

PROTEUS

*mesečnik
za poljudno
naravoslovje*



Marec 2021, 7/83. 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





295 Table of Contents

296 Uvodnik
Tomaž Sajovic

298 Nobelove nagrade za leto 2020
CRISPR/Cas9 – od bakterijske imunosti do preurejanja genoma
Nobelova nagrada za kemijo za leto 2020
Radvan Komel

305 Botanični vrtovi
Scopolijev vrt v Idriji
Tinka Gantar, Ivica Kavčič, Anka Rudolf, Nada Praprotnik, Igor Dakskobler

314 Biokemija
Staranje, celična senescenca in zdravljenje s starostjo povezanih bolezni
Eva Prašnikar, Jure Borisek in Andrej Perdih

323 Entomologija
Koliko medu in cvetnega prahu naberejo čmrli
Janez Grad

329 Nove knjige
Slovenska Istra I – neživi svet, rastlinstvo, živalstvo in naravovarstvo
Uredniki: Jernej Pavšič, Matija Gogala in Andrej Seliškar

337 Naše nebo
Kitajci pristali na Marsu
Mirko Kokole

Contents

Editorial

Tomaž Sajovic

Nobel Prizes 2020

CRISPR/Cas9 – From Bacterial Immunity to Genome Editing. Nobel Prize in Chemistry 2020

Radovan Komel

Emmanuelle Charpentier and Jennifer Doudna were awarded the Nobel Prize in Chemistry 2020 for discovering one of gene technology's sharpest tools: the CRISPR/Cas9 genetic scissors. Using these, researchers can change the DNA of animals, plants and microorganisms with extremely high precision. The new technology has had a revolutionary impact on the life sciences and brought new possibilities in plant and animal breeding; it is contributing to new cancer therapies and may make the dream of curing inherited diseases come true. Emmanuelle Charpentier will also be one of the plenary speakers at the 45th Congress of the Federation of European Biochemical Societies (FEBS 2021), which will take place in July in Ljubljana and is hosted by the *Slovenian Biochemical Society*.

Botanical gardens

Scopoli's Garden in Idrija

Tinka Gantar, Ivica Kavčič, Anka Rudolf, Nada Praprotnik, Igor Dakskobler

Scopoli's memorial garden in Idrija was created in 2004. Authors of this article are pleased that the people of Idrija have accepted it as their own and that visitors stop by to see what grows in the garden, where the info board offers basic information about our naturalists and garden signs explain which plants they are admiring. And what does the future hold for the garden? Knowledge about and interest in nature are growing. Idrija boasts exceptional natural heritage and fascinating flora, some of which is showcased also in Scopoli's garden. But the garden needs professional attention as well. We are especially looking forward to working with primary schools, the grammar school and the tourist organisation.

Biochemistry

Aging, cellular senescence and treatment of age-related diseases

Eva Prašnikar, Jure Borisek and Andrej Perdih

Aging has long been considered an inevitable natural process that occurs in virtually every living organism. In recent years, research has shown that the aging process is not fully regulated and programmed, and could be externally influenced or even slowed down. Increasing age is the main risk factor for the onset of most age-related diseases such as dementia, hypertension, arteriosclerosis, cancer, autoimmune diseases, and many others. Thus, interventions targeting the aging process

would potentially result in new treatments of these diseases. Consequently, intensive research has been conducted over the last decade to improve the understanding of the aging process and its role in the development of age-related diseases, in addition to studying new approaches that would reduce the incidence of age-related diseases. One example of a prominent target in the aging process are senescent cells. Their elimination by compounds known as senolytics, or the alteration of their properties by senomorphic agents has been shown to prolong life in mice and improve the course of some diseases. However, such anti-aging research is still in its infancy with many open questions left to be addressed and its potential yet to be fully evaluated. Nonetheless, any potential breakthrough in this field could lead to a paradigm shift in the treatment of many age-related chronic diseases that would ultimately result in a higher quality of life for the aging human population.

Entomology

How Much Honey and Pollen Do Bumblebees Harvest?

Janez Grad

Bumblebees feed on nectar and pollen. What they don't eat they keep in little wax cups for later. The article presents the measurement of daily quantities of the food they put away there. These are calculated based on the difference between the evening and morning bumblebee nest weight in a hive. Our first measurement, which took place in the spring and summer of 2019, was conducted with a garden bumblebee (*Bombus hortorum*) colony. The aim was to determine the highest yield. Yields depend on the location of the nest, the weather and the number of worker bees in a colony.

New books

Slovenska Istra I – neživi svet, rastlinstvo, živalstvo in naravovarstvo. (Slovenian Istria I – Non-living world, flora, fauna and nature conservation). Slovenska matica, Slovenske pokrajine series, 2019

Editors: Jernej Pavšič, Matija Gogala and Andrej Seliskar

At the end of 2019 *Slovenska matica* published a new book in the Slovenian landscapes series. The third in the series, following the monographs on the Ljubljana Marshes in 2008 and the Vipava Valley in 2019, was part I of the monograph on Slovenian Istria. It presents the non-living world, flora, fauna and nature conservation and is soon to be followed by part II, which will take a more humanities-centred approach to this landscape. The authors who worked on the monograph contributed so many insights that it had to be split in two parts.

Our sky

The Chinese Landed on Mars

Mirko Kokole



Naslovnica: *Samec firenske volnarke (Anthidium florentinum).*

Foto: Andrej Gogala.

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:

Polona Sušnik

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 Drašković Pelc

<http://www.proteus.si>

priradoslovno.drustvo@gmail.com

© Priradoslovno društvo Slovenije, 2020.

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 upokojence 3,55 EUR, za dijake in študente 3,36 EUR.

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

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

Vsi objavljeni prispevki so recenzirani.

Proteus (tiskana izdaja) ISSN 0033-1805

Proteus (spletna izdaja) ISSN 2630-4147

Uvodnik

Snemanje pregrinjal samoumevnosti

Naša velika hiša je imela v petdesetih letih veliko igrišče, na katerem smo otroci neizmerno uživali. Občutek brezmejnne svobode pa ni trajal prav dolgo, kmalu so se začela namreč leta šolanja, z njim pa naloge in učenje po učnih »načrtih«. Izvajalci »načrtov« - učitelji - so nas začeli »uriti« - tako so nam pravili - za »življenje«. Toda to »življenje« nikoli več ne bo »praznik na igrišču«. Izobraževalni sistem nas bo »prisilil«, da se bomo izurili za poklic, ki ga bomo »moralno« opravljati vse življenje, če bomo hoteli živeti. Zna biti pa še huje, na univerzi ste se lahko »izurili« za fiziko, ker pa za vas na »trgu« takih delovnih mest ni prav na pretek, boste prisiljeni - če boste imeli »srečo« - sprejeti tudi delo natakarja. Zadeva pa je še bolj zagatna: univerze so vse pogostje začele kar same izobraževati za »trg delovne sile«. Po svetu celo ukinjajo humanistične in umetniške oddelke: z njihovimi diplomanti »trg« nima kaj početi. Kar na »trgu« ne prinaša denarja, je obsojeno na »izumrtje« (živalske in rastlinske vrste že izumirajo ...). V tržnem sistemu celo tudi velika znanstvena odkritja »izumirajo«. Britanski teoretični fizik Peter Higgs (1929-), ki je leta 1964 napovedal obstoj Higgsovih bozonov in za to odkritje leta 2013 prejel Nobelovo nagrado za

fiziko, je v *Guardianu* resno podvomil, da bi taki dosežki v današnji akademski kulturi, v kateri se od akademikov pričakuje, da ves čas objavljajo članke (v tržnih, izredno dobičkonosnih znanstvenih revijah), sploh bili mogoči: »Težko si je predstavljati, kako bi v današnjem ozračju sploh lahko imel dovolj časa in miru, da bi lahko storil tisto, kar sem storil leta 1964.« Marsikoga je danes celo sram samo pomisliti na to, da bi uresničeval svoja najpristnejše želje in hrepenenja - preprosto povedano, da bi uresničeval samega sebe. Ljudje so se sprijaznili, da to ni mogoče in se tudi ne spodobi ...

Vendar sta Karl Marx in Friedrich Engels že leta 1846 v *Nemški ideologiji* (besedilo je v slovenskem prevodu izšlo leta 1971 v njunih *Izbranih delih*) samoumevnost opisane temne usode človekovega dela v kapitalizmu brezobzirno demistificirala:

»In končno nam delitev dela takoj daje prvi primer, da, dokler so ljudje v samorasli družbi [samorasla družba je prevod Marxovega in Engelsovega nemškega izraza die naturwüchsige Gesellschaft, pomeni pa družbo, ki jo ljudje sprejemajo kot nekaj samoumevnega, je torej ne mislijo niti ne spreminjajo; opomba je moja], dokler torej eksistira razkol med posebnim in skupnim interesom, dokler torej (delo) dejavnost ni razdeljena prostovoljno, temveč samoraslo [o

delitvi dela se ljudje ne sprašujejo, jo imajo za nekaj samoumevnega in jo kot tako tudi brez premisleka sprejemajo; opomba je moja], postaja človekovo lastno dejanje njemu tuja, zoperstavljena moč, ki ga podjarmlja, namesto da bi jo on obvladoval. Brž ko namreč delo začnemo biti razdeljeno, ima vsakdo določeni izključni krog dejavnosti, ki mu je vsiljen, iz katere ven ne more; je lovec, ribič ali pastir – ali kritični kritik – in mora to ostati, če noče izgubiti sredstev za življenje – [...]

Toda Marx in Engels se nista zadovoljila le s kritiko, prepričana sta namreč bila, da je človekovo življenje lahko tudi zares čisto drugačno. Kako presunljivo in v kapitalizmu popolnoma nepredstavljivo drugačno lahko je življenje, kaže neposredno nadaljevanje navedka:

»[...] medtem ko v komunistični družbi, kjer ni, da bi vsakdo imel izključni krog dejavnosti, marveč se lahko izobrazi v vsaki poljubni panogi, uravnava družba občo produkcijo in mi ravno s tem omogoča, da danes delam to, jutri ono, da zjutraj lovim, popoldne ribarim, zvečer redim živino – in po jedi kritiziram –, kot mi pač prija, ne da bi kdaj postal lovec, ribič, pastir – ali kritik.«

Rastko Močnik je navedeni navedek v najinem dopisovanju komentiral z besedami: »Za Marxa specializacija, ki jo vpelje kapitalizem (zaradi povečanja produktivnosti dela), pohabi človeka, saj razvije eno samo sposobnost, druge pa zatire. V komunizmu bo človek lahko razmahnil vse svoje sposobnosti – lahko bo razvil svoje sposobnosti, ki so jih razredni sistemi zatirali.« Veliko vprašanje pa ostaja, kaj sta mislila Marx in Engels na koncu navedka (v ležečem tisku): [...] [V] komunistični družbi [...] danes delam to, jutri ono, [...] zjutraj lovim, popoldne ribarim, zvečer redim živino – in po jedi kritiziram –, kot mi pač prija, ne da bi kdaj postal lovec, ribič, pastir – ali kritik.« Ali to pomeni, da bo človek svoje sposobnosti v komunistični družbi lahko uresničeval, ne da bi »imel poklica«? Dokler ne bomo premislili, zakaj danes, v kapitalizmu, »moramo« imeti poklice, Marxove in Engelsove trditve ne bomo razumeli. Odgovor bomo poiskali v besedilu *Ideologija in ideološki aparati države*, ki ga je leta 1970 objavil francoski marksistični filozof Louis Althusser (1918–1990) (v slovenskem prevodu ga lahko preberemo v njegovih *Izbranih spisih*, ki so izšli leta 2000). Althusserjev razmislek gre na kratko takole.

Delovna sila mora biti »kompetentna«, se pravi, sposobna, da jo lahko »uporabimo« v proizvodnji. V povsod prisotnem kapitalističnem proizvodnem sistemu mora biti delovna sila različno usposobljena; »pač po zahtevah družbeno-tehnične delitve dela z vsemi njenimi ‚delovnimi mesti‘ in ‚zaposlitvami‘«. Če se je v suženjstvu in tlačanstvu delovna sila usposabljala, »priučevala« kar »ob delu«, to v

kapitalizmu ni bilo več mogoče: nastal je orjaški kapitalistični izobraževalni sistem. V šoli se naučimo »brati, pisati, računati – se pravi, naučimo se nekaj tehnik, pa še marsičesa drugega, vstevši prvine [...] ‚znanstvene‘ ali ‚humanistične kulture‘, prvine, ki so neposredno uporabne na raznih delovnih mestih v produkciji (en način usposabljanja za delavce, drugi za tehnike, tretji za inženirje, spet drugačen za višje uslužbenke itn.). Naučimo se torej ‚spretnosti‘,« v visokošolskem bolonjskem sistemu pa množico tako imenovanih »kompetenc«. Izobraževanje je tako podrejeno trgu delovne sile.

»Toda poleg teh tehnik in teh spoznanj in tudi hkrati z njimi se v šoli naučimo še ‚pravil‘ lepega vedenja, se pravi, pravil ustreznega ravnanja [...]: pravil morale, pravil državljanske zavesti in poklicne vesti – ali, naravnost povedano, pravil pokorščine družbeno-tehnične delitvi dela in konec koncev pravil ureditve, ki jo vzdržuje razredno gospodstvo.« V znanstvenem jeziku, »reprodukcija delovne sile ne zahteva samo reprodukcije njene usposobljenosti, pač pa hkrati tudi reprodukcijo njenega podrejanja pravilom veljavnega reda«, z drugimi besedami, vladajoči ideologiji. To je seveda kapitalizem. Izobraževanje kot ideološki aparat države pri tem opravlja, kot vidimo, neprecenljivo in najpomembnejšo vlogo. Althusser to vlogo opiše tudi takole: »In prav priučevanje nekaterih spretnosti, ovitih v množično vtepanje ideologije vladajočega razreda, v veliki meri reproducira *produksijska razmerja* kapitalistične družbene formacije, se pravi odnose izkoriščancev do izkoriščevalcev in izkoriščevalcev do izkoriščancev. Mehanizme, ki proizvajajo ta za kapitalistično ureditev življenjsko pomembni rezultat, seveda prekriva in prikriva vsesplošna ideologija o šoli, saj je to ena izmed bistvenih oblik vladajoče meščanske ideologije: ideologija, ki šolo predstavlja za nekaj *neutrnega*, nekaj, kjer ni ideologije [...].« Tudi znanost ljudje še vedno, kljub vedno večjemu številu nasprotnih dokazov, brez premisleka in samoumevno razumejo kot *vrednotno neutrnjo* dejavnost. Taka ideologija je najnevarnejša in pušča kapitalizem »nedotaknjen«: vrhunski znanstveniki »brez vesti« delajo na primer v oboroževalni industriji, zlati maturanti (tisti, ki najbolje obvladajo ‚spretnosti‘ in ‚kompetence‘) pa v intervjujih kažejo marsikdaj usupljivo nepoznavanje družbene resničnosti. Na tem mestu moram – čeprav nerad – ta uvodnik končati nedokončanega. V naslednji številki ga bom nadaljeval z razmišljanjem ob besedilu *Univerzitetni študijski program*, ki ga je v svojih *Spisih iz humanistike* leta 2009 objavil sociolog Rastko Močnik (1944–).

Tomaž Sajovic

CRISPR/Cas9 – od bakterijske imunosti do preurejanja genoma

Nobelova nagrada za kemijo za leto 2020

Radovan Komel

Emmanuelle Charpentier in Jennifer Doudna sta prejeli Nobelovo nagrado za kemijo za leto 2020 za odkritje enega od najnatančnejših orodij genske tehnologije: genske škarje CRISPR/Cas9. Raziskovalci jih lahko uporabljajo za spreminjanje DNA živali, rastlin in mikroorganizmov z izjemno visoko natančnostjo. Nova tehnologija prinaša revolucionarne spremembe molekularne znanosti o življenju, nove možnosti za vzrejo rastlin in živali, prispeva k ino-

vativnim pristopom pri zdravljenju raka in morda bo tudi uresničila sanje o ozdravitvi dednih bolezni. Emmanuelle Charpentier bo tudi vabljen plenarna predavateljica na 45. kongresu evropske biokemije (FEBS 2021), ki bo julija v organizaciji *Slovenskega biokemijskega društva* potekal v Ljubljani.

Ko so raziskovalci primerjali genski material zelo različnih bakterij in arhej (vrste mikroorganizma), so našli ponavljajoča se



Emmanuelle Charpentier

Rodila se je leta 1968 v Juvisy-sur-Orgeu v Franciji. Doktorirala je leta 1995 na Inštitutu Louisa Pasteurja v Parizu v Franciji. Sedaj je direktorica enote Inštituta Maxa Plancka za znanstvene raziskave patogenih organizmov v Berlinu v Nemčiji.



Jennifer A. Doudna

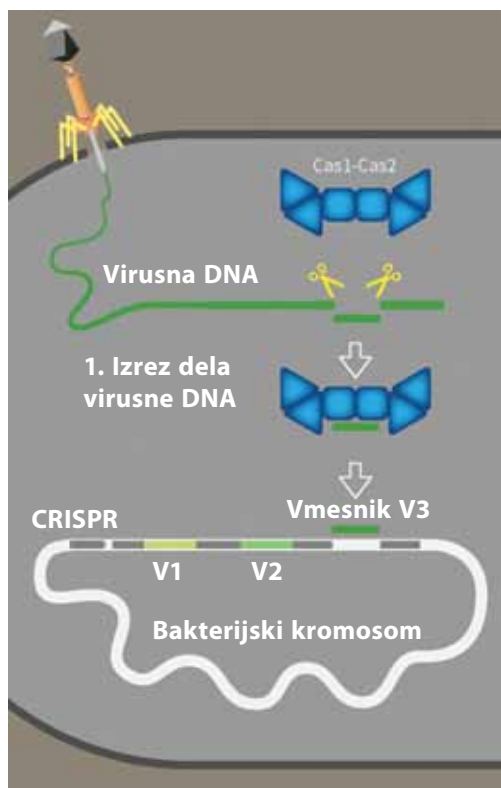
Rodila se je leta 1964 v Washingtonu v ZDA. Doktorirala je leta 1989 na Harvardski medicinski šoli v Bostonu v ZDA. Sedaj je profesorica na Kalifornijski univerzi v Berkeleyju v ZDA in raziskovalka na Medicinskem inštitutu Howarda Hughesa v ZDA.

zaporedja DNA, ki so med vrstami bakterij presenetljivo dobro ohranjena. Isti genetski zapis (zaporedje nukleotidov) se vedno znova pojavlja, med ponovitvami pa so prisotna edinstvena zaporedja, ki se med seboj razlikujejo. Kot da bi se ena in ista beseda ponavljala med posameznimi (različnimi) stavki v knjigi. Ponavljajoča se zaporedja DNA so poimenovali CRISPR, kar je kratica za angleško besedno zvezo *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats* (grozd enakomerno ločenih ponovitev kratkih palindromskih zaporedij nukleotidov). Posebnost teh zaporedij je, da so »palindromska«, kar pomeni, da se berejo enako, ne glede s katerega konca začnemo brati (perica-reže-raci-rep'), in to, da, kot rečeno, razdvajajo neka posebna, drugačna in edinstvena zaporedja nukleotidov. Ugotovili so, da so ta različna zaporedja nekakšen spomin na predhodno okužbo bakterije z virusom,

bakterije, ki je to okužbo preživela. Virus je namreč ob okužbi svojo škodljivo DNA vbrizgal v bakterijo, ta pa si je del virusne DNA vcepila v svoj odsek CRISPR, nekam med dve palindromski ponovitvi, kot spomin na okužbo, ki bo sedaj njo in njene potomke varoval pred novim napadom iste vrste virusa.

