

PROTEUS

*mesečnik
za poljudno
naravoslovje*



Junij 2023, 10/85. 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





447 Table of Contents

448 Uvodnik
*Tomaž Sajovic*451 Nobelove nagrade za leto 2022
Nobelova nagrada za fiziko za leto 2022
*Martin Čopić*455 Medicina in umetna inteligenca
Ali je ChatGPT bolj empatičen kot zdravnik?
*Amadej Šenk*462 Mikrobiologija
Vloga oacetnokislinskih bakterij v medonosni čebeli
Metka Vrečko, Janja Trček

467 Letno kazalo

473 Muzejstvo
Zavod za gradbeništvo Slovenije sodeloval pri pripravi modela jamskega hroščka
*Ema Kemperle*476 Botanika
Novo nahajališče Janezove in Widderjeve murke (*Nigritella archiducis-joannis*, *N. widderi*) na Kredni nad Dednim poljem v Fužinskih planinah
*Polona Strgar, Peter Strgar*483 V spomin
Dobri vili izpod Karavank v slovo. Dr. Nada Praprotnik (25. maja 1951 – 20. maja 2023)
*Igor Dakskobler*486 V spomin
Prof. dr. Borisu Sketu v spomin
*Mihael J. Toman*489 Naše nebo
Kako so nastali Geminidi
Mirko Kokole

Contents

Editorial
*Tomaž Sajovic*Nobel Prizes 2022
2022 Nobel Prize in Physics
Martin Čopić

The 2022 Nobel Prize in Physics was awarded jointly to John F. Clauser, Alain Aspect and Anton Zeilinger for »experiments with entangled photons, establishing the violation of Bell inequalities and pioneering quantum information science«.

Medicine and artificial intelligence
Is ChatGPT More Empathetic Than Doctors?
Amadej Šenk

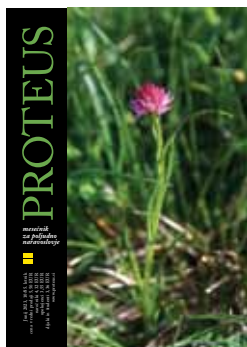
In the digital age, when information is but a few clicks away, patients increasingly turn to the internet to seek advice and information regarding their symptoms, diagnoses and treatment. Recently, in the last year, to be exact, we have seen a rapid advancement of artificial intelligence that extended to the very core of health care and medicine as they embraced the use of ChatGPT, currently the most advanced language model. Developed by OpenAI it was launched on 30 November 2022 and reached unprecedented 100 million monthly users in less than two months. Why is it so popular? ChatGPT can understand the context of users' questions and adapt to their communication styles as well as »express« empathy (the ability to understand and share feeling of another). In most cases, it is believed to provide a reliable source of information and support for patients seeking medical advice online. But the question remains whether it is completely reliable and what kind of empathy it is able to provide.

Microbiology
Role of Acetic Acid Bacteria in Honey Bee
*Metka Vrečko, Janja Trček*Acetic acid bacteria colonize the intestines of numerous insects, including mosquitos (*Anopheles*, *Aedes*), fruit flies (*Drosophila melanogaster*) and honey bees (*Apis mellifera*). Honey bees are economically valuable pollinators whose population has dramatically declined in recent years owing to various climate factors. The acetic acid bacterium *Bombella apis* is one of the most important microbial gut symbionts found among beehive dwellers, so we can assume that it plays an important biological role in this organism. Bioinfor-

matics analysis of bacterial genomic sequences has generated new information on the potential function of acetic acid bacteria in the beehive and its vicinity. The article presents the most recent findings on acetic acid bacteria and their role in the protection of honey bee health.

Annual Table of Contents

Museology
Slovenian National Building and Civil Engineering Institute Lent a Hand in Developing a Cave Beetle Model*Ema Kemperle*
Researchers of the National Building and Civil Engineering Institute and the Museum of Natural History collaborated in developing a model of a cave beetle. Found in Postojna Cave in 1831, the cave beetle (*Leptodirus hochenwartii*) is the first documented cave beetle in the world. The model was developed based on 3D images of a real-life cave beetle, using X-ray microtomography.Botany
New Locality of *Nigritella archiducis-joannis*, *N. widderi* on Kreda above Dedno Polje in Fužina Pasturelands*Polona Strgar, Peter Strgar*
Mountains in first half of July abound with flowers. At this time of the year, the authors of this article like to visit Ograde, but this year they went for Slatno and Kreda, two easily accessible grassy peaks above the pasture of Dedno Polje in Fužina Pasturelands. Just under the peak of Kreda they came across a very rare orchid *Nigritella archiducis-joannis*, and a group of vanilla orchids *Nigritella widderi* a little further on.In memoriam
To the Good Fairy from under the Karavanke Mts. Dr. Nada Praprotnik (25 May 1951–20 May 2023)
*Igor Dakskobler*In memoriam
A Tribute to Prof. Dr. Boris Sket
*Mihael J. Toman*Our sky
The Origin of the Geminids
Mirko Kokole



Naslovnica: *Janezova murka*
(*Nigritella archiducis-joannis*)
pod Kreda. Foto: Peter Strgar.

