosti tega odkritja. Dejstvo, da ima Proksima Kentavra vsaj tri

Sledeča monografska številka *Proteusa* bo predstavila naravo, kulturo in gospodarstvo Haloz.



Vinograd na terasah. Foto: Milan Vogrin.



Škrlatni kukuj (Cucujus cinnaberinus). Foto: Samo Jenčič.

ISSN 0033-1805