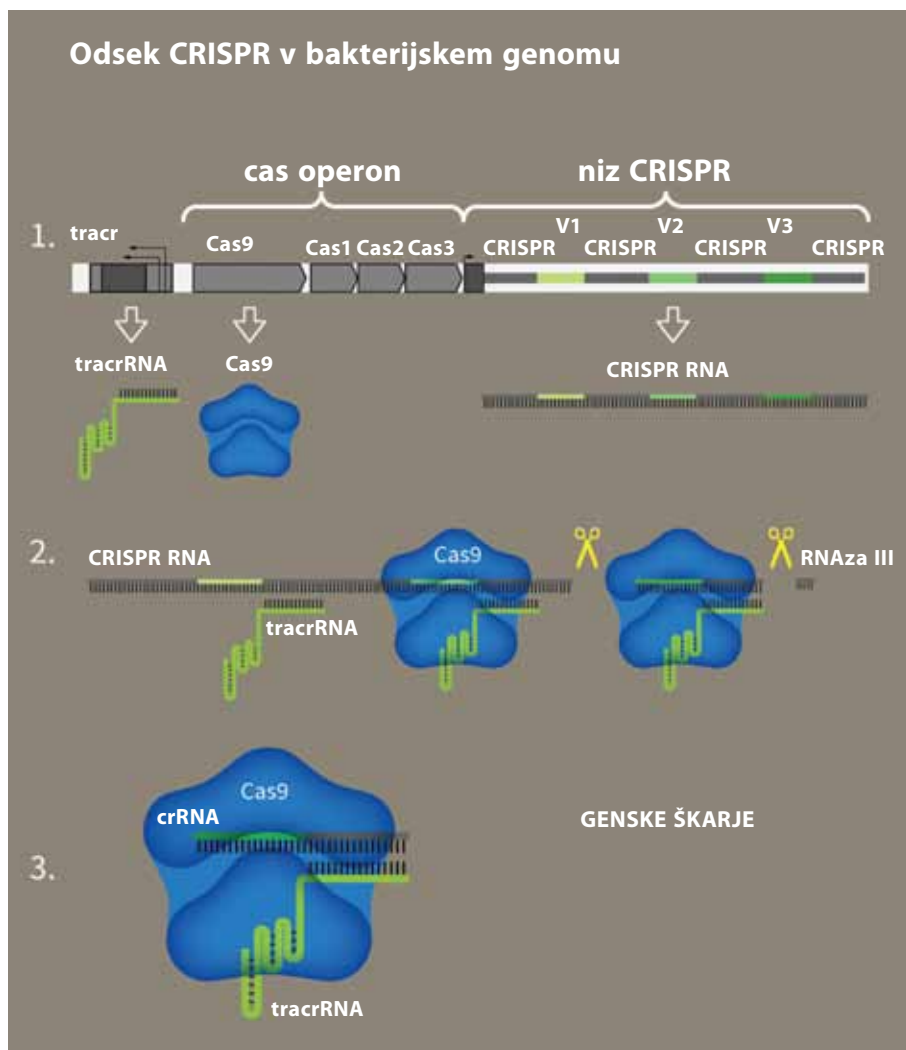
Bakterije, ki preživijo virusno okužbo, si ustvarijo orodje obrambe pred novim napadom

Bakterijin genomski odsek CRISPR je torej sestavljen iz samega niza CRISPR, v katerem so »spominski« delci (poimenovani »vmesniki«) virusov iz predhodnih okužb, poleg tega pa pred tem vsebuje še zapis (cas operon) za proteine Cas, v katerem je tudi zapis za poseben protein Cas9 kot tudi gen, ki je zapis za tako imenovano »transaktivacijsko crisper RNA« - tracrRNA.



Ob virusni okužbi in prihodu njegove DNA v bakterijsko celico tujek zaznajo bakterijski proteini razreda Cas in ga razrežejo na manjše delce. Če bakterija okužbo preživi, proteini Cas vgradijo kakšnega od teh delcev v genom bakterije, med dva palindromska segmenta CRISPR. Zato tak delec virusne DNA sedaj imenujemo »vmesnik«. Na sliki so označeni vmesniki V1, V2 in V3, ki so lahko delci istega virusa, lahko (vmesnika V1 in V2) pa izvirajo tudi iz predhodnih okužb z drugimi vrstami virusov.

Prirjeno (R.K.) po: <https://en.wikipedia.org/wiki/CRISPR>.

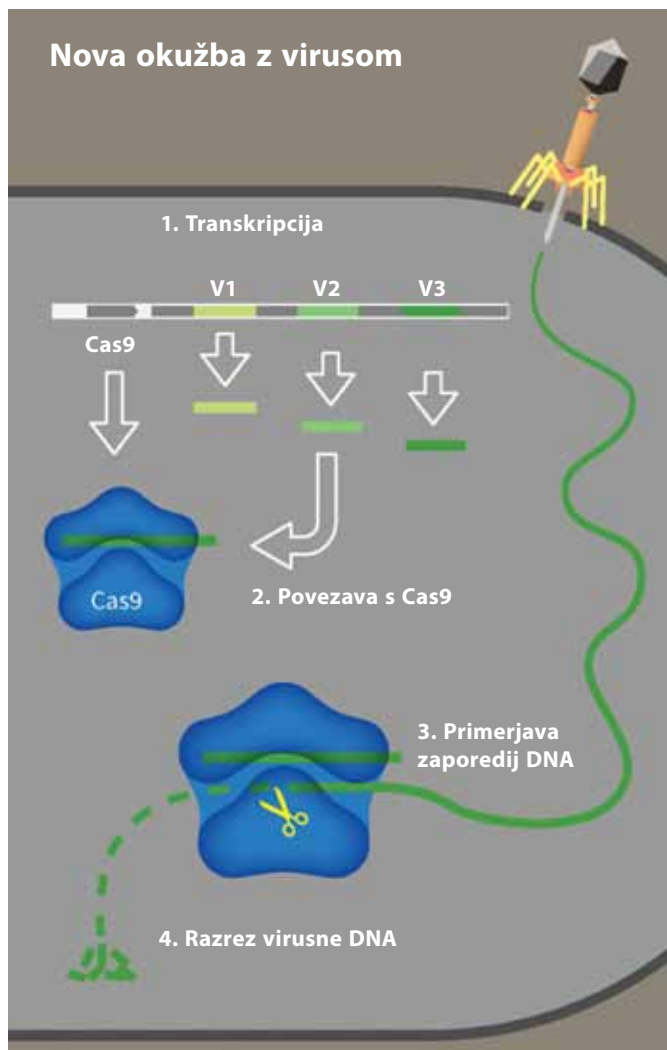


(1) Iz genomskega odseka CRISPR se v procesu transkripcije prepíšejo *tracrRNA*, *Cas9* RNA in *CRISPR* RNA. Del *tracrRNA* predstavlja zaporedje nukleotidov za prepoznavo palindromskega zaporedja v *CRISPR* RNA, *Cas9* RNA pa se nadalje prevede v protein *Cas9*.

(2) Sledi preureditev v nadzorni kompleks, tako imenovane genske škarje. V tem procesu se *tracrRNA* pari s ponavljajočim palindromskim zaporedjem *CRISPR* RNA, kar prepozna protein *Cas9*, da tvori trojni kompleks s *tracrRNA* in delom *CRISPR* RNA, ki obsega palindromsko ponovitev (*CRISPR*) in virusno zaporedje (vmesnik, *V*) tik ob njej. Nato se posamezni kompleksi sprostijo s cepitvijo z encimom *RNAza III*.

(3) Posamezen kompleks za nadzor nove virusne okužbe (genske škarje) je tako sestavljen iz proteina *Cas9* in dupleksa, ki ga sestavljata *tracrRNA* in virusni del (*V*) *CRISPR* RNA, sedaj poimenovan *crRNA*. *crRNA* predstavlja spominsko virusno zaporedje za primerjavo z novodošlo virusno DNA ob ponovni okužbi, z drugim delom pa, kot rečeno, tvori dupleks s *tracrRNA*.

Prerejeno (R.K.) po: <https://en.wikipedia.org/wiki/CRISPR>.



Na okužbo z virusom bakterijska celica odgovori tako, da spodbudi izražanje genov, ki so del njenega obrambnega sistema. Slika zaradi preglednosti poenostavlja dogajanje, saj na njej ni prikazana tracrRNA (glej predhodno sliko!), ki je sicer nujno potrebna za izgradnjo genskih škarij, ima pa tudi vlogo zaščite pred razgradnjo bakterijske lastne DNA.

V primeru, da enim od genskih škarij odgovarja zaporedje virusne DNA, se ta na to DNA vežejo in jo razrežejo ter predajo nadaljnji razgradnji.

Prirjeno (R.K.) po:

<https://en.wikipedia.org/wiki/CRISPR>.

Zgodba o odkritju sistema CRISPR/ Cas9 kot dejavnika imunosti in obrambe bakterij pred virusi

Emmanuelle Charpentier, mlada raziskovalka francoskega porekla in nemirnega duha, je bila že od samega začetka svojega raziskovalnega življenja navdušena nad patogenimi bakterijami. Zakaj so tako agresivne? Kako razvijejo odpornost proti antibiotikom? Ali je mogoče najti nove načine zdravljenja, ki bi zaustavili njihov pohod? Vključno z doktorskim študijem na Inštitutu Louisa Pasteurja v Parizu je živela v petih različnih

državah, sedmih različnih mestih in delala v desetih različnih ustanovah. Leta 2002, ko je ustanovila svojo raziskovalno skupino na dunajski univerzi, se je osredotočila na eno od bakterij, ki človeštvu povzročajo največ škode: *Streptococcus pyogenes*. Vsako leto okuži milijone ljudi, ki sicer pogosto zbolijo za lahko ozdravljivimi boleznimi, kot sta angina (tonzilitis) in kožna krastavost (impetigo), lahko pa se okužba konča tudi z življenjsko nevarnim telesnim vnetnim odzivom (sepsa) in razgradnjo mehkih tkiv. Da bi bolje razumela življenjski krog bakte-

rije, se je posvetila temeljitemu preučevanju uravnavanja delovanja njenih genov.

Medtem na drugem koncu sveta, na Kalifornijski univerzi v Berkeleyju, biokemičarka Jennifer Doudna raziskuje majhne različice molekul RNA, ki igrajo pomembno vlogo pri uravnavanju aktivnosti genov v celicah. Njeno pozornost vzbudi odkritje kolegov, da med različnimi vrstami bakterij obstajajo zelo podobna ponavljajoča se zaporedja nukleotidov, poimenovana CRISPR, ki jih prekinjajo različna kratka zaporedja, ki se ujemajo z genetsko kodo različnih virusov. Je to posledica tega, da je bakterija, če je uspela preživeti virusno okužbo, dodala v svoj genom del genetskega zapisa virusa kot spomin na okužbo? In če se edinstvena neponavljajoča se zaporedja v genetskem grozdu CRISPR ujemajo z nukleotidnim zaporedjem različnih virusov, ali to pomeni, da je to del starodavnega imunskega sistema, ki varuje bakterije in arheje pred virusi? Jennifer Doudna je takrat ravno preučevala biološki proces, v katerem vrsta majhnih molekul RNA z ustvarjanjem dvoverižnih parov z molekulami RNA, ki prenašajo genetsko informacijo za sestavo celičnih proteinov, sodeluje pri utišanju izražanja genov (interferenca RNA). Ali bakterije uporabljajo podoben mehanizem za nevtralizacijo virusov? Dodatno spodbudo za iskanje odgovora na to vprašanje je dalo tudi odkritje genov *cas* tesno ob grozdu CRISPR, ki so zelo podobni genom že poznanih proteinov, katerih vloga je odvijanje in razrez molekul DNA. Pomeni bližina grozda CRISPR s spominom na preteklo okužbo in genov *cas* prisotnost zapletene obrambe bakterij pred okužbami z virusi?

Emmanuelle Charpentier, ki je v tem času svoje raziskave uravnavanja delovanja bakterijskih genov z dunajske univerze prenesla na Univerzo Umeå na severu Švedske, je prav tako pri svojem delu naletela na molekule majhnih RNA kot dejavnikov izražanja genov. Med iskanjem genov, ki so v bakteriji *S. pyogenes* zapis za omenjene male molekule

RNA, je opazila vrsto enih, katerih nukleotidni zapis se zelo prilega nukleotidnemu zaporedju CRISPR, ki je del genoma te iste bakterije. Podrobna preiskava je razkrila, da se del te majhne molekule RNA popolnoma prilega delom grozda CRISPR, ki so enovite tandemske ponovitve zaporedja nukleotidov. Takrat je sicer že bilo poznano, da je bakterijski sistem CRISPR s sodelovanjem proteina Cas9 udeležen pri razgradnji virusnih DNA, vendar je Emmanuelle Charpentier razkrila, da pri tem odločilno vlogo igra omenjena mala RNA, ki so jo poimenovali »transaktivirajoča crisper RNA« – *tracrRNA*. Predpostavi, da je *tracrRNA* potrebna, da se dolgi prepis genomskega nukleotidnega zaporedja CRISPR pretvori v nekaj, kar delu tega zaporedju podeli aktivno vlogo v življenju bakterijske celice.

Objava tega odkritja je prinesla povabilo na mednarodno konferenco biokemikov v Portoriku in v kongresni kavarni je drugi dan konference prišlo do naključnega srečanja med Emmanuelle Charpentier in Jennifer Doudna. Takoj sta se ujeli in naslednji dan med sprehodom po starem delu mesta sklenili tesno osebno in raziskovalno prijateljstvo. Vzpostavita sodelovanje med laboratorijema, med katerim preko digitalnih srečanj poteka intenzivna izmenjava podatkov in mnenj. Sodelavci Jennifer Doudne sumijo, da je CRISPR RNA potrebna za identifikacijo DNA virusov in da so protein Cas9 škarje, ki razrežejo molekulo virusne DNA. Vendar se, ko v laboratorijskih poskusih virusni DNA dodajo CRISPR RNA in protein Cas9, ne zgodi nič, DNA ostane nerazrezana. Na drugi strani v laboratoriju Emmanuelle Charpentier za prepoznavanje novodošlih virusov izpostavijo ključno vlogo molekule *tracrRNA*, ki se poveže s prepisom virusne DNA, to je s CRISPR RNA, ta pa se nato razcepi na manjše delce s pomembno vlogo pri še neraziskani razgradnji virusnih DNA. Ko pa spoznanja obeh laboratorijev združijo in v poskusu k virusni DNA poleg CRISPR RNA in proteina Cas9 dodajo še

tracrRNA, poskus uspe, molekula DNA se razcepi na dva dela. Emmanuelle Charpentier in Jennifer Doudna sta odkrili mehanizem zaščite streptokokov pred virusi: vlogo spominske imunosti, shranjene v genetskem grozdu CRISPR, pomembne za prepoznavo nove virusne okužbe, to je molekule RNA (CRISPR RNA), ki je »odtis« preteklega virusne DNA, ob sočasnem delovanju ostalih delov sistema CRISPR (tracrRNA in Cas9), potrebnih za onemogočanje novodošlega virusa - z razgradnjo njegove DNA.

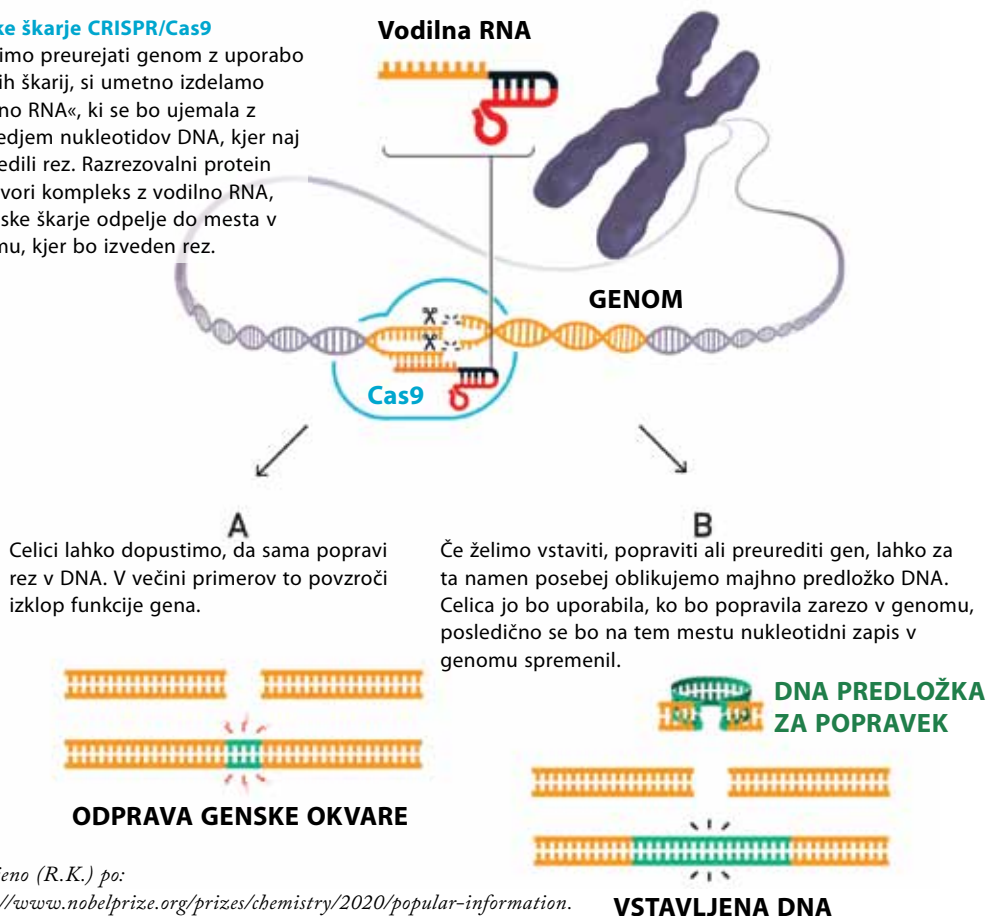
Raziskovalci se odločijo, da bodo poskušali poenostaviti genske škarje

Z novim znanjem o vlogi molekul tracrRNA in CRISPR RNA so obe umetno

združili v eno molekulo, ki so jo poimenovali »vodilna RNA«. S to poenostavljeno različico *genskih škarij* so nato izvedli epohalni eksperiment: novo gensko orodje so uporabili tako, da so razrezali poljubno DNA na mestu, ki so ga pred tem sami določili. V laboratoriju Jennifer Doudna so v poskusu uporabili enega od genov s poznano vlogo v organizmu in v njem izbrali pet različnih mest, kjer naj bi gen razcepili. Nato so spremenili del genskih škarij CRISPR, tako da so se njihova nukleotidna zaporedja ujemala z zaporedji na tarčni DNA, tam, kjer naj bi razrezi bili opravljeni. Rezultat poskusa je bil presenetljivo natančen: molekula DNA je bila razcepljena na točno določenih mestih.