Proteus

Izbaja od leta 1933

Mesečnik za poljudno naravoslovje

Izdajatelj in založnik:

Prirodoslovno društvo Slovenije

Odgovorni urednik:

prof. dr. Radovan Komel

Glavni urednik: dr. Tomaž Sajovic

Uredniški odbor:

Sebastjan Kovač

prof. dr. Milan Brumen

dr. Igor Dakskobler

asist. dr. Andrej Godec

akad. prof. dr. Matija Gogala

dr. Matevž Novak

prof. dr. Gorazd Planinšič

prof. dr. Mihael Jožef Toman

prof. dr. Zvonka Zupanič Slavec

dr. Petra Draškovič Pelc

<http://www.proteus.si>

priradoslovno.drustvo@gmail.com

© Prirodoslovno društvo Slovenije, 2023.

Vse pravice pridržane.

Razmnoževanje ali reproduciranje celote ali posameznih delov brez pismega 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 Prirodoslovno društvo Slovenije. Na leto izide 10 števil, letnik ima 480 strani. Naklada: 1.400 izvodov.

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

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

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

Poslovni račun: SI56 6100 0001 3352 882, davčna številka: SI 18379222. Proteus sofinancira: Javna agencija RS za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost. Vsi objavljeni prispevki so recenzirani.

Proteus (tiskana izdaja) ISSN 0033-1805

Proteus (spletna izdaja) ISSN 2630-4147

Uvodnik

Arhitekt ni arhitekt samo takrat, ko gradi stavbe, ampak tudi takrat, ko tega ne počne. (Aristotel.)

V tej številki objavljamo članek študenta medicine Amadeja Šenka z naslovom *Ali je ChatGPT bolj empatičen od zdravnika?* ChatGPT je jezikovni model umetne inteligence. Prav to, da je ta na novo vznikla inteligenca umetna, pa poraja številna vprašanja. Najbolj ključni in usodni sta dve: ali bo umetna inteligenca izpodrinila človekovo inteligenco – ali bolj splošno, ali bo stroj nekoč izpodrinil človeka? In če se bo to morda zgodilo, kaj bo to pomenilo za človeka?

Človekovo razmerje do mehaničnih naprav so problematizirale že stare civilizacije. Kitajski

filozof Čuang Ce (približno 369 pred našim štetjem-približno 286 pred našim štetjem) je nekoč zapisal zgodbo o kmetu, ki ni želel uporabljati naprave za zajemanje vode iz vodnjaka. Vodo je vedno zajemal z navadnim vedrom. Nekoč ga je neki mimoidoči vprašal, zakaj si ne olajša dela in si ob vodnjaku ne postavi naprave za zajemanje vode. Kmet mu je odgovoril: »Vem, da bi mi naprava prihranila trud, prav zato pa je ne želim uporabljati. Bojim se, da bi to človeka prisililo, da bi postal odvisen od naprave. To pa vodi v nedelavnost in lenobo.« Zgodbo je japonski filozof Daisecu Suzuki (1870-1966) v knjigi *Zen budizem in psihoanaliza* (1960), ki jo je napisal z nemškim socialnim psihologom in humanističnim filozofom Erichom From-

mom (1900-1980), komentiral takole: »Kitajci [...] ljubijo življenje samo po sebi in ga ne želijo spremeniti v sredstvo za doseganje nečesa drugega [...]. Ljubijo delo zaradi dela samega [...]. Mehanične naprave so mnogo učinkovitejše in dosežejo več. Toda stroj je brezoseben, neustvarjalen in brez smisla. [...] [V] našem visoko industrializiranem in mehaniziranem času je stroj vse, človek pa je skoraj popolnoma zaslužjen.«