Genske škarje CRISPR/Cas9

Ko želimo preurejati genom z uporabo genskih škarij, si umetno izdelamo »vodilno RNA«, ki se bo ujemala z zaporedjem nukleotidov DNA, kjer naj bi naredili rez. Razrezovalni protein Cas9 tvori kompleks z vodilno RNA, ki genske škarje odpelje do mesta v genomu, kjer bo izveden rez.



Prirjeno (R.K.) po:

<https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2020/popular-information>.

Kmalu po objavi *genskih škarij*, leta 2012, je več raziskovalnih skupin dokazalo, da je to orodje mogoče uporabiti za spreminjanje genoma tudi v celicah miši in ljudi. Pred tem je bilo spreminjanje genov višjih organizmov dolgotrajno in včasih tudi nemogoče dejanje. Z uporabo genskih škarij z umetno izdelano vodilno RNA, ki se ujema s kodo DNA, kjer naj bo rez narejen, lahko raziskovalci načeloma režejo kateri koli genom, ki ga želijo. Celici lahko dovolijo, da sama popravi zareze v DNA, kar večinoma povzroči izklop funkcije gena. V primeru, da želimo vstaviti, popraviti ali preurediti gen, pa lahko za to posebej oblikujemo majhno matrično DNA, ki jo bo celica uporabila pri popravku reza v genomu in na tem mestu vstavila željeno zaporedje nukleotidov.

Ker je to gensko orodje tako enostavno za uporabo, je zdaj razširjeno v temeljnih raziskavah. Uporabljajo ga za spreminjanje DNA celic in laboratorijskih živali, da bi razumeli, kako različni geni delujejo in se med seboj sporazumevajo, na primer med boleznijo. Genetske škarje so postale tudi standardno orodje v vzreji rastlin. Med drugim so preuredili gene, zaradi katerih običajni riž sicer absorbira težke kovine iz tal, kar je pripeljalo do izboljšanih sort riža z nižjo vsebnostjo kadmija in arzena. Razvili so tudi pridelke, ki bolje prenašajo sušo v toplejšem podnebnju in se upirajo žuželkam in škodljivcem, s katerimi bi se sicer morali spoprijeti s pesticidi.

Metodologija CRISPR/Cas9 prinaša novo upanje na ozdravitev genetskih bolezni

Genetske motnje so zdravstvene težave, ki jo povzroča ena ali več nepravilnosti v genomu. Lahko jih povzroči mutacija enega samega gena (monogenske bolezni) ali več genov (večgenske bolezni), lahko pa so tudi posledica nepravilnosti v širšem območju kromosoma. Mutacija, ki je vzrok monogenske bolezni, se lahko pojavi spontano pred embrionalnim razvojem (mutacija *de novo*) ali pa se kot dedna bolezen podeduje

od staršev, ki sta nosilca okvarjenega gena (avtosomno recesivno dedovanje), oziroma od enega od staršev z motnjo (avtosomno dominantno dedovanje). Znanih je več kot šest tisoč različnih genetskih motenj in za večino velja, da so z ustaljenimi medicinskimi postopki neozdravljive. Od dednih bolezni, ki jim lahko rečemo tudi prirojene bolezni, saj so prisotne že ob rojstvu, pa se razlikujejo tako imenovane pridobljene bolezni, ki se začnejo kasneje v nekem obdobju življenja. Večina rakov, čeprav gre za genske mutacije majhnega deleža celic v telesu, je pridobljenih bolezni.

Genske škarje so novo upanje za zdravljenje dednih in prirojenih genetskih bolezni. Raziskovalci že izvajajo klinične raziskave, da bi ugotovili, ali bi metodo CRISPR/Cas9 lahko uporabili za zdravljenje bolezni krvi, kot sta srpastocelična anemija in beta talasemija, pa tudi za zdravljenje dednih očesnih bolezni. V razvoju so metode za popravilo genov v velikih organih, kot so možgani in mišice. Poskusi na živalih so pokazali, da lahko s posebno zasnovanimi virusi genske škarje ciljano dostavimo do želenih celic. Na ta način bi lahko zdravili uničujoče dedne bolezni, kot so mišična distrofija, mišična atrofija hrbtenice in Huntingtonova bolezen. Prav tako so v razvoju tudi novi pristopi v imunoterapiji raka. Vseeno pa je potrebno, v izogib možnim stranskim učinkom (naključni razrez DNA na nepravem mestu), natančnost tehnologije še izboljšati, preden jo bo mogoče preizkusiti in na široko uporabiti pri ljudeh.

Izredna moč genskih škarij zahteva tudi ustrezno pravno ureditev. Možne bi namreč bile zlorabe tehnologije za ustvarjanje gensko spremenjenih zarodkov, čeprav že vrsto let obstajajo zakoni in predpisi, ki nadzorujejo uporabo genskega inženirstva in ki vključujejo prepovedi spreminjanja človeškega genoma na način, ki omogoča prenos uvedenih sprememb na potomce. Za poskuse, ki vključujejo ljudi in živali, morajo etični odbori pred njihovo izvedbo vedno

dati ustrezno soglasje. Vseeno pa zaradi natančnosti in razmeroma enostavne uporabe nova tehnologija preurejanja genoma prinaša tudi tveganja nepooblaščne in zlonamerne uporabe.

Gotovo pa je eno: te genetske škarje vplivajo na vse nas. Soočili se bomo z novimi etičnimi vprašanji, vendar bo novo orodje vsekakor lahko prispevalo k reševanju številnih izzivov, s katerimi se sooča človeštvo. Emmanuelle Charpentier in Jennifer Doudna sta s svojimi odkritji razvili orodje, ki je znanosti o življenju popeljalo v novo obdobje.

Viri:

Ann Ferholm, The Royal Swedish Academy of Sciences:

*The Nobel Prize in Chemistry 2020 – Popular Science Background; <https://www.nobelprize.org/uploads/2020/10/popular-chemistryprize2020.pdf>. Claes Gustafsson, The Royal Swedish Academy of Sciences: *Scientific Background on the Nobel Prize in Chemistry – A Tool for Genome Editing*; <https://www.nobelprize.org/uploads/2020/10/advanced-chemistryprize2020.pdf>.*

CRISPR (Wikipedia): <https://en.wikipedia.org/wiki/CRISPR>.

Genetic Disorder (Wikipedia): https://en.wikipedia.org/wiki/Genetic_disorder.

Scopolijev vrt v Idriji • Botanični vrtovi

Scopolijev vrt v Idriji

Tinka Gantar, Ivica Kavčič, Anka Rudolf, Nada Praprotnik, Igor Dakskobler



Scopolijev vrt v zgodnji pomladi: kronica ali pomladanski veliki zvonček (Leucojum vernum), navadni mali zvonček (Galanthus nivalis) in pomladanski zafran (Crocus vernus subsp. vernus). Foto Tinka Gantar.

Naj začnemo z mislijo, ki jo je v podporo snovanju našega vrta zapisal dr. Jože Bavcon v pismu *Muzejskemu društvu Idrija* leta 2005: »Za vse, kar Idrija pomeni v botaničnem svetu, si vsekakor zasluži, da vsaj del tega prikaže tudi z rastlinami, ki jih kar nekaj kot novo opisane vrste izvira od tod. Zavedajmo se, da so rastline ravno tako del splošne kulture Idrije. Šele ko bomo znali ceniti te tihe spremljevalke našega vsakdana, se bomo tudi pred tujci lahko upravičeno postavili.«

Gotovo je podobno razmišljanje vodilo prof. dr. Toneta Wraberja, ko je leta 2003 takratni predsednici Muzejskega društva Idrija Ivici Kavčič predlagal, da bi uredili vrt v spomin na Scopoliya in druge v Idriji delujoče botanike. Ime naj bi dobil po Scopoliju, ne le, ker je bil prvi med njimi, temveč tu-

di zato, ker je ob hiši, kjer je stanoval, imel vrt z mnogimi zelišči. V pismu *Muzejskemu društvu* leta 2003 je takole opisal svojo zamisel: »Predstavljam si, da bi nastal nasad z vrstami, ki jih je iz naših krajev opisal Scopoli, nekatere tudi Hacquet.«

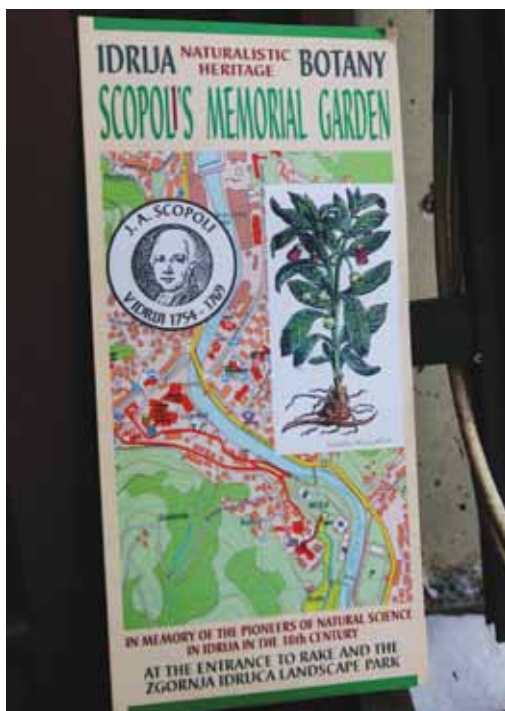
Najprimernejša lokacija bi bila na mestu, kjer je imel vrt Scopoli, a je bil tam asfalt. Rudnik nam je bil pripravljen za trideset let odstopiti v uporabo smetišče pod rudniško kovačijo, ki ga je *Komunala* počistila in napeljala zemljo, soseda Slavica Kumar pa je odstopila gredico nad škarpo, ki jo je urejala.

Spomladi leta 2004 sta Marija Bavdaž in Ivica Kavčič začeli z delom: načrt vrta, čiščenje zanemarjenega zemljišča, nabiranje rastlin, prsti, kamenja, sajenje. Napisno tablo je postavil *Kolektor*, načeto fasado kovačije je obnovil *Zidgrad*, *Krajevna skupnost* pa

Pri vходу v vrt je lepo oblikovana pojasnjevalna tabla s portreti znamenitih »idrijskih« botanikov in »njihovimi« najznačilnejšimi rastlinami. Foto: Tinka Gantar.



Spodaj: Zgibanka o Scopolijevem vrtu, njena avtorica je prof. Marija Bavdaž. Foto: Tinka Gantar.





Spomladanska podoba Scopolijevega vrta, v ospredju alpski kotiček. Foto: Tinka Gantar.

novno škarpo nad parkiriščem. Z leti je bilo treba prenoviti leseno ograjo, nove stopnice in tablo ob vhodu v vrt.

Kot dopolnilo k vrtu sodi majhno razstavišče (*Flora Carniolica*) v njegovi bližini. Tudi ta prostor nam je »posodil« *Rudnik*. V njem imamo vsako leto v maju razstavo slik rastlin akademskega slikarja Rafaela Terpina: *Ko kukavica zakuka*, *Priprava na razcvet pomladi*, *Slovenske kukavičevke*, *Poletni gorski travniki*, *Alpska flora*, *Podobe izbranih domačih pomladnih lepotic*, *Podobe gob*, stalno so razstavljene fotografije *Podobe lišajev*, občasno imamo delavnice: *Hoteli za žuželke*, *Drevesa naših gozdov*, *Ugani, kdo sem*, *Visokogorske rastline in živali*, *Darovi narave*, *rdeči in črni plodovi*, *Dnevni metulji* in tako dalje. V sodelovanju z ICRO (*Idrijsko-Cerkljansko razvojno agencijo*) smo s predavanji ter sprehodom skozi vrt približali rastlinski svet bodočim turističnim vodnikom.

O delu v vrtu smo članice *Muzejskega društva* redno poročale predvsem v časopisih *Idrijske novice* in *Idrijski razgledi*. Pri stro-

kovno-vrtnarskih opravilih sta Mariji Bavdaž sprva pomagali predvsem Ivica Kavčič in Tinka Gantar, po letu 2007 pa je oskrbovanje vrta prevzela Tinka Gantar ob dragoceni pomoči moža Branka.

Na pobudo *Muzejskega društva Idrije* in njegove predsednice Martine Peljhan smo ob 15. obletnici delovanja vrta želeli opisati današnje stanje in delovanje Scopolijevega vrta. V ta namen smo pripravili zbirni članek, ki bo objavljen v *Idrijskih razgledih*, nekatera njegova spoznanja pa povzemamo v tem besedilu. Vrste, ki so v letu 2020 uspevale v vrtu, smo popisali in jih razčlenili po življenjskih oblikah in rastiščih. Skupno smo določili 393 praprotnic in semenk, za skoraj 40 vrst pa vemo, da so bile v preteklih letih v vrtu posajene, a se v njem niso ohranile. Seznam vrst v vrtu se iz leta v leto spreminja. Primerjava s popisom vrst iz leta 2014 (Bavdaž in Gantar, neobjavljeno) pa je pokazala, katere vrste so v vrtu bolj udomačene, in lahko pričakujemo, da se bodo v njem ohranile tudi v bodočnosti. V vrtu uspeva pisana skupnost rastlin, ki dobro kažejo na okoliško prevladujočo gozdno, travniško in meliščno-naskalno rastje in tudi na bogastvo tukajšnjih naravnih rastišč. V njej so vsaj štirje endemiti: kranjski jeglič (*Primula carniolica*), hladnikovka (*Hladnikia pastinacifolia*), Hladnikov grintavec (*Scabiosa hladnikiana*), ozkolistna preobjeda (*Aconitum angustifolium*), dve vrsti *Nature 2000* (*Primula carniolica*, *Hladnikia pastinacifolia*), 17 znamenitih vrst na Slovenskem, 21 zavarovanih vrst in 10 vrst z rdečega seznama. Prav tako v vrtu raste več kot 35 vrst, ki so tesno povezane z znamenitimi osebnostmi iz naše naravoslovne zgodovine, ki so bili bodisi rojeni v Idriji ali so tam delovali. Za te vrste, tudi za tiste, ki se v vrtu niso obdržale, je dr. Nada Praprotnik napisala temeljite komentarje. Največ med njimi je povezanih

prav z možem, po katerem se vrt imenuje, Janezom Antonom Scopolijem (bodisi da jih je on prvi opisal ali da imajo v okolici Idrije klasično nahajališče), nekatere tudi z Balthasarjem Hacquetom, Francem Hladnikom, Ernestom in Henrikom Freyerjem ter Jurijem Dollinerjem. Zagotovo zdajšnja vrstna sestava vrta lepo odraža znamenito idrijsko botanično zgodovino. Vrt obiskovalcu omogoča spoznati pomemben del znamenitosti slovenske flore. Osnovni nasad rastlin je ob levi strani steze,

kjer navadno začenjamo ogled vrta. Najprej je alpski kotichek, za njim pa kraševski, ki se začne z bledo obloglavko (*Cephalaria leucantha*), gredljastim trpotcem (*Plantago holosteum*), rujem (*Cotinus coggygria*), v družbi z gozdnim šebenikom (*Erysimum sylvestre*) in rdečo reliko (*Chamaecytisus purpureus*). Okoli bodike (*Ilex aquifolium*) rastejo srhkodlakavi oman (*Inula hirta*), mesnordeči dimek (*Crepis slovenica*) in mala strašnica (*Sanguisorba minor*). Pod črnim gabrom (*Ostrya carpinifolia*) so imenitnica rebrinčevolistna hla-



Alpski kotichek od blizu z mnogolično suholetnico (Erigeron glabratus), avrikljem (Primula auricula) in Hostovim kamnokrečem (Saxifraga hostii). Foto: Igor Dakskobler.



Hladnikovka (Hladnikia pastinacifolia) ima v Scopolijevem vrtu nekoliko drugačno družbo kot na naravnih nahajališčih. Foto: Tinka Gantar.

»Kraševki«, navadna potonika (*Paeonia officinalis*) in ilirska perunika (*Iris pallida* subsp. *illyrica*), sta v vrtu družno skupaj.
Foto: Tinka Gantar.



Gozdni šebenik (*Erysimum sylvestre*) je v Scopolijevem vrtu dobil svoje mesto v bližini rastlin s Krasa.
Foto: Tinka Gantar.



dnikovka (*Hladnikia pastinacifolia*), popon (*Helianthemum nummularium*), gola dremota (*Cruciata glabra*) in rušnata zvončica (*Campanula cespitosa*).

Dinarski jelovo-bukov gozd zastopajo kranjski volčič (*Scopolia carniolica*), kranjski zali kobulček (*Astrantia carniolica*) in navadno tevje (*Hacquetia epipactis*). Iz škarpe bogato cveti rumeno milje (*Paederota lutea*), tudi kranjski jeglič in gozdni planinšček (*Homogyne sylvestris*) sta tam. V bregu ob

stopnicah se ob bradavičasti trdoleski (*Eo-unymus verrucosa*) lepo razrašča ozkolistno ciprje (*Chamaenerion angustifolium*), na levi strani pa dišeči kromáč (*Myrrhis odorata*) in lepki osat (*Cirsium erisithales*). Od osnovnega nasada nam nikakor ni uspelo ohraniti brezstebelnega ušivca (*Pedicularis acaulis*), muhasta je tudi rušnata zvončica, črne murke nismo niti sadili. K spominskim rastlinam štejemo tudi okrasno drevo usodnik (*Clerodendrum trichotonum*) in grm dišeči



Kranjski volčič (Scopolia carniolica) v Scopolijevem vrtu lepo uspeva. Foto: Tinka Gantar.



Tevje (Hacquetia epipactis) v vrtu spominja na znamenitega idrijskega rudniškega kirurga in naravoslovca Balthasarja Hacqueta, ki je deloval v Idriji v letih od 1766 do 1773. Foto: Tinka Gantar.

les (floridski dišečnik, *Calycanthus floridus*), ki ju je vrtu podarila prof. dr. Darinka So-ban, idrijska častna občanka, ter potomko Marmontove lipe, darilo Botaničnega vrta

v Ljubljani.

Soseda Slavica Kumar nam je leta 2018 da-la v uporabo košček svojega vrta desno ob vstopu v vrt. Tam in ob stezi proti vratar-



Kranjski jeglič (Primula carniolica) in gozdni planinšček (Homogyne sylvestris) imata tudi ponekod v naravi skupna rastišča. Foto: Igor Dakskobler.



»Gozdni« del vrta z volčjo jagodo (*Paris quadrifolia*). Foto: Tinka Gantar.

Saccardova kadulja (*Salvia pratensis* subsp. *saccardiana*) je šele zadnja leta znana posebnost rastlinstva v povodjih Idrije in Trebušice in v vrtu lepo uspeva. Foto: Igor Dakskobler.





Pegasti kačnik (Arum maculatum) v »gozdnem« delu vrta. Foto: Tinka Gantar.



Sibirski perunika (Iris sibirica s. lat.) – v naših starejših zapiskih smo imeli kojniško peruniko (I. sibirica subsp. erirrhiza), a leta 2020 v vrtu cvetoča rastlina po nekaterih znakih tej podvrsti ne ustreza. Foto: Igor Dakskobler.



Slokastoplodni repnjak (Arabis turrita) je nezahtevna vrsta, ki si je v vrtu poiskala čisto posebno ložo. Foto: Igor Dakskobler.



Scopolijev vrt v zrelem poletju leta 2020. Foto. Igor Dakskobler.

nici se trudimo z zdravilnimi rastlinami, saj vlada med ljudmi zanje večje zanimanje kot za ostale rastline. Na novo smo zasnovali tudi kotichek s praprotni v senčnem kotu ob vratarnici.

Veseli nas, da vrt počasi prihaja v zavest Idrijčanov, da se v njem ustavljajo obiskovalci, ki na tabli dobijo osnovne podatke o naših naravoslovcih, na gredah pa jim tablice z imeni rastlin pojasnijo, kaj v vrtu raste. Kakšna bo prihodnost vrta? Počasi se večata védenje in zanimanje za živo naravo. Idrija se lahko ponaša s svojo bogato naravoslovno preteklostjo, z izredno raznovrstnim rastlinskim svetom, ki ga v skromnem obsegu predstavlja Scopolijev vrt. Ta potrebuje strokovno obravnavo, ne le ljubiteljsko. Predvsem si želimo sodelovanja z osnovnimi šolami, gimnazijo in turistično organizacijo.

Zahvala

Scopolijev vrt svoj obstoj dolguje dragocnim botrom in sopotnikom, med katerimi jih je žal nekaj že pokojnih: prof. dr. Tonetu Wraberju, prof. dr. Darinki Soban in Branku Gantarju. Ključna osebnost za nastanek in ohranitev tega vrta je prof. Marija Bavdaž, ki smo ji članek v *Idrijskih razgledih* tudi posvetili. Raznovrstno pomoč in nasvete so nam nudili Rafael Terpin, dr. Jože Bavcon, Slavica Kumar in Martina Peljhan.

Literatura:

- Bavdaž, M., 2007: *Poročilo o stanju spominskega botaničnega vrtička konec poletja 2007. Idrijski razgledi*, 52 (2): 125–128.
- Bavdaž, M., 2009: *Scopolijev spominski vrt. Idrija. Muzejsko društvo Idrija. Zgibanka*. 18 str.
- Bavdaž, M., Gantar, T., 2014: *Popis rastlin v Scopolijevem vrtu, avgusta 2014. Rokopis, ki ga brani Tinka Gantar*.
- Dakskobler, I., Praprotnik, N., Gantar, T., Rudolf, A., Kavčič, I., 2021: *Scopolijev vrt v Idriji leta 2020. Posvečeno prof. Mariji Bavdaž. Idrijski razgledi*, 66 (1), v pripravi za tisk.
- Gantar, T., 2012: *Štirje letni časi v Scopolijevem spominskem vrtu. CD. Muzejsko društvo Idrija*.
- Kavčič, I., 2007: *Scopolijev vrt – vrt idrijske botanične dediščine. Idrijski razgledi*, 52 (2): 122–124.
- Kavčič, I., 2008: *Scopolijev vrt – vrt idrijske botanične dediščine. Idrijske novice*, 181 (8. 8. 2008): 4–5.
- Kavčič, I., 2020a: *Ob deseti obletnici Scopolijevega spominskega vrta v Idriji. Priloga: Seznam rastlin, zasajenih v Scopolijevem vrtu od maja 2004 do avgusta 2007. Rokopis*.
- Kavčič, I., 2020b: *Seznam rastlin v Scopolijevem vrtu v Idriji, ki se niso obdržale. Rokopis*.
- Kavčič, I., Bavdaž, M., 2004: *O zasnovi Scopolijevega botaničnega vrta na začetku Rak. Idrijski razgledi*, 49 (2): 36–41.
- Vončina (Rudolf), A., 2014: *Botanični vrtovi so muzejske zbirke žive dediščine, 10 let idrijskega Scopolijevega vrtička. Komunitator (Idrija)*, 14 (2): 52–55.
- Wraber, T., 2003: *Henrik Freyer kot botanik. Idrijski razgledi*, 48 (1): 104–135.

Staranje, celična senescenca in zdravljenje s starostjo povezanih bolezni

Eva Prašnikar, Jure Borišek in Andrej Perdih

Staranje obravnavamo kot neizogiben naravni proces, ki se odvija v praktično vsakem organizmu. V zadnjih letih so raziskave pokazale, da proces staranja le ni popolnoma tog in programiran in bi bilo nanj mogoče vplivati s pravilno načrtovanimi posegi. Ker je starost dejavnik tveganja pri večini s starostjo povezanih bolezni, kot so na primer demenca, povišani krvni tlak, arterioskleroza, rak, avtoimunske in druge bolezni, ali celo njihov glavni vzrok, bi s tovrstnimi posegi potencialno pripomogli tudi k zdravljenju teh bolezni. Zato v zadnjem desetletju potekajo intenzivne raziskave, kako bi lahko bolje razumeli proces staranja in njegovo vlogo pri razvoju s starostjo povezanih bolezni ter s pomočjo različnih tehnologij in pristopov vplivali na zmanjšanje njihovega pojavljanja.

Staranje

Staranje je naravni proces, ki poteka pri vseh živih bitjih. Poznamo delitev na kronološko in biološko staranje. Pri kronološkem staranju gre za čas, ki preteče od rojstva do smrti in ga lahko razdelimo na več starostnih obdobij, ki jih zaznamujejo različne značilnosti. Pri človeku se starostna obdobja lahko razdelijo na obdobje novorojenčka, dojenčka, otroka, mladostnika, odraslega in starostnika. Medtem ko ima vsako obdobje svoj čar, ima tudi svoje slabosti. Otroštvo pogosto povezujemo z otroško brezskrbnostjo, hektično obdobje mladostništva in odraslosti s številnimi izzivi, ki pomagajo izoblikovati našo osebnost, s samostojnostjo in tudi z vedno večjo odgovornostjo, medtem ko obdobje starostnikov lahko vodi v bolj umirjene tirnice, namenjene osebnim interesom.

Pri biološki starosti mislimo predvsem na zdravstveno stanje posameznika. Z leti namreč upada funkcionalno delovanje našega organizma, vse bolj se manjša mobilnost, včasih upada tudi zmožnost miselnih procesov in sčasoma se lahko pojavijo s starostjo povezane bolezni, kot so demenca, povišani krvni tlak (hipertenzija), rak, avtoimunske in druge bolezni. Z drugimi besedami, z leti se slabša naše zdravstveno stanje, postajamo vedno bolj »krhki« ter vedno bolj odvisni od skrbi drugih. Starejši so zaradi svojih omejitev, ki izvirajo iz upadajoče fizične zmogljivosti, včasih tudi odrinjeni na rob družbe, kar poleg očitnih težav lahko vodi tudi v osamljenost in kopičenje negativnih čustev ter predstavlja dodatni vzrok za razvoj številnih bolezenskih stanj. Starost torej ne prinaša le obilico zdravstvenih problemov, temveč tudi socialne stiske.

Delež starejše populacije se zaradi višje stopnje preživetja v zgodnjih letih ter sočasne ga padanja rodnosti vztrajno povečuje in bo do leta 2050 predstavljal kar 22 odstotkov celotnega svetovnega prebivalstva, kar pomeni več kot petino ranljivejšega prebivalstva s specifičnimi potrebami. Tako lahko pričakujemo korenite spremembe v družbi, kjer se bo verjetno pojavilo več produktov, namenjenih lažšanju težav starejših, ter številne izzive na socialnih in ekonomskih področjih, vključno z zdravstvom, kjer se bo zaradi povišanega števila ostarelih povečala tudi potreba po zdravniški oskrbi in delovni sili, potrebni za njeno zagotavljanje.

Številne organizacije, na primer Svetovna zdravstvena organizacija (SZO), se že desetletja trudijo prispevati h kakovostnejšemu življenju starostnikov, kar med drugim zajema tudi ozaveščanje prebivalstva o ugo-

tovljenih ukrepah in aktivnostih, s katerimi lahko izboljšajo kakovost življenja v visoki starosti (slika 1). Ti vključujejo pozornost pri zdravi prehrani, kjer smernice priporočajo uživanje sadja, zelenjave in drugih vlaknin, vnašanje raznolikih virov proteinov (na primer meso, ribe, oreščki, jajca) in živil z višjo vsebnostjo kalcija. Za ohranjanje zdravja je zelo pomemben kakovosten spanec, omejevanje stresa in za ohranjanje telesne zmogljivosti tudi zmerno ukvarjanje s športom. Telesna vadba pripomore tudi h krepitvi spomina in spoznavnih sposobnosti, pri tem je učinkovito tudi igranje raznih družabnih in namiznih iger, učenje novih spretnosti (na primer tujega jezika) ter vnašanje sprememb v vsakodnevno ustaljeno življenje.

Presenetljivo je, da se s starostjo povezane bolezni manj pogosto pojavljajo pri posameznikih, ki živijo več kot sto let. Še več, tudi potomci posameznikov, ki so dočakali izjemno visoko starost, navadno živijo dlje od povprečja in so prav tako manj podvrženi

k pojavljanju s starostjo povezanih bolezni. Zato se lahko vprašamo, ali bi podaljšanje življenjske dobe do največje možne meje omililo te zdravstvene probleme in s tem povečalo kakovost življenja starostnikov?

Zaradi velike kompleksnosti s starostjo povezanih bolezni pri njihovem zdravljenju še ne znamo odpraviti vzrokov za njihov nastanek, kot to na primer veliko lažje storimo pri zdravljenju bakterijskih okužb z uporabo antibiotikov. Trenutno zdravljenje se osredotoča predvsem na blaženje znakov in simptomov teh bolezni. Tako denimo pri sladkorni bolezni telesu zgolj dodajamo potrebni inzulin, ne posegamo pa v procese, ki povzročajo zmanjšano sintezo inzulina v organizmu ali manjšo občutljivost celic nanj. Poleg tega se pri starostnikih pogosto pojavlja več bolezni hkrati, kar posledično zahteva uvedbo več sočasnih terapij, s katerimi se pogosto ločeno obravnavajo simptomi vsake od prisotnih bolezni.

Visoka starost je glavni dejavnik tveganja za razvoj številnih bolezni, povezanih s

Slika 1: Nekatere aktivnosti, s katerimi lahko povečamo kakovost življenja in s tem podaljšamo tudi življenjsko dobo.



starostjo. Zato številne skupine znanstvenikov po svetu preučujejo hipotezo, ali bi lahko z zunanjim vplivom na mehanizme, ki uravnavajo procese staranja, podaljšali tudi obdobje odsotnosti teh bolezni in tako povečali kakovost življenja starejšega prebivalstva. Da bi lahko znanstveno ovrednotili to zelo drzno smer raziskav, moramo najprej podrobno razumeti sam proces staranja ter določiti dejavnike, ki k staranju najbolj prispevajo. To bi omogočilo načrtovanje specifičnih posegov, s katerimi bi ključne dejavnike procesa staranja omilili ali popolnoma odstranili in s tem zakasnili in zmanjšali pojavljanje s starostjo povezanih bolezni.

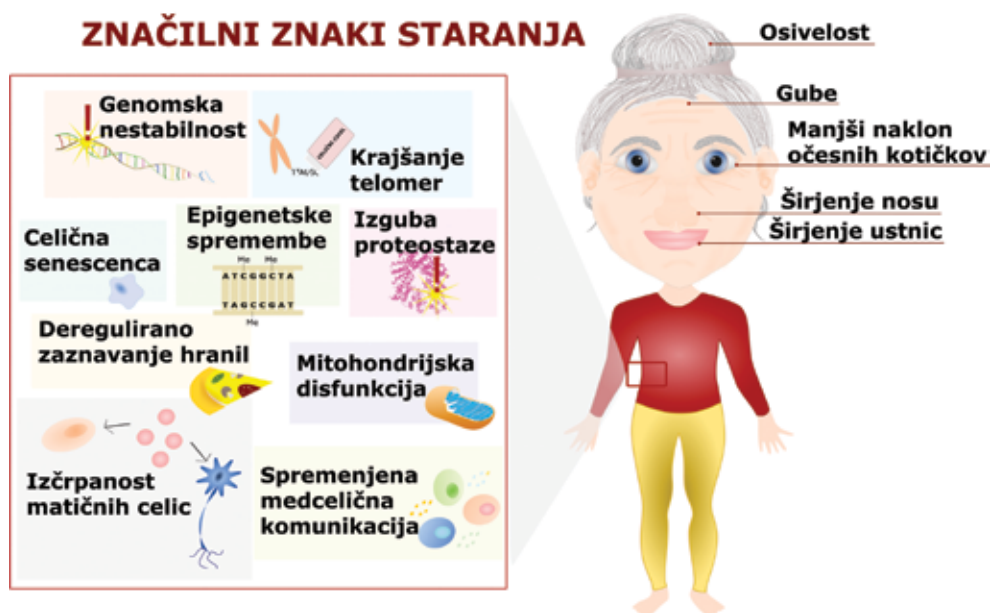
Značilni znaki staranja

Intenzivne raziskave na področju razumevanja procesov staranja ponujajo vse več pomembnih spoznanj o njegovih temeljnih značilnostih. Poleg vseh dobro poznanih vidnih sprememb na telesu, kot so nagubana koža, osivelost, širjenje nosu in ustnic in manjši naklon očesnih kotičkov, staranje

spremljajo tudi premnoge biokemijske spremembe, ki se z različno intenziteto pojavijo pri vseh organizmih (slika 2).

Staranje se kaže s kopičenjem poškodb genetskega materiala, ki lahko nastajajo zaradi notranjih (na primer kopičenja oksidantov, napak pri podvojevanju DNA) ali zunanjih dejavnikov (na primer strupov, ionizirajočega sevanja) in vodijo v genomsko nestabilnost. Pri vsaki celični delitvi se skrajšajo tudi končni, nekodirajoči deli DNA, ki varujejo genetski material in jih imenujemo telomere. Po približno petdesetih celičnih delitvah, kar označujemo tudi kot Hayflickovo mejo, tudi Hayflickov pojav, se telomere skrajšajo do kritične dolžine. Slednje se prepozna kot poškodba DNA, celice se prenehajo deliti ter preidejo v stanje celične senescence. Senescentne celice lahko nastanejo tudi kot odziv na celično poškodbo ali spremenjeno izražanje genov in se s starostjo kopičijo. O tej značilnosti staranja bomo več spregovorili v nadaljevanju. S starostjo prihaja tudi do sprememb, ki vplivajo na iz-

Slika 2: Nekateri značilni znaki staranja pri človeku tako na celični kot na (makroskopski) ravni celotnega organizma.



ražanje genetske informacije, kot so spremeni vzorci metilacije DNA ter spremembe v kromatinu in histonih, kar skupaj poimenujemo epigenetske spremembe. Prav tako izgubimo zanesljivost procesov izgradnje in razgradnje proteinov (tako imenovano proteostazo), kar vodi v kopičenje poškodovanih, nepravilno zviti ali napačno zgrajenih proteinov in njihovih skupkov.

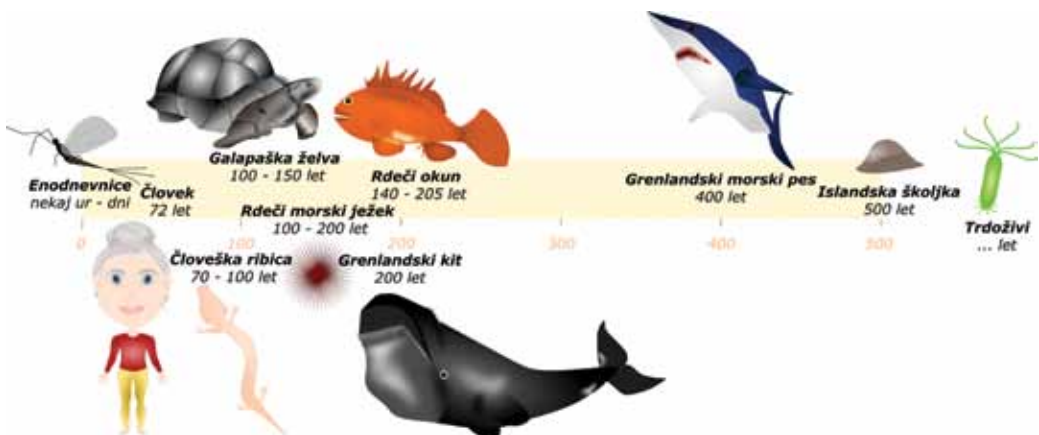
Številne raziskave so pokazale, da zmanjšani kalorični vnos (tako imenovana kalorična restrikcija) podaljša življenjsko dobo pri miših. Slednje potrjuje vlogo zaznavanja signalov, povezanih s hranili, ki se s staranjem deregulira. Za učinkovito delovanje organizma je potrebna tudi zadostna količina energije v primerni obliki, ki jo zagotavljajo mitohondriji, celični organeli, odgovorni za celično dihanje, v obliki molekule ATP (adenozin trifosfata). Vendar mitohondriji s starostjo zaradi kopičenja poškodb ter svojega upočasnjenega nastajanja in odstranjevanja pri tej nalogi postanejo manj učinkoviti, kar proces staranja dodatno pospeši. S staranjem svojo funkcijo izgubljajo tudi matične celice, ki so ključnega pomena pri obnovi tkiv. Ne nazadnje se spremenijo tudi vzorci medceličnega sporazumevanja, ki vplivajo na mehanistične in funkcionalne značilnosti vseh tkiv. Vidimo lahko, da je staranje kompleksen več-

dimenzionalen proces, odvisen od številnih prepletajočih dejavnikov.