Razmišljanje naj nadaljujemo z enim od najbolj nenavadnih pojavov v arhitekturi, ki – vsaj tako se zdi – prav v ničemer ni povezan z uvodnima usodnima vprašanjema. Francoska arhitektka Anne Lacaton (1955-) in Jeana Philippa Vassala (1954-) – leta 2021 sta prejela Pritzkerjevo nagrado, najpomembnejše priznanje v arhitekturi – je leta 1996 mestna oblast prosila, da uredita in »polepšata« manjši, po njenem prepričanju »zanemarjeni« Trg Léona Aucoc v Bordeauxu. Lacaton in Vassal sta naročilo sprejela, po preučevanju življenjskega utripa na trgu in pogovorih z njegovimi obiskovalci pa sta ugotovila, da je treba trg ohraniti takega, kot je, oblast naj samo zamenja pesek, trg pogostejše čisti in skrbi za drevje: »Trga nikakor ni treba polepšati, kakovost, šarm in življenje že obstajajo.« Aristotel je nekoč zapisal, da arhitekt ni arhitekt samo takrat, ko riše načrte in gradi stavbe, ampak tudi takrat, ko tega ne počne.

Prav na tem mestu moramo nadaljevati s koncem besedila *Nekatere pasti v filozofskih temeljih nanoetike* (2007), ki ga je napisal francoski inženir in filozof Jean-Pierre Dupuy (1941-). Zaznamuje ga srečanje umetnega človeka golega z njegovim stvarnikom prekom Jeremijo: »V nasprotju z drugimi je ta golem lahko govoril. Popolnoma naravno je prve besede namenil svojemu stvarniku. Na njegovo vest je potrkal takole: »Se zavedaš, kakšno zmedo si povzročil v svetu? Od zdaj tisti, ki bo na cesti srečal človeka, nikoli ne bo mogel vedeti, ali ga je ustvaril Bog ali ti!« Jeremija očitno ni pomislil na to. Zelo zaskrbljen je prosil golega za nasvet, kako naj popravi položaj. Umetni človek pa mu je od-

govoril: »Vse, kar moraš storiti, je, da kakor si me naredil, zdaj moraš narediti, kakor da me nikoli nisi naredil.« [Med ne narediti in uničiti je velika in izredno pomembna razlika; pripomba je moja.] Jeremija je storil tako, hkrati pa je spoznal: ne smemo se odreči vedenja, ki nam omogoča, da ustvarimo človeka, ko pa to vedenje imamo, ga ne smemo uporabiti.« Sporočili obeh zgodb, Lacatonine in Vassalove o trgu v Bordeauxu ter Dupuyjeve o Jeremijevem umetnem človeku golemu, sta naravnost osupljivi in predstavljata radikalno kritiko enega – po nemškem socialnem psihologu in humanističnem filozofu Erichu Frommu – od najpomembnejših načel sodobne kapitalistične družbe: »Kar je tehnično mogoče narediti, je treba tudi narediti.« Če je mogoče narediti atomsko orožje, ga je treba narediti, tudi če nas bo vse uničilo. Če je mogoče potovati na Luno ali na planete, je to treba storiti, čeprav mnogi na Zemlji živijo v pomanjkanju in revščini. To načelo zanika vse človeške vrednote, kljub vsemu pa je vrednota, morda celo najvišja vrednota sodobne tehnološke družbe.« (*Anatomija človekove uničevalnosti*, 1973, v slovenskem prevodu 2013.) Obe zgodbi »napadata« samo načelo kapitalistične tehnološke družbe: *ukinjata njegovo imperativno zahtevo po delovanju* (kar je mogoče narediti, se – v nekaterih okoliščinah – ne sme narediti). Arhitektka Lacaton in Vassal po nemišljenem, samo po sebi razumljenem prepričanju sploh nista opravila naloge, ki jima jo je naložila mestna oblast Bordeauxa, saj na trgu, ki »ni nič posebnega«, nista predlagala nobene spremembe. Toda prav ta že desetletja dolga nespremenljiva »ničposebnost« je ustvarila tisto prijetno domače počutje obiskovalcev na trgu. Lacaton in Vassal sta se zavedala, da se tako pristnega, živahnega človeškega življenja ne smeta dotikati, zato vanj kot arhitekta tudi nista posegla. Prav to, da nista storila nič, pa je – paradokso – pomenilo enega od dosežkov, ki je popolnoma na novo opredelil arhitekturo. »Bistvo grajenja je [namreč] v dopuščanju prebivanja,« je leta 1951 v svojem predavanju *Grajenje prebivanje*

mišljenje dejal nemški filozof Martin Heidegger (1889-1976) (predavanje je leta 2003 bilo objavljeno tudi v slovenščini). Dejal pa je, da velja tudi obratno – da šele pravo prebivanje dopušča grajenje. Heidegger je bil prepričan, da arhitekturo določa prebivanje, ki je temeljna značilnost človekove biti: »Smrtniki lahko privedejo prebivanje v polnost svojega bistva šele s tem, ko bodo gradili iz prebivanja in mislili za prebivanje.«