Razlike v staranju med vrstami

Staranje ne poteka pri vseh organizmih z enako hitrostjo. Tako so v naravi odkrili organizme, ki se starajo izjemno hitro. Takšen primer je na primer red žuželk enodnevnic, ki živijo zgolj od nekaj ur do nekaj dni. Človek sodi v tako imenovane srednje hitro starajoče vrste in v povprečju dočaka 72 let (74,2 leta ženske in 69,8 leta moški). Trenutno najstarejšo dokumentirano starost 122 let in 164 dni je dočakala superstoletnica (to je oseba, ki dočaka 110 let ali več) Francozinja Jeanne Calment. Nekateri znani primeri dolgoživečih vrst so grenlandski morski pes (*Somniosus microcephalus*, 400 let), kit (*Balaena mysticetus*, 200 let), galapaška želva (*Chelonoidis nigra*, 100 do 150 let), islandska školjka (*Arctica islandica*, 500 let), rdeči morski ježek (100 do 200 let), riba rdeči okun (*Sebastes aleutianus*, 140 do 205 let) in tudi človeška ribica (*Proteus anguinus*, 70 do 100 let), ki je najdlje živeča dvoživka. Obstajajo tudi zelo redke vrste, ki sploh ne kažejo opaznih znakov staranja, takšen primer so nekateri trdoživi (*Hydra*) iz debla ožigalkarjev (slika 3).

Slika 3: Časovnica pričakovanih življenjskih dob različnih vrst.

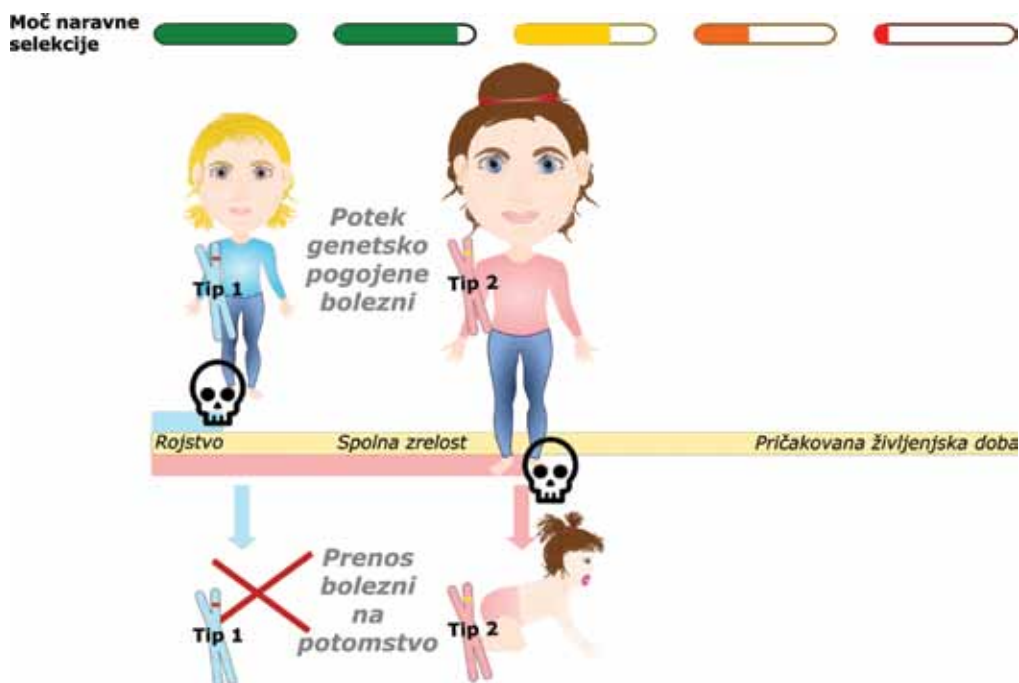


Opažanje, da nekateri organizmi kažejo zgolj zanemarljive znake staranja, je najverjetneje povezano z njihovo reproduktivno oziroma razmnoževalno sposobnostjo (angleško *reproductive fitness*): sposobnostjo posameznikov vrste, da prenesejo svoje gene v naslednjo generacijo. Slednje lahko razložimo z vplivom evolucijske hipoteze naravnega izbora. Pri naravnem izboru se iz generacije v generacijo prednostno prenašajo geni, ki kodirajo lastnosti, ki osebkem povečajo (oziroma vsaj ne zmanjšajo) možnosti preživetja v danem okolju.

Za poenostavljeno razlago zgornjih trditev vzamemo primer dveh genetsko pogojenih bolezni pri človeku, kjer pri prvem tipu oseba zaradi napredovanja bolezni umre pri petih letih in pri drugem pri tridesetih letih (slika 4). Verjetnost za ohranitev gena iz prvega tipa bolezni v neki teoretični populaciji je izredno majhna, medtem ko obstaja velika možnost za ohranitev gena drugega

tipa bolezni. Takšen sklep izvira iz predpostavke, da smrt osebe z genom za prvi tip bolezni (pri petih letih) nastopi, še preden je ta sposobna imeti potomce, medtem ko je oseba z drugim tipom bolezni (pri tridesetih letih) razmnoževalno sposobna, preden nastopi smrt. Po tej analogiji se geni, ki se v obdobju pred razmnoževalnim obdobjem ali med njim izkažejo kot ugodni ali nevtralni, ohranijo, prav tako pa se ohranijo tudi geni, ki se izkažejo za pogubne šele po koncu biološke reproduktivne dobe (slika 4). Da bi bila zadeva še bolj kompleksna, so ti geni v obdobju pred replikacijo organizma lahko včasih celo ugodni za preživetje. Če združimo celotni premislek, bo imela hipotetična vrsta, ki je razmnoževalno sposobna vse do svoje smrti, z vidika preživetja najbolj optimalen genetski material. Tako ni presenetljivo, da pri organizmih, ki živijo dlje, opazimo, da razmnoževalna sposobnost pogosto z leti ne upada.

Slika 4: Vpliv evolucijske hipoteze naravnega izbora in razmnoževalne sposobnosti na prenos gena za genetsko pogojeno bolezen.



Kot smo videli, je staranje kompleksen proces, ki je poleg genetike odvisen tudi od drugih dejavnikov. Poleg tega opisana evolucijska teorija na podlagi naravnega izbora ne upošteva sposobnosti drugačnega izražanja posameznih genov (genotipa) pri različnih posameznikih (fenotipih) glede na dejavnike okolja, s katerimi se posameznik sooča v življenju. To sposobnost imenujemo fenotipska plastičnost (angleško *phenotypic plasticity*). Za primer lahko vzamemo čebelo delavko in matico, ki se ne razlikujeta le po nalogah, ki jih opravljata (na primer skrb za zalego, nabiranje nektarja, zaleganje), temveč tudi po videzu (na primer po velikosti). Do sedaj niso odkrili nobenega gena, ki bi določal, v katero od njiju bo ličinka odrasla. Pravzaprav so ugotovili, da je odločilni dejavnik način hranjenja ličink. Ličinka, hranjena z velikimi količinami matičnega mlečka, odraste namreč v matico, medtem ko ostale čebele odrastejo v čebele delavke. Zanimivo je tudi, da imata matica in čebela delavka različni življenjski dobi. V obdobju intenzivne lege jajčec matice živijo kar od pet do sedem let, medtem ko čebele delavke živijo zgolj od enega do dveh mesecev.

Medvrstna raznolikost procesov staranja tako v številnih pogledih pripomore k boljšemu razumevanju prednosti in slabosti določenih njenih komponent. Po drugi strani pa lahko pomeni tudi izziv pri izbiri primernih živalskih modelov za preučevanje ključnih procesov staranja pri človeku, kjer so zaradi potrebnega časa za izvedbo študije te pogosto neizvedljive. Rezultati, pridobljeni na različnih modelnih organizmih (na primer miših, podganah, primatih in tako dalje), bi bili idealno neposredno prenosljivi na razumevanje staranja človeka. Zato je izbira primerne modelnega organizma ključna za vsako raziskavo.

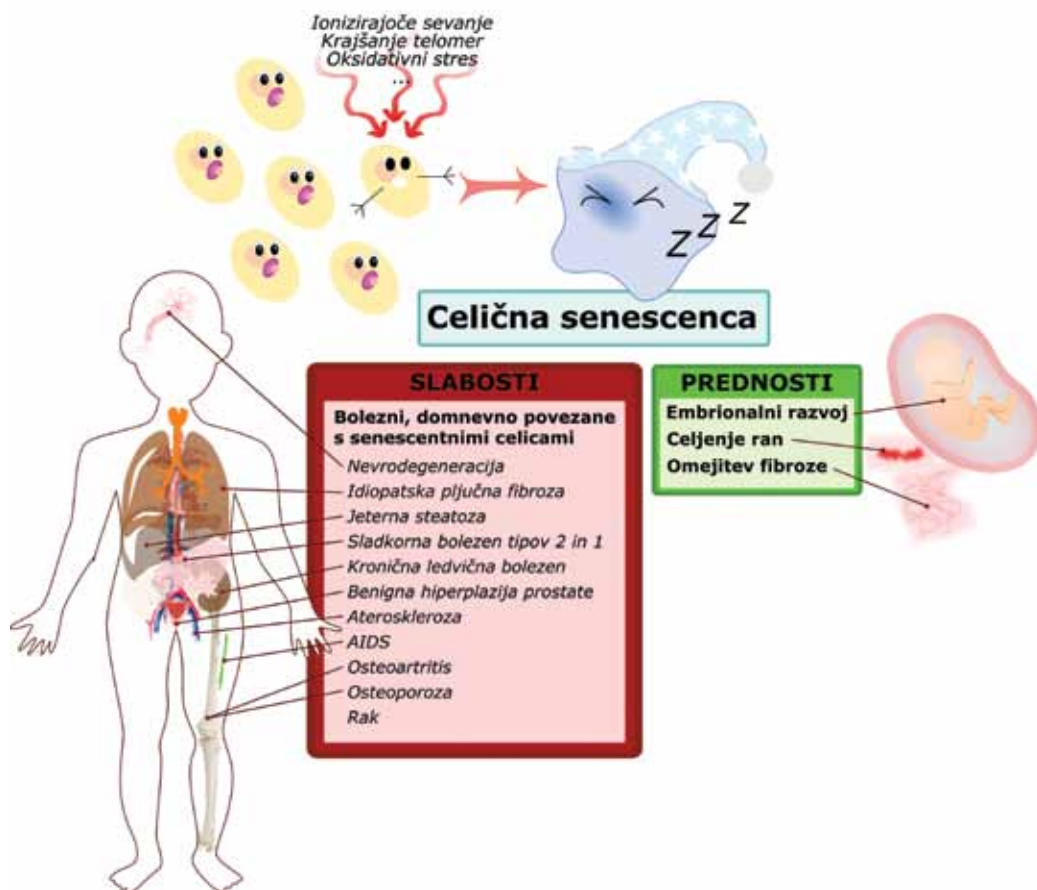
Celična senescenca, senescentne celice in zdravljenje s starostjo povezanih bolezni

Kot smo že omenili, je celična senescenca eden od splošnih znakov staranja, pri ka-

terem se celica v odziv na poškodbo kot posledico na primer ionizirajočega sevanja ali oksidativnega stresa kot tudi kritičnega skrajšanja telomer preneha deliti, njen celični cikel pa se trajno ustavi v fazi G1 (slika 5). Nastale senescentne celice nato prepozna naš imunski sistem in jih odstrani. Še vedno ni povsem jasno, kako komponente imunskega sistema prepoznajo senescentne celice. Domnevajo, da njihova prepoznavna vsaj deloma poteka preko specifičnih proteinov, ki jih senescentne celice izražajo na svoji površini. Druga možnost pa je, da komponente imunskega sistema privlačijo raznoliki dejavniki vnetja, ki jih senescentne celice specifično izločajo v okolico kot del s senescenco povezanega sekretornega fenotipa (angleško *senescence-associated secretory phenotype - SASP*), ki je pomembna značilnost senescentnih celic.

Raziskave kažejo, da postane s staranjem organizma odstranjevanje senescentnih celic manj učinkovito, kar posledično vodi v njihovo kopičenje. Povečana količina senescentnih celic ima pomembno vlogo pri razvoju prej omenjenih s starostjo povezanih bolezni, kot tudi pri nekaterih drugih obolenjih (na primer AIDS-u). Ne smemo pa pozabiti, da so pri človeku senescentne celice v embrionalnem razvoju in mlajših letih zelo koristne, saj sodelujejo pri pravilnem razvoju zarodka. Tudi v odraslem obdobju so te celice pomembne pri celjenju ran ter zamejitvi brazgotenja in fibroze (slika 5).

Že prej smo omenili, da znanstveniki, ki raziskujejo procese staranja, ugotavljajo, da staranje ni popolnoma deterministični biološki proces in bi ga bilo v prihodnosti z zunanjimi posegi (na primer različnimi molekulami), ki temeljijo na poznavanju biokemijskih mehanizmov, v principu mogoče deloma upočasniti. V prihodnosti bi tako lahko zdravila, ki se sedaj uporabljajo pri zdravljenju različnih s starostjo povezanih bolezni (na primer zdravilne učinkovine za zdravljenje sladkorne bolezni, nižanje krvnega tlaka in tako dalje), nadomestila zdra-



Slika 5: Zgoraj: nastanek senescentnih celic kot odgovor na različne dejavnike. Spodaj: nekatere bolezni, povezane s kopičenjem senescentnih celic, ter njihove koristne fiziološke vloge v organizmu.

vila, ki bi ciljala na temeljne procese, ki vodijo do nastanka teh bolezenskih stanj. Raziskave v tej smeri že intenzivno potekajo: od genetskih posegov, kjer poskušamo vplivati na učinke ravnega hormona, do kalorične restrikcije, kjer nadzorovano omejujemo vnos hranil. Za dokaj uspešne so se pokazale tudi nekatere že obstoječe zdravilne učinkovine. Najbolj raziskani molekuli sta rapamicin, imunosupresivna (imunki odziv zavirajoča) zdravilna učinkovina, ki se uporablja za preprečevanje zavrnitve organov pri presaditvi (posebno pri presaditvi ledvic), ter metformin, ki se že dolgo uporablja za zdravljenje sladkorne bolezni tipa 2.

Hipotezo, da z odstranitvijo senescentnih celic lahko podaljšamo življenjsko dobo organizma in zakasnimo potek nekaterih bolezni, so eksperimentalno že potrdili s poskusi na miših. Tako so pri preiskovanih živalih dosegli upočasnjeno staranje in ublažitev simptomov nekaterih bolezni, kot je jetrna steatoza. Poleg tega so raziskovalci opazili tudi zmanjšano pojavnost ponovnega obolenja za rakom ter izboljšano fizično aktivnost pri miših s ozdravljenim rakom. Vpliv kombinacije spojin, ki odstranijo senescentne celice, so testirali tudi pri ljudeh, obolelih za idiopatsko pljučno fibrozo (pljučno boleznijo, pri kateri prihaja do

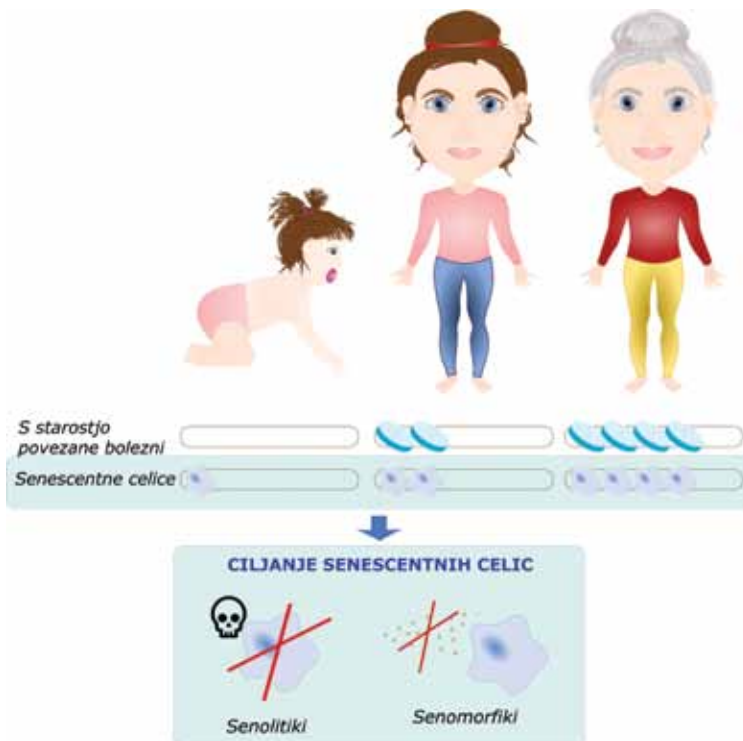
brazgotinjenja pljučnega tkiva), kjer se je pokazalo, da zdravljenje pripomore k izboljšanju fizične zmogljivosti bolnikov.

Ciljanje na senescentne celice je tako trenutno eden izmed najbolj obetavnih raziskav novih metod zdravljenja s starostjo povezanih bolezni. Shematski prikaz pristopa, kako bi odstranjevanje senescentnih celic lahko preprečilo ali pa vsaj zakasnilo nastanek s starostjo povezanih bolezni, prikazuje slika 6. Poznamo vsaj že dve strategiji vpliva na senescentne celice. Prva je specifično odstranjevanje senescentnih celic, druga pa spreminjanje uravnavanja njihove funkcije in morfologije oziroma upočasnitev njihovega nastanka.

Prvo skupino molekul imenujemo senolitiki (angleško *senolytics*) in povzročajo specifično odstranjevanje senescentnih celic (slika 6). To dosežemo z delovanjem na bolj aktivirane biokemične poti v senescentnih celicah, zlasti tiste, ki sodelujejo pri njihovi

odpornosti proti programirani celični smrti – apoptozi. Druga skupina so senomorfiki (angleško *senomorphics*), imenovani tudi senostatiki, spojine, ki delujejo na fenotip senescentnih celic, predvsem na uravnavanje izločanja snovi, povezanih s senescenco (SASP). Tako te spojine zmanjšajo njihove škodljive učinke na okoliško tkivo ali zakasnijo nastop senescence ter pri tem ne povzročajo apoptoze senescentnih celic (slika 6). Čeprav so raziskave na tem področju večinoma še v začetnih stopnjah, so nekatere spojine z odkrito aktivnostjo na senescentne celice že prešle v različne faze kliničnih študij.

Kljub številnim prizadevanjem in raziskavam za boljše razumevanje senescentnih celic in razvoju terapij, ki bi delovale nanje, še vedno ostaja veliko nerešenih pomembnih vprašanj. Tako še vedno ni v celoti pojasnjen mehanizem njihovega nastanka in razlog za njihovo kopičenje v kasnejših sta-



Slika 6: Zgoraj: shematski prikaz, kako bi odstranjevanje senescentnih celic lahko preprečilo ali pa vsaj zakasnilo nastanek s starostjo povezanih bolezni. Spodaj: Najpomembnejša terapevtska pristopa vplivanja na senescentne celice.

rostnih obdobjih. Težava se pojavlja tudi pri prepoznavanju senescentnih celic. Še vedno niso odkrili popolnoma specifičnih spojin, imenovanih biomarkerji senescence, ki jih te celice izločajo in bi omogočile njihovo zanesljivo prepoznavanje. Prav tako zaradi različnih potekov staranja pri živalskih vrstah študije na njih ne omogočajo, da bi lahko premočrtno sklepali, kako bi vplivali na človeka.

Zaključek

Raziskave procesov staranja, vključno s celično senescenco, so ta hipotetizirali

bolj vročih raziskovalnih področij, ki zaradi pospešenega staranja prebivalstva le še pridobiva na pomenu. Terapevtsko uporabnost pristopov ciljanja na senescentne celice v človeški medicini, kot smo jo opisali v prispevku, bodo dokončno ovrednotile prihodnje raziskave. Nedvomno bi vsak znanstveni preboj v tej smeri pomenil veliko spremembo pri zdravljenju številnih s starostjo povezanih kroničnih bolezni in pripomogel k večji kakovosti življenja starajoče se človeške populacije.

Slovarček:

Kalorična restrikcija. Nadzorovano stradanje, zmanjšani celokupni vnos kalorij.

S starostjo povezane bolezni. Bolezni, ki se pogosteje pojavijo pri starejših posameznikih (na primer demenca, povišani krvni tlak, rak, avtoimunske bolezni in tako dalje).

SASP (angleško *senescence associated secretory phenotype*). Značilne snovi, ki jih izločajo senescentne celice (na primer vnetni dejavniki).

Staranje organizmov. Čas, ki preteče od rojstva in ga po navadi spremlja stopnjevanje funkcionalni upad telesnih funkcij.

Senescenca. Stanje trajne ustavitve celičnega cikla.

Senomorfiki. Spojine, s katerimi vplivamo na nastanek in/ali lastnosti senescentnih celic.

Senolitiki. Spojine, s katerimi povzročimo celično smrt senescentnih celic.

Viri:

Finch, C. E., 1998: *Variations in senescence and longevity include the possibility of negligible senescence.*

The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences, 53: B235–B239.

Kirkland, J. L., Tchkonia, T., Zhu, Y., Niedernhofer, L. J., Robbins, P. D., 2017: *The clinical potential of senolytic drugs.* *Journal of the American Geriatrics Society*, 65: 2297–2301.

López-Otín, C., Blasco, M. A., Partridge, L., Serrano, M., Kroemer, G., 2013: *The hallmarks of aging.* *Cell*, 153: 1194–1217.

Prašnikar, E., Boršček, J., Perdih, A., 2021: *Senescent cells as promising targets to tackle age-related diseases.* *Aging Research Reviews*, 66.

Koliko medu in cvetnega prahu naberejo čmrlji

Janez Grad

Čmrlji se hranijo z medicino in cvetnim prahom. Nepoužito, podnevi nabrano hrano hranijo v satnih lončkih za kasnejše potrebe. V članku je predstavljeno merjenje dnevne količine tako shranjene hrane. Ugotovitev temeljijo na izračunani razliki med težo čmrljega gnezda v panju zvečer in zjutraj. V našem prvem tovrstnem poskusu, ki je potekal spomladi in poleti leta 2019, smo v ta namen raziskovali družino vrtnega čmrlja – *Bombus hortorum*. Namen merjenja je bil ugotoviti največji donos. Donosi so pogojevi z danostmi okolja gnezda, vremenom in številom delavk v družini.

Tuji raziskovalci čmrljev so težo nabrane medicine in cvetnega prahu, pri tem pridobljene in porabljene kalorije zaradi opravljenega dela pri letanju na pašo ter vpliv raznih okoliščin na to že raziskovali pri nekaterih vrstah čmrljev, vendar, po našem vedenju, ne pri vrsti *B. hortorum*.

Čmrlji so žuželke, ki spadajo v družino čebel, v okviru katere tvorijo poseben rod *Bombus*, v njem pa je več sto različnih vrst čmrljev. Po različnih virih je bilo v Sloveniji do sedaj opaženih 35 vrst. Vrste se med seboj razlikujejo po več značilnostih, na primer po velikosti, po barvi dlačic, po mestu za gnezdo, po dolžini rilčka za srkanje medicine, upošteva tudi mano, po dnevnem času letanja na pašo, po času, ko se matice vračajo s prezimovališča, po dolžini življenjskega obdobja, po številu delavk v gnezdu in po odpornosti proti mrazu. Čmrlji se hranijo podobno kot druge vrste čebel s cvetnim prahom in medicino, zato so pomembni opraševalci vseh vrst cvetja, tudi tistega, ki se mu medonosne čebele, v nadaljevanju čebele, izogibajo ali pa ga zaradi

naravnih danosti, na primer visoko v planinah, ne morejo obiskati.

Čmrlji torej živijo od medu in cvetnega prahu, ki ga sami naberejo. Če jim hrane zmanjka, na primer v času dolgotrajnega dežja in/ali mraza, umrejo. Nabrano hrano shranjujejo v lončke satja v gnezdu, podobno kot čebele, in jo od tam odvzemajo. Spomladi, ko si matica zgradi gnezdo, napravi v njem voščeni lonček, v katerega potem nanaša medicino kot zalogo za ponoči ali/ in slabo vreme, ko ne more letati na pašo. Lonček je nekako srednje velikosti med manjšimi in večjimi lončki, ki nastajajo kasneje, ko se izlegajo delavke in še kasneje mlade matice. Matica ga napolni čez dan, če ji vreme dopušča letanje na pašo. Teža medicine v njem je približno do enega grama.

Ko se izležejo delavke, prinašajo medicino in cvetni prah. Po velikosti večje vrste čmrljev prinašajo večje količine hrane in je tudi porabijo več kot manjše vrste. Dnevna količina nabranega medu je odvisna od mnogih dejavnikov, na primer vremena, števila delavk v gnezdu, ki letajo na pašo, velikosti delavk, dolžine dnevne svetlobe, bližine in količine zelenega cvetja in njihovega medenja. Opazovanja kažejo, da so čmrlji najbolj aktivni ob soparnem vremenu pred dežjem, manj pa ob sončnih vročih dnevih. Se pa vrste med seboj zelo razlikujejo, ene zelo pogosto izletavajo zjutraj in zvečer ter manj pogosto sredi dneva, druge pa obratno.

Za kakršno koli bolj natančno in verodostojno ugotavljanje nabrane hrane so potrebne meritve. V našem primeru smo uporabili digitalni palični termometer in tehtnico. Meritve smo opravili na čmrljih, ki so bili naseljeni v panjčku na vrtu prof. dr. Janeza Grada v vasi Petelinje, v času od 24. maja

leta 2019 do 4. julija leta 2019, in sicer vsak dan zjutraj in zvečer. Meritve so pokazale spreminjanje teže panja, ki je bila pogojena z vremenskimi danostmi čez dan. To spreminjanje smo upoštevali pri izračunavanju razlike med večerno in jutranjo težo nabrane in použite količine hrane.

Matica se je vselila v panj 30. marca, prva delavka se je izlegla 16. aprila, prva mlada matica 9. junija, družina pa je umrla 14. julija. Značilnost te vrste čmrcljev je, da se matice spomladi vrnejo s prezimovališča med prvimi – v marcu –, da je število delavk v gnezdu razmeroma majhno, do nekaj deset, in da imajo kratko življenjsko obdobje, ki se konča nekje v juliju.

Kot je bilo že omenjeno, je količina nabrane hrane odvisna od več dejavnikov. Vas Petelinje leži v osrednji Sloveniji, na vzhodnem robu Ljubljanske kotline, na nadmorski višini okrog 250 metrov, s predalpskim podnebjem, ki pogojuje vrsto rastlinstva. V našem primeru je bila pogojena tudi z značilnostmi bližnje okolice mesta gnezda, kot so vrtovi stanovanjskih hiš, prisojna stran gozda in travniki, ki jih kmetje intenzivno kosijo do štiri- ali celo petkrat v obdobju od začetka maja do sredine oktobra. Za obravnavano vrsto čmrcljev sta bili pomembni prvi košnji v maju in juniju. Vse to je poleg vremena in števila delavk vplivalo na uspeh pri paši.

Izvajali smo dve vrsti meritev:

1. Meritve teže žive družine v panju: zjutraj, ko so bile še vse delavke v panju, v časovnem intervalu od 5.45 do 8.00, in

zvečer, ko so se že vse delavke vrnile s paše, v časovnem intervalu od 20.15 do 21.45. Razlika med večerno in jutranjo težo kaže na količino čez dan nabrane in neporabljene medicine in cvetnega prahu.

2. Meritve teže praznega panja (zjutraj in zvečer). Te meritve so bile potrebne, ker se je teža samega panja brez čmrcljev zaradi vremenskega vpliva na panj čez dan spreminjala oziroma zmanjševala. Rezultati meritev so pokazali, da je bila večerna teža vedno manjša od jutranje, kar je očitno bila posledica vpliva vremena na težo panja. Tako nastalo povprečno razliko teže, označeno z besedo delta, je bilo treba upoštevati pri meritvah.

Meritve smo opravili osemdesetkrat, po štidesetkrat zjutraj in zvečer. Pri merjenju količine čez dan prinesene hrane smo zato k izmerjeni večerni teži panja prišteli vrednost delta in od tako dobljene teže odšteli jutranjo težo, dobljena razlika pa je predstavljala količino tega dne nabrane in shranjene hrane. Vse to je številčno prikazano v tabelah 1 in 2, grafično pa v pripadajočem grafu 1. Graf prikazuje tri vrste linij: črna linija podaja težo panja z nabrano hrano na dan, rdeča linija najvišjo dnevno temperaturo zraka, modra pa stopnjo vlage v zraku. Na levi pokončni osi so v gramih podane vrednosti teže (interval $-5,0, 30,0$) in stopnja vlažnosti ozračja v odstotkih (interval 70, 100), na desni navpični osi pa so v stopinjah

Tabela 1: Količina čez dan nabrane in nepoužite medicine in cvetnega prahu.

datum	teža-jut	temp-j	teža-več	temp-v	raz-teže	m-temp	kol-hr	vлага	vreme
24. 5.	1690.0	14.0	1698.0	17.3	8.0	25	19.5	80	sončno in toplo
25. 5.	1689.8	12.0	1693.2	17.5	3.4	25	14.9	90	sončno-delno oblačno-zvečer dež
26. 5.	1684.0	11.0	1694.5	15.6	10.5	24	22.0	95	megla-kopasta obl.-močan Z veter

datum	teža-jut	temp-j	teža-več	temp-v	raz-teže	m-temp	kol-hr	vлага	vreme
27. 5.	1689.5	15.0	1714.5	14.2	25.0	17	28.2	100	deževno ves dan (***)
28. 5.	1707.0	13.7	1726.0	15.4	19.0	18	25.0	100	deževno ves dan, plohe (***)
29. 5.	1716.0	10.0	1739.0	11.8	23.0	13	24.0	100	deževno ves dan (***)
30. 5.	1730.0	11.4	1745.0	12.2	15.0	16	18.2	90	dež dop.-oblač.-ohlajanje (***)
31. 5.	1738.0	11.0	1738.0	15.4	0.0	22	7.8	85	oblačno-delno sončno-SV veter
1. 6.	1732.0	9.9	1734.0	16.8	2.0	24	13.5	85	meglica-delno oblačno-SV veter
2. 6.	1729.0	14.1	1725.0	17.6	-4.0	27	10.3	75	megleno-sončno-del. obl.-SV veter
3. 6.	1719.5	12.5	1714.5 (1716.5)	17.8	-5.0	28	9.3	75	jasno-kopasta obl.-vroče-po 17. dež
4. 6.	1713.0	15.0	1698.0	21.6	-15.0	27	-0.7	75	kopasta obl.-zelo toplo-SV veter
5. 6.	1695.5	15.3	1687.0	20.3	-8.5	28	5.8	75	megla-sončno in vroče-SV veter
6. 6.	1684.5	18.1	1674.0 (1677.5)	22.1	-10.5	27	3.8	75	delno oblačno-Z veter
7. 6.	1673.0	14.5	1664.5	18.7	-8.5	27	5.8	75	sončno-kopasta obl.-močan Z veter
8. 6.	1662.0	18.2	1649.5	30.0	-12.5	30	2.2	75	sončno-nekaj kopaste obl.-Z veter
9. 6.	1647.5	17.0	1637.0 (1642.0)	21.8	-10.5	29	3.8	75	sončno in vroče
10. 6.	1640.0	17.5	1631.0 (1632.0)	22.2	-9.0	32	5.7	75	delno obl.-zelo vroče-vroč JZ veter
11. 6.	1631.0	19.4	1628.5	20.3	-2.5	31	12.2	75	sončno-SV veter.-popoldne poobl.
12. 6.	1626.5	17.3	1621.0 (1623.5)	23.7	-5.5	31	9.2	80	megl.-son.-poobl.-moč. ploha-son.
13. 6.	1623.0	16.4	1605.0	19.4	-18.0	31	-3.3	75	sončno-vroče-močan Z veter
14. 6.	1604.5	13.3	1589.0 (1592.0)	24.1	-15.5	32	-0.8	75	sončno-vroče
15. 6.	1592.0	17.1	1588.5	23.0	-3.5	30	11.2	75	delno obl.-prosojna obl.-SV/JZ

datum	teža-jut	temp-j	teža-več	temp-v	raz-teže	m-temp	kol-hr	vlaga	vreme
16. 6.	1588.0	19.1	1578.5 (1581.5)	22.5	-9.5	32	5.2	75	sončno in vroče- -poobl.-orkan. S veter
17. 6.	1583.0	18.6	1579.5	20.4	-3.5	28	10.8	85	delno sončno- -SV veter-manjša ploha
18. 6.	1581.0	17.7	1577.0	19.8	-4.0	28	10.3	85	delno obl.-zazna- ven SV veter
19. 6.	1578.0	16.6	1577.5	19.3	-0.5	28	13.8	85	son.-delno obl.- -oblačno-nekaj dežja
20. 6.	1577.5	14.3	1587.5 (1590.0)	17.3	10.0	28	24.3	100	jasno-plohe-ne- vihta-toča-nalivi (***)
21. 6.	1586.5	15.8	1582.0	19.2	-4.5	28	9.8	90	megla-sončno- -oblačno-dež- -jasnitev
22. 6.	1581.5	17.2	1586.0 (1590.0)	19.2	4.5	23	12.3	100	son.-oblač.-na- liv-sonce-ploha (***)
23. 6.	1588.0	18.6	1587.5	19.7	-0.5	22	7.3	90	oblačno-dežev- no-oblačno-SV veter
24. 6.	1586.5	17.4	1578.0 (1581.5)	22.7	-8.5	29	5.8	75	delno jasno-sonč- no-SV veter
25. 6.	1581.5	19.3	1575.0	22.9	-6.5	31	8.2	75	sončno-vroče- -rahel Z in SV veter
26. 6.	1577.0	19.8	1572.0 (1575.5)	23.4	-5.0	32	9.7	75	megleno-sončno- -vroče
27. 6.	1577.5	21.5	1571.0	25.5	-6.5	35	8.2	75	sončno- zelo vroče
28. 6.	1579.0	21.9	1562.0 (1565.5)	22.2	-17.0	30	-2.3	75	delno obl.-sonč- no-vroče-SV veter
29. 6.	1567.5	16.0	1562.0	22.1	-5.5	29	8.8	75	sončno-zaznaven SV veter
30. 6.	1563.0	15.6	1 5 5 9 . 5 (1562.0)	23.6	-3.5	32	11.2	75	sončno-vroče-ra- hel Z veter
1. 7.	1562.5	16.5	1556.5	23.8	-6.0	35	8.7	75	sončno-vroče- -vroč Z veter
4. 7.	1567.0	16.0	1 5 6 5 . 0 (1567.5)	18.4	-2.0	24	9.5	85	oblačno-sončno- -SV veter

LEGENDA:

teža-jut, teža-več ... jutranja/večerna teža (grami)

temp-j, temp-v ... jutranja/večerna
temperatura (stopinje)

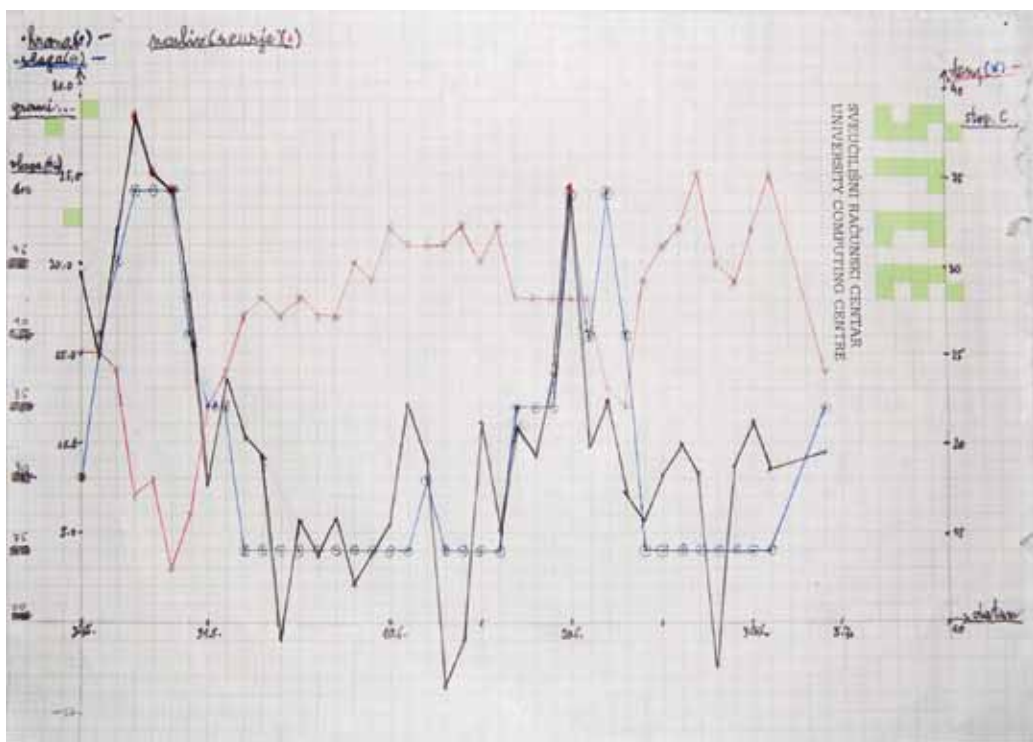
raz-teže = teža-več – teža-jut (grami)

m-temp ... maksimalna temperatura
(stopinje)kol-hr ... količina čez dan nabrane in ne použite hra-
ne = raz-teže + DELTA

vlaga ... vlažnost zraka (%)

Tabela 2: Vrednosti DELTA kot funkcije maksimalne dnevne temperature.

maks. dnev. temp. (st.)	DELTA (gr)	maks. dnev. temp. (st.)	DELTA (gr)
30 ali več	14.7	18 - 20.9	6.0
27 - 29.9	14.3	15 - 17.9	3.2
24 - 26.9	11.5	pod 15	1.0
21 - 23.9	7.8		



Graf 1: Prikaz medsebojne povezanosti donosa, vlage in temperature iz tabele 1.