Lacaton in Vassal arhitekturo razumeta enako kot Heidegger. Prepričana sta, da arhitektura ne sme biti namenjena sama sebi. V tem prepričanju odmevajo prakse ruske avantgarde iz časa oktobrske revolucije in po njej, ki so ukinjale buržoazno relativno avtonomno sfero kulture in umetnosti (avtonomno pomeni ločeno od »banalne« vsakdanje resničnosti) in se zanosno vključevale v grajenje nove družbe po meri človeka. Miloš Kosec (1986-), slovenski arhitekt, docent na Fakulteti za arhitekturo v Ljubljani in publicist, se je 18. marca leta 2021 v reviji za arhitekturo *Outsider* Anne Lacaton in Jeanu Philippu Vassalu poklonil v članku *Arhitekta veselega »Ne«*. Iz njega navajam odlomek, ki nazorno kaže veličino obeh arhitektov in vso bedo neoliberalne arhitekture, arhitekture, ki si ne zasluži tega imena: »Predvsem pa sta Lacaton in Vassal pokazala, pravzaprav kar na novo izumila oprijemljiv dokaz, da je imel Aristotel prav, ko je zapisal, da arhitekt ni arhitekt samo takrat, ko riše načrte in gradi stavbe, ampak tudi takrat, ko tega ne počne. Danes, v neoliberalni realnosti, ki je zadovoljna z vsem in vsakomer, dokler se nekaj dela (vseeno, kaj, samo da se razlikuje od že obstoječega in zato od daleč spominja na kreativno delo), bi lahko Aristotela prepisali: »Arhitekt je arhitekt ne tudi, ampak predvsem takrat, ko ne gradi.« To ne pomeni, da bi moral arhitekt postati pasiven akter ali da bi se moral odpovedati svojemu poklicu. Nasprotno, svoj poklic in svojo inventivnost lahko arhitekt danes brani ravno tako, da ni omejen samo na izbiro novih oblik in tehnologij, kako uresničiti delovno nalogo, ampak,

da se zave, da nekaterih stvari ne bi smel nikoli postaviti. Kako v prostoru izjaviti »Ne« tako, da se ne prikloniš zahtevam, ki so krivične, in da se obenem ne odpoveš poklicu (ker bo namesto tebe nalogo voljno prevzel drug kolega), je kvadratura kroga arhitekturnega enaindvajsetega stoletja, je osrednji preizkusni kamen, ali je arhitekturni poklic še vedno relevanten. Na gradbiščih Bavarskega Dvora, na načrtih za uničenje Plečnikovega stadiona, na rastočih gmotah Šumija, tako kot po gradbiščih tisočih svetovnih mest in naselij, odmeva samo voljni in uslužni »Da«. Kot da bi pozabili, da je lahko lokomotiva še tako velika, zmogljiva in hitra, vendar je, če nima zavor, predvsem smrtno nevarna. To je zagata, povezana z neustavljivimi podnebnimi spremembami in z imperativom eksponentne rasti, ki jih poganja: globalna nezmožnost, da bi družbeni in ekonomski sistem iz samouničevalnega spremenili v trajnostnega. Vendar pa je tudi povsem strokovna zagata arhitekture, ki se že desetletja celo hvali in ponša z odsotnostjo kakršnihkoli zavor. Zato je Lacaton-Vassalova zavora, njun »Ne«, tako pomemben in optimističen. Takšen »Ne« ni nikoli samo deklarativna umetniška akcija, ampak je vedno realen dvig kakovosti bivanja tisočev posameznikov in najbolj oprijemljiva ter obenem pragmatična antigentrifikacijska arhitektura, kar jih poznam. Lacaton in Vassal sredi ciničnega in okostnelega sveta odpirata realno in oprijemljivo možnost futurizma.« (Opomba: Slovar slovenskega knjižnega jezika pojem *gentrifikacije* razlaga takole: *spreminjanje pretežno bivalnih mestnih predelov z lokalnim prebivalstvom s pozidavo, prenovo v predele s turistično, storitveno namembnostjo višjega razreda.*)

Na tem mestu razmišljanje začasno zaključimo, Dupuyja in »njegovega« golega pa si bomo prihranili za enega od sledečih uvodnikov.