Celzija podane vrednosti najvišje dnevne temperature (interval 0, 40).

Vsakodnevno izmerjene vrednosti jutranje in večerne teže kažejo na začetku naraščajoči zaporedji, po doseženi najvišji vrednosti 1.738 gramov jutranje teže 31. maja oziroma 1.745 gramov večerne teže 30. maja pa padajoči zaporedji. Obliki krivulj kažeta

količino dnevno nabrane in použite hrane, ki je funkcija danosti okolja in števila čmrlev delavk v gnezdu. Fotografiji notranjosti gnezda (sliki 1 in 2) kažeta številčno stanje družine na dan snemanja, kar se ujema z meritvami.

Meritve, opravljene na dneve z dolgotrajnim dežjem in nizko najvišjo temperaturo ter



Slika 1: Gnezdo B. hortorum, približno 25 čmrlicev, 3. junija 2019.

Slika 2: Gnezdo B. hortorum, pet čmrlicev (matica in štiri delavke), 27. junija 2019.



dneve z nalivi, plohami in nevihtami smo zaradi vpliva na vrednosti in posledično vprašljivosti zanemarili. Zaradi pomanjkanja paše smo čmrlje občasno krmili. Z dodano sladkorno raztopino, ki smo jo predhodno izmerili, se je večerna teža gnezda tako povečala. Hrano smo dodajali v enem do štirih lončkih tablet »vitergin«, s težo enega grama v lončku. Na izračun teže hrane, ki so jo čmrlji čez dan nabrali in je v tem času niso použili, dodana hrana ni vplivala, ker je bila dodana po večerni meritvi teže. S tem postopkom merjenja količine dneвно nabrane in delno použite hrane sta bili največji ugotovljeni vrednosti 22,0 in 19,5 grama, izmerjeni 26. maja oziroma 24. maja, najmanjši vrednosti pa -2,3 in -3,3 grama, izmerjeni 28. junija oziroma 13. junija.

Negativna vrednost pomeni, da so čmrlji ta dan nabrali za toliko manj hrane, kot so je použili. Zaradi nevihtnega vremena, ko so dežne kaplje padale tudi na panj, nismo upoštevali visokih vrednosti teže, prikazanih v grafu za dneve od 27. maja do 29. maja in 20. junija.

Zahvala: Hvaležno se zahvaljujem Marku Borku, uredniku *Slovenskega čebelarja*, za pomoč pri oblikovanju besedila in doc. dr. Tini Jukič s Fakultete za upravo Univerze v Ljubljani za pomoč pri izdelavi grafa.

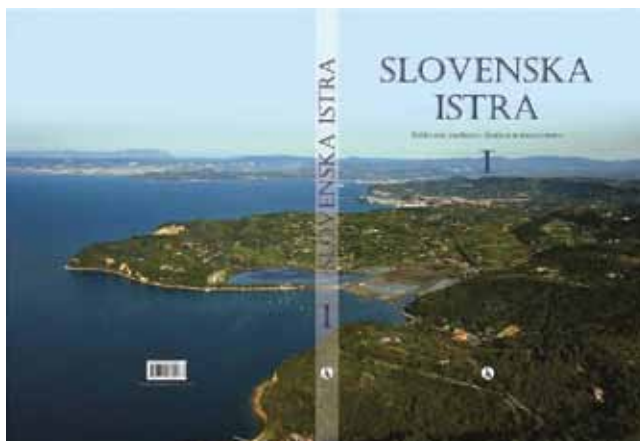
Slovenska Istra I – neživi svet, rastlinstvo, živalstvo in naravovarstvo • Nove knjige

Slovenska Istra I – neživi svet, rastlinstvo, živalstvo in naravovarstvo

Slovenska matica, zbirka Slovenske pokrajine, 2019

Uredniki: Jernej Pavšič, Matija Gogala in Andrej Seliškar

Pri *Slovenski matici* je konec leta 2019 izšla nova knjiga iz zbirke o slovenskih pokrajinah. Monografijama o Ljubljanskem barju iz leta 2008 in Vipavski dolini iz leta 2019 se je pridružil prvi del monografije o Slovenski Istri. Prvem, naravoslovnemu delu, ki nam predstavlja neživi svet, rastlinstvo, živalstvo in naravovarstvo, bo kmalu sledil izid drugega, posvečenega humanističnim vsebinam. Pri vsakem naslednjem



od naštetih del je namreč sodelovalo več avtorjev z več prispevki, kar je obseg vsebin o Slovenski Istri povečalo do te mere, da so jih morali uredniki razdeliti v dva dela.

Zajetni enciklopedični zbornik, ki na več kot 450 straneh prvič na enem mestu celovito predstavlja geologijo, fizično geografijo, botaniko in zoologijo Slovenske Istre, so uredili priznani naravoslovci, prof. dr. Jernej Pavšič, akad. prof. dr. Matija Gogala in mag. Andrej Seliškar. Pri pisanju zbornika je sodelovalo kar 52 odličnih strokovnjakov, največ s fakultet Univerze v Ljubljani (Oddelka za geologijo, Oddelka za geografijo, Oddelka za biologijo, Oddelka za agronomijo in Oddelka za gozdarstvo), z Nacionalnega inštituta za biologijo, Morske biološke postaje, Znanstvenoraziskovalnega inštituta SAZU, Centra za kartografijo favne in

flore Univerze v Mariboru, Prirodoslovnega muzeja Slovenije in z Univerze na Primorskem.

Veliko vrednost knjigi dajejo izvrstne fotografije in drugo slikovno gradivo, ki bralcu nazorno razložijo vsebino in omogočajo prepoznavanje oblik ter rastlinskih in živalskih vrst. Vsakemu poglavju je dodana predstavitev avtorjev, za radovednejše bralce pa seznam dodatne literature.

Obravnavano območje med Kraško planoto in slovenskim delom Jadranskega morja so v prvi vrsti zaznamovala tektonska dogajanja. Ta so v preteklosti najprej privedla do oblikovanja različnih sedimentacijskih prostorov, v katerih so se odlagali različni sedimenti in iz njih nastajale različne kamnine. Poznejše tektonske sile pa so kamninske sklade razkosale na bloke, jih premikale in oblikovale še glavne značilnosti reliefa, na katerem so

Sistem dveh družin razpok flišnega peščenjaka. Foto: Marko Vrabec.



nastali različni ekosistemi. Enako lahko trdimo tudi za vse druge slovenske pokrajine. In vendar je prostor Slovenske Istre za razumevanje vpliva nežive narave na živo naravo in s tem tudi na življenje človeka izvrstna učilnica. Tudi brez poglobljenega geološkega znanja in znanj iz drugih naravoslovnih ved lahko laični opazovalec to povezavo dobro zazna. Razlog za to je razmeroma enostavno prepoznavanje in razlikovanje ključnih elementov na tem območju. Geološko sestavo se da v grobem razdeliti v samo dve vrsti kamnin, karbonatne z apnencem in bolj silikatne v obliki menjavanja tankih plasti laporovca in peščenjaka v flišu. Tudi osnovnega principa nastanka geološke strukture ni pretežko razumeti, ker se ga da v naravi jasno videti. Niviranje tektonskih blokov je ustvarilo izmenično pojavljanje flišnih in apnenčevih skladovnic v obliki naluskane strukture in pri tem tudi najbolj izrazito pokrajinsko značilnost, visok Kraški rob. Oboje skupaj, kamninska sestava in tektonska struktura, je vplivalo na nadaljnji razvoj reliefa in na njegovo oblikovanje vpliva še danes.

V flišu, sestavljenem iz kamnin, ki so močno podvržene eroziji, se je oblikovala druga najbolj prepoznavna reliefna oblika Slovenske Istre, čudoviti obalni klif, na apnencu, podvrženemu raztapljanju, pa se razvija kraško površje s spodmoli, vrtačami, brezni in drugimi oblikami. Geološki in geomorfološki dejavniki nadalje vplivajo na istrsko (mikro)klimo, pretoke površinskih in podzemnih voda ter nastanek tal, vse to pa na oblikovanje raznovrstnih ekosistemov.

V knjigi si poglavja sledijo tako, da lahko bralec povezuje vse omenjene naravne dejavnike med seboj in pri tem dobi odličen vpogled v preplet abiotičnih in biotičnih pojavov, ki odseva v značilnostih Slovenske Istre. Za razliko od drugih slovenskih pokrajin ima Istra še to posebnost, da ima tudi morje in z njim povezana okolja solin, obale in morskega dna, polna morskih organizmov. S tem lepo zaokrožuje naravni krog in nas

vrne v okolje, v katerem so pred milijoni let nastajale kamnine Istre.

Prvi del knjige nas vodi skozi geološko zgodovino ozemlja, ki se je začela v starejšem eocenu pred približno 55 milijoni let, in nam predstavi kamninsko sestavo, fosilne ostanke ter tektonsko strukturo. Geološko je posebej zanimiv do 80 metrov visoki obalni klif, kjer med lepo naloženimi flišnimi plastmi jasno vidimo več prelomov in zamike plasti ob njih. Pri podrobnem pregledu odlomljenih plošč peščenjaka na obali v njih opazimo različne reliefne vzorce, od tise nekdanjega življenja na morskem dnu.

V poglavju o ledenodobnih sesalcih so predstavljeni ostanki, najdeni v 14 jamskih najdiščih na območju Kraškega roba. Med najdbami 24 vrst velikih sesalcev so najzanimivejši ostanki Deningerjevega in jamskega medveda, jamskega leva, jamske hijene, stepskega bizona ter stepskega in gozdnega nosoroga.

Poglavje o hidrogeologiji opisuje značilnosti kratkih vodotokov površinskih voda z nadaljšim, le 29 kilometrov dolgim vodotokom Dragonje ter dveh različnih skupin vodonosnikov podzemne vode. Medzrnski je nastal v sedimentih reke Rižane pod Koprom in Koprskim zalivom, katerih podlaga je fliš, v karbonatnih kamninah (alveolinsko-numulitnem apnencu) pa so se razvili kraški vodonosniki. Na mejah med prepustnimi skladi apnenca in neprepustnimi flišnimi hidrogeološkimi mejami prihaja do izvirov. Najzanimivejši je Zvorček, kraški izvir reke Rižane, ki je tudi največji izvir v Slovenski Istri, in se, kot izviri pri Izoli, najverjetneje napaja globoko v zaledju Istre ali morda celo Notranjske.

V geografskem pregledu je obravnavano poimenovanje pokrajine in opisane značilnosti štirih glavnih pokrajinskih enot: kraške pokrajine (Slavnik s Čičarijo, Podgorski kraški ravniki ter Izolski kras), prehoda med kraškimi in flišnimi pokrajinami (Bržanija in Kraški rob), flišnih pokrajin (Koprska brda) in obalnih ravnin z obalo in morskim dnom.

Ob fizično-geografskih značilnosti enot so zanimivi opisi kmetijstva, vinogradništva, oljkarstva in mlinarstva na rodovitni flišni podlagi. Na človekove dejavnosti in poselitve močno vpliva tudi razvoj različnih vrst in debelin tal na različnih kamninskih podlagah. Velja seveda tudi obratno, saj je človekov (antropogeni) vpliv eden od pomembnih dejavnikov nastajanja tal. To je opisano v poglavju o pedologiji, ki v uvodu podaja osnove nastanka tal in tlotvorne dejavnike, v nadaljevanju opiše vrste tal, ki nastajajo z vplivom teh dejavnikov, ter talne kartografske enote, v zaključki pa še mineralne in geokemične lastnosti tal.

Inženirsko-geološko poglavje opisuje problematiko preperevanja, erozije in abrazije z morskimi valovi. Na razgibanem območju Istre ti pojavi vodijo do nevarnih pobočnih premikov. Na flišni podlagi, predvsem na obalnem klifu, so najpogostejši preperinski zemeljski plazovi in padanje kamenja, na strmih apnenčevih stenah Kraškega roba pa skalni podori. V poglavju je območje s kartografskim prikazom razdeljeno na inženirsko-geološke enote in na verjetnost pojavljanja zemeljskih plazov.

Obsežno poglavje je namenjeno podnebnim razmeram zmernege sredozemskega podnebja Slovenske Istre in posebej opisuje vplive Sončevega obsevanja, temperature zraka, padavin in vetra. Razgibani relief Istre je vzrok za mnoge lokalne mikroklimatske razmere. Ne manjka niti zelo aktualnega pregleda spreminjanja podnebja.

Prvi del knjige o neživem svetu zaključujeta poglavji o gibanju vodnih mas in o sedimentih v slovenskem morju. V obeh so opisani osnovni dejavniki in metode opazovanj ter meritev. Opredeljena sta dva mehanizma, ki v slovenskem morju poganjata kroženje morske vode v nasprotni smeri urinega kazalca, to sta vetrni in termohalini. Na slednjega vplivajo temperatura, slanost in gostota vode, na oba pa topografija. Sedimenti morskega dna nosijo zgodovinski zapis zadnjih 100.000 let, bolj natančno pa za obdobje holocena, ko je od pred 11.000 do pred 2.000 leti morje počasi doseglo današnji obseg. V morskem dnu so z metodama akustičnega ali sonarskega snemanja prepoznani dve rečni paleostrugi, v jedrih vrtin pa časovni zapis rastlinstva pred transgresijo morja in biogeokemičnih prvin. Prav v slednjem je zabeležena zgodovina antropogenih vplivov, predvsem onesnaževanja iz zaledja. Posebej je opisan sediment Sečoveljskih solin, najsevernejših delujočih solin, kjer še vedno pridobivajo sol na tradicionalni način na podlagi iz petole, mikrobne prevleke iz modrozelenih cepljivk in drugih bakterij.

Sklopa o živem svetu Slovenske Istre sta razdeljena na opise morskih in kopenskih ekosistemov. Morska bentoška flora in fav-



*Sedimentno dno v
osrednjem delu zaliva.
Foto: Tihomir Makovec.*



Raznolistna mačina (Serratula lycopifolia), vrsta Nature 2000, uspeva v Čičariji. Foto: Mitja Kaligarič.

na sta predstavljeni glede na življenjske prostore na različnih vrstah morskega dna v posameznih pasovih obalnega območja.

Kopenska vegetacija Čičarije, Kraške planote in Kraškega roba na apnenčevih tleh se močno razlikuje od tiste v flišnem Koprskem gričevju, največja posebnost pa so halofitne (slanoljubne) rastline solin in obmorskih mokrišč. Na flišni podlagi je bogata flora orhidej z več kot štiridesetimi vrstami, med halofitnimi enoletnicami na solinah sta zanimivi dve vrsti osočnikov (*Salicornia*), to so sukulente brez listov in s skoraj popolnoma zakrnelimi cvetovi. Bota-



Skupina steljk rdeče alge vinskordeče luskavke (Peyssonnelia squamaria) v infralitoralni obali med Koprskim Izolom. Foto: Claudio Battelli.



*Samec firenske
volnarke
(Anthidium
florentinum). Foto:
Andrej Gogala.*

nično posebej zanimiv in vrstno bogat pa je Kraški rob, kjer v skalnatih stenah raste tudi *Scabiosa trenta*, roža, ki jo je v gorah iskal tržaški botanik Julius Kugy, pozneje pa so ugotovili, da gre za blede obloglavko.

Med največjimi »odkritji« knjige je poglavje o morski bentoški vegetaciji. Kakovostne fotografije bralcem odprejo oči za večini skoraj neopazni živi svet plitvomorske flore alg in morskih cvetnic. V registru teh rastlin je v slovenskem morju zabeleženih kar 19 vrst cianobakterij, 166 vrst rdečih alg, 61 rjavih, 59 zelenih alg in 4 vrste cvetnic. Izvemo tudi, da so bili začetki sistematskih raziskav morske vegetacije povezani z ugotavljanjem onesnaženja morja, saj so alge nekaterih vrst za to odlični indikatorji.

Dober vpogled v bogastvo biološke raznovrstnosti Slovenske Istre dobimo v tretjem sklopu kar 34 poglavij o različnih skupinah živali, približno polovica opisuje žuželke. Kljub zelo majhni površini slovenskega morja, samo približno 213 kvadratnih kilometrov, v njem živi več kot 2.200 morskih vrst, ki sestavljajo zanimive biocenoze. Alga

pozejdonka se razrašča v obsežnih morskih travnikih, ogrožena sredozemska kamena korala in tujerodni mnogoščetinec pa gradita prave majhne grebene. Tudi v morski favni so med najzanimivejšimi biocenozi tiste, vezane na soline, s solinskim rakcem kot najbolj znano vrsto. Sledijo poglavja o sladkovodnih in kopenskih mehkužcih, sladkovodnih rakih deseteronožcih in živalih podzemlja in izvirskih voda. Favnistično najbogatejša je Osapska jama z rakci, kozicami, postranicami, polžki, cevkarji, hrošči in kobilicami.

V kopenski svet žuželk nas vodijo opisi pajkov – ocenjeno je, da jih v Istri živi najmanj 500 vrst –, nogoprelecev, vrbnic in treh vrst bogomolk. Tako kot pajke prepoznavamo tudi po značilnih mrežah, bogomolke prepoznavamo po trdih zapredkih z jajčeci (ootekah). Izjemno vrstno bogata in barvita je favna kačjih pastirjev s 53 znanimi vrstami, kar 20 med njimi na rdečem seznamu ogroženih. V Slovenski Istri živijo tudi lesni in zemeljski termiti ter ena vrsta paličnjaka. Tu živi tudi najbolj pestra favna kobilic v

Sloveniji z več kot 100 vrstami, 9 zavarovanimi. Opisani so tudi mrežekrilci in 10 vrst komarjev. Svojevrstna je favna hroščev, ki z mnogimi posebneži med več kot 600 zabeleženimi vrstami odseva močan sredozemski vpliv. Več kot 10 odstotkov slovenskih hroščev živi samo na tem območju, 45 vrst pa ima poseben varstveni status. Sredozemski vpliv in razgibani relief sta zaslužna tudi za izjemno raznovrstnost dnevnih in nočnih metuljev. Tudi pri teh skupinah, tako kot pri hroščih, ima največjo vrstno pestrost Kraški rob. Na enem od vzorčnih kvadrantov velikosti 5 x 5 kilometrov je bilo opaženih kar 129 vrst metuljev. Ocenjeno je, da na območju Slovenske Istre živi celo več kot 1.800 vrst večš, ena od njih, vrečenoska ali jamičarka, se celo oglaša. Opisane so tudi stenice, čebele, mravlje, majhni škržatki in večji škržadi, katerih oglašanje je ena od značilnosti istrskih poletij. Posebno poglavje je namenjeno kopenskim in morskim strupenim živalim.