Tomaž Sajovic

Nobelova nagrada za fiziko za leto 2022

Martin Čopić

Leta 2022 je bila Nobelova nagrada za fiziko podeljena Johnu F. Clauserju, Alainu Aspectu in Antonu Zeilingerju. Dobili so jo za »poskuse s prepletenimi stanji fotonov, s katerimi so pokazali kršenje Bellovih neenačb in uvedli osnove kvantne informacijske znanosti«.



Alain Aspect je bil rojen leta 1947 v Franciji. Deluje na Inštitutu za optiko pariške Univerze Paris-Saclay in na Politehnični šoli, ki je del Politehničnega inštituta v Parizu. Doktoriral je na Visoki šoli za optiko Univerze d'Orsay. Na začetku osemdesetih let prejšnjega stoletja je izvedel Bellove testne poskuse, ki so pokazali, da je kritika kvantne mehanike, ki so ji Einstein, Podolsky in Rosen očitali nenavadno delovanje na daljavo, neupravičena. Po delu na Bellovih neenačbah se je Aspect posvetil raziskavam laserskega blajenja nevtralnih atomov in Bose-Einsteinovih kondenzatov. Je član francoske Akademije znanosti in Tehnološke akademije.

John F. Clauser je bil rojen leta 1942 v Pasadeni v Združenih državah Amerike. Deluje na zasebnem zavodu J. F. Clauserja in družabnikov v Združenih državah Amerike. Doktorat je opravil na Univerzi Columbia, nato je raziskoval na Univerzi Berkeley. Raziskoval je nelokalno kvantno prepletenost ter predlagal in izvedel test teorije lokalno skritih spremenljivk. Preučeval je statistiko fotonov in pokazal, da se fotoni lahko kažejo kot lokalizirani delci in ne kot kratki sunki elektromagnetnega sevanja. Razvil je atomske interferometre in jih uporabil kot senzorje za gravitacijo in slikanje z rentgensko svetlobo.

Anton Zeilinger je bil rojen leta 1945 v Riedu v Avstriji. Deluje na Univerzi na Dunaju in Inštitutu za kvantno optiko in kvantno informacijo Avstrijske akademije znanosti. Doktoriral je na dunajski univerzi. Večina njegovih raziskav je na področju temeljev in uporabe kvantne prepletenosti v informacijski znanosti. Znani so njegovi interferenčni poskusi s težjimi delci in uvajanje kvantne teleportacije in kriptografije.

Kvantna mehanika, ki so jo fiziki razvili v prvih desetletjih dvajsetega stoletja, je v kratkem času razložila vrsto pojavov v svetu atomov in osnove zgradbe snovi, je pa vsebovala pojme in napovedi, ki so bili tuji dotedanji tako imenovani klasični fiziki in intuiciji. V nadaljevanju bom najprej opisal osnove kvantne fizike in razlike med njo in klasično fiziko. Sledi, kako so v znamenitem članku *Einstein, Podolski in Rosen (EPR)* pokazali, da kvantna fizika napoveduje možnost obstoja delcev, ki so daleč narazen, pa še vedno tvorijo povezano enoto, kar v klasični fiziki ni mogoče (»paradoks« EPR). Leta 1964 je irski fizik John Bell pokazal, da v nekaterih primerih kvantna fizika napoveduje rezultate, ki kršijo omejitve klasičnega pojmovanja, znane kot Bellove neenačbe. Nato bom nekoliko podrobneje opisal poskuse nagrajencev, ki te neenačbe kršijo in s tem potrjujejo osnove kvantne fizike.

Ob koncu devetnajstega stoletja je bila kljub uspehom, kot so zakoni električnega in magnetnega polja in termodinamike, v fiziki vrsta problemov, ki jih z dotedanjimi sredstvi ni bilo mogoče pojasniti. Max Planck je moral za uspešno teorijo toplotnega sevanja vpeljati zahtevo, da ima energija svetlobe diskretne obroke. Z enako predpostavko je leta 1905 Einstein razložil fotoefekt, to je pojav, da svetloba iz kovine izbije elektrone. Obroke – kvante – energije svetlobe sedaj imenujemo fotone. V klasični fiziki bi elektroni v atomih v delčku sekunde morali pasti v jedro. Te in mnoge druge probleme je od sredine dvajsetih let razrešila kvantna fizika.

V klasični fiziki so osnovni pojem drobni (točkasti) delci, ki se gibljejo zaradi medsebojnih sil, kot ukazuje Newtonov zakon. Tako naj bi v vsakem trenutku poznali položaj in hitrost delcev, kar načeloma omogoča tudi izračun vseh drugih fizikalnih količin. V kvantni fiziki je drugače