Sledita poglavji o sladkovodnih ribah, zastopanih z osmimi vrstami, med katerimi je istrski klen iz Dragonje endemit, in morskih ribah z okrog 240 vrstami. Zanimiv je podatek, da je Tržaški zaliv svetovna zibelka organiziranih oceanografskih raziskav. Z le nekaj več kot 10 vrstami so v Slovenski Istri zastopane dvoživke, po pestrosti plazilske favne pa je to območje med najbogatejšimi v Sloveniji. Precej je vrst, ki so vezane na milejše sredozemsko podnebje, med njimi kraška in primorska kuščarica in kači črnica ter progasti gož. Eni od bolj eksotičnih plazilcev slovenskega morja so želve, zastopane s tremi vrstami, glavato kareto, orjaško črepaho in orjaško usnjačo, v sladki in brakični vodi pa živi močvirska sklednica.

Posebnosti istrskega podnebja in rastlinja se kažejo tudi pri pticah. 17 vrst je takih, ki v Sloveniji gnezdijo samo v Istri, med njimi zelo redka sabljarka in rdeča lastovka. Oko-

Šakal (Canis aureus). Foto: Miha Krofel.



li dve tretjini od 146 vrst, ki živijo na tem območju, jih prezimuje na mokriščih Sečoveljskih solin in Škocjanskega zatoka. Zanimivost so ptice, ki se tu zadržujejo samo med selitvami. Vsako leto Istro preleti več kot 100.000 golobov grivarjev v zelo številčnih jatah.

Od kopenskih sesalcev so opisani mali sesalci (ježi, rovke, miši, krti in 14 vrst gladavcev), netopirji – teh je kar 25 vrst, največ se jih zadržuje v Osapski jami – ter volkovi in šakali. V Slovenski Istri opazajo dva tropa volkov (slavniškega in vremškega) in 13 teritorialnih skupin zlatega šakala.

Marsikateri laični bralec verjetno ne ve, da delfini niso samo občasni eksotični obiskovalci slovenskega morja. Ob naši obali je stalno prisotna populacija velike pliskavke, občasno se pojavljata tudi navadni in progasti delfin, na vsakih nekaj let brazdasti kit, leta 2009 pa se je okoli Pirana dva meseca zadrževal celo kit grbavec. Člani društva *Morigenos*, ki sistematično opazujejo velike pliskavke, na podlagi oznak na hrbtnih plavutih, obraznih potez in vedënja približno 150 osebkov poznajo skoraj po imenih.

Sklepno poglavje knjige je namenjeno naravovarstvu. Številna zavarovana območja v Slovenski Istri, med katerimi so obalna mokrišča, območja flišnega klifa, deli Kraškega roba, porečja Dragonje, Malinske in Bracane ter najbolj izjemna Naravni rezervat Škocjanski zatok in Krajinski park Sečoveljske soline, pričajo o posebni zanimivosti tega območja. Zdaj je pred vami še knjiga, ki

bo s celovitim zapisom o geološki in biotski raznovrstnosti seznanjala prihodnje rodove, ki tega bogastva morda v taki meri ne bodo imeli več priložnosti videti.

Knjigo toplo priporočam tako laičnim ljubiteljem narave kot strokovnjakom in študentom naravoslovnih ved. Odlični vir podatkov je tudi za zahtevnejše turistične obiskovalce Slovenske Istre in seveda turistične vodiče. Angleški povzetki vseh poglavij in podnapisi k slikam omogočajo uporabo tudi tujcem. Knjiga je skoraj nujno čtivo za vse, ki se ukvarjajo z naravovarstvom, hkrati pa je pomemben dokument za osveščanje javnosti in odločevalcev o posegih v prostor, da se morajo teh lotevati preudarno in v največji možni meri omejevati človekov vpliv na to občutljivo naravo.

There is a pleasure in the pathless woods; There is a rapture on the lonely shore; There is society, where none intrudes, By the deep sea, and music in its roar; I love not man the less, but Nature more. – Lord Byron

(Užitek je v gozdu brez poti, in veselje na osamljeni obali, v družbi, kjer nobene motnje ni, in ob globokem morju, v glasbi, ko buči, ljubim Naravo bolj, ne manj ljudi. Prevod: Mark Vajd.)

Matevž Novak

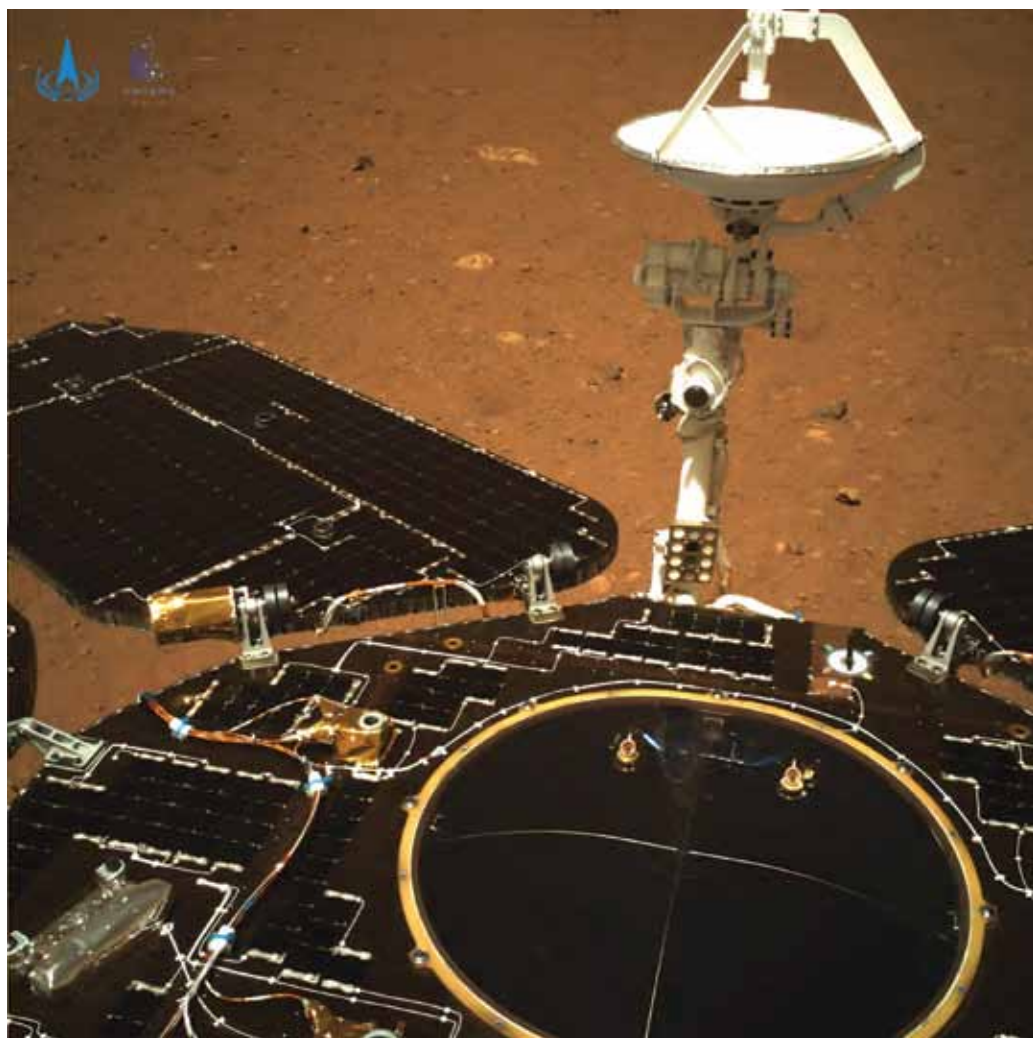
Kitajci pristali na Marsu

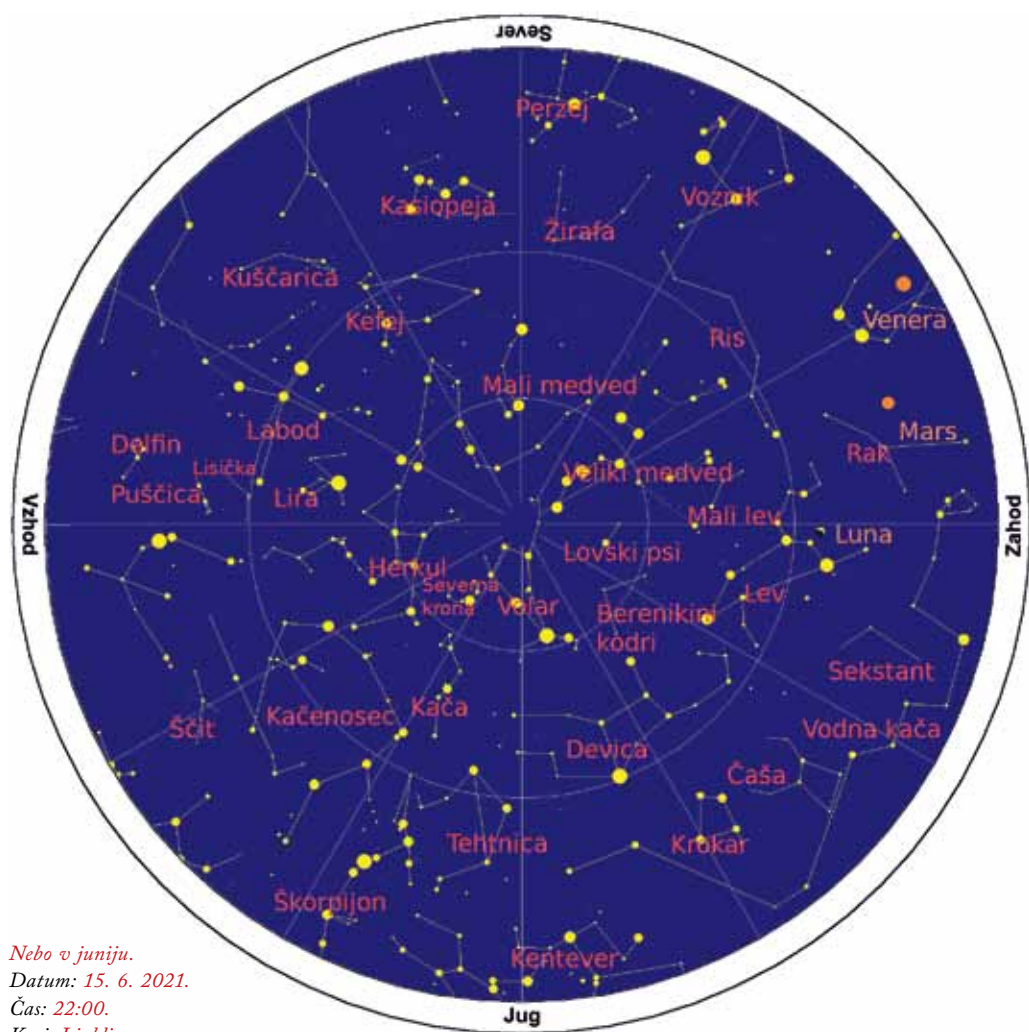
Mirko Kokole

Zadnje desetletje je Kitajska zaznamovana z vztrajnim in zelo uspešnim tehnološkim lovom zahoda. Na nekaterih področjih, kot je na primer informacijska tehnologija, je zahodni svet že prehitela. Pred nedavnim pa ji je uspel velik korak v njenem vesoljskem programu, ko se je 10. februarja vesoljska sonda odprave *Tienwen-1* utirila v orbito okoli Marsa. 14. maja je sledil še uspešni

pristanek na njegovem površju. Tako je postala Kitajska tretja država, ki je uspešno dosegla Mars, ter prva država, ki ji je to uspelo v prvem poskusu.

Posnetek Marsovega površja, ki ga je naredil Zhurong, tik preden je zapustil pristajalno ploščad. Foto: CNSA.





Nebo v juniju.

Datum: 15. 6. 2021.

Čas: 22:00.

Kraj: Ljubljana.

Odprava *Tianwen-1* je sestavljena iz orbitalne sonde, pristajalnega modula in malega vozička, imenovanega *Zhurong*. Odpravo *Tianwen-1* so poimenovali po pesnitvi kitajskega pesnika Qū Yuána, ki je živel v letih od 340 do 278 pred našim štetjem. Njegova pesnitev *Tiān Wèn* ali »nebesna vprašanja« govori predvsem o kitajski mitologiji in je tako primerno ime za vesoljski program.

Tehnološko odprava *Tianwen-1* sledi njenim predvsem ameriškim predhodnicam in ne predstavlja velikega tehnološkega premika. Je pa velik tehnološki korak za Kitajsko, ki

je tako uspešno preizkusila vse tehnologije za uspešno opravljanje vesoljskih odprav: od izstrelitve, medplanetarne komunikacije, utirjenja v orbito ter pristanka na drugem planetu.

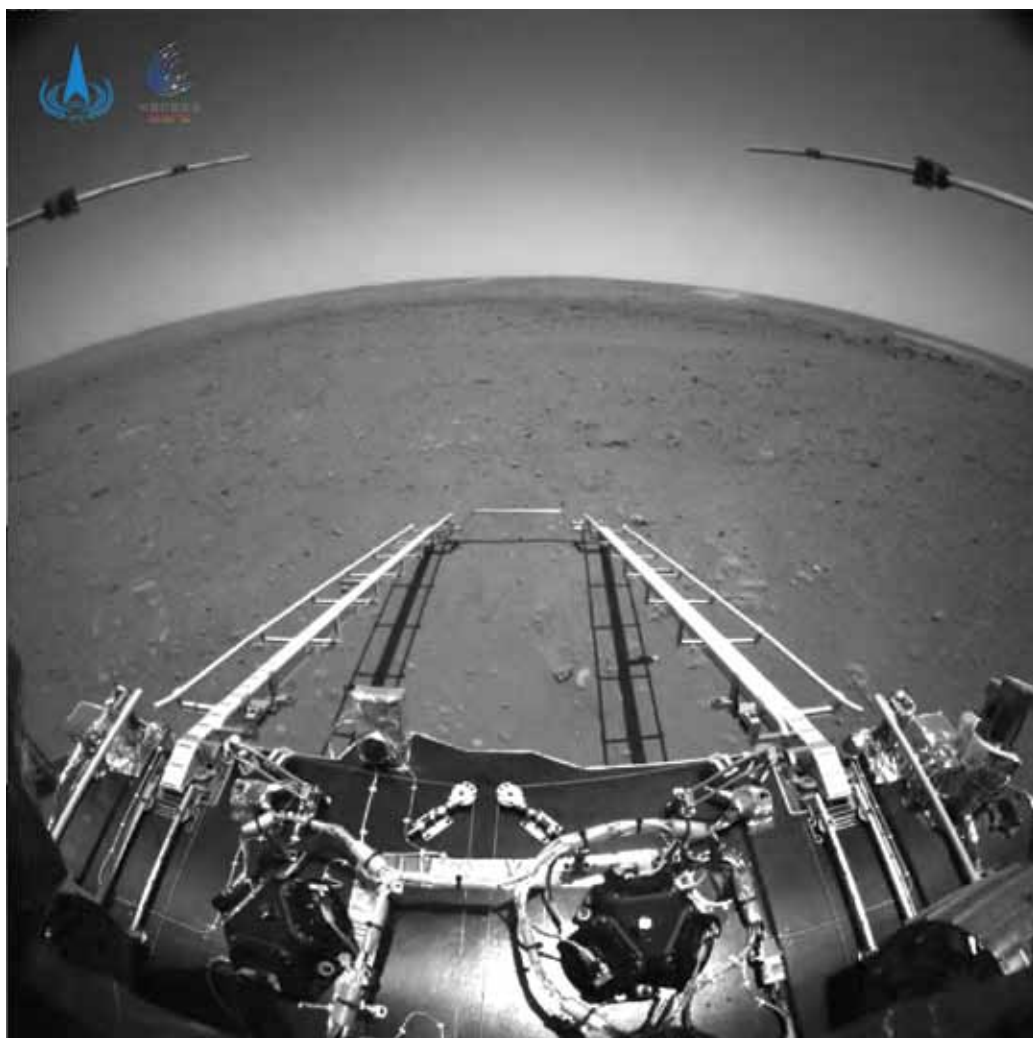
Najbolj zanimiv del odprave *Tianwen-1* je prav gotovo mali voziček *Zhurong*, poimenovan po kitajskem bogu svetlobe in ognja Zhùróngu. *Zhurong* je mali robotski voziček, ki ga poganjajo sončne celice. Je zelo podoben ameriškima vozičkoma *Spirit* (*Duh*) in *Opportunity* (*Priložnost*). Tehta približno 240 kilogramov in je visok 1,85 metra. *Zhurong*

je na Marsu pristal 14. maja, 22. maja pa je uspešno zapeljal s pristajalne ploščadi in pričel raziskovati Marsovo površje. *Zhurong* se nahaja na ravninskem območju na Marsovi severni polobli, imenovanem Utopia planitia. Tam bo raziskoval predvsem površinsko sestavo tal in Marsovo ozračje. Opremljen je tudi z globinskim radarjem, ki mu omogoča pogled tudi pod površino.

Odprava *Tianwen-1* po vsej verjetnosti ne bo prinesla kakšnih velikih premikov v našem poznavanju Marsa. Pomeni pa velik tehnološki korak, saj se je z njo raziskovanju

našega Osončja pridružila tudi Kitajska in več, kot imamo opazovalnih možnosti, bolje bomo poznali naše Osončje. Vsekakor bodo prihodnja leta zelo vznemirljiva, saj se pripravlja vesoljska tekma, kateri cilj je človekov pristanek na Marsu. Take tekme pa so zelo pomembne, ker so močna motivacija za tehnološki napredek.

Pogled iz Zhuronga na Marsovo ravninsko območje Utopia Planitia. Foto: CNSA.



V naslednji številki bomo objavili tudi prispevek *Nova spoznanja o razširjenosti močvirskega mečka* (*Gladiolus palustris*) v zahodni in jugozahodni Sloveniji, ki so ga napisali Igor Dakskobler, Andrej Seliškar in Branko Vreš.



ISSN 0033-1805



Ilirski meček (*Gladiolus illyricus*), Vrh dolin vzhodno od Korade.

Foto: Igor Dakskobler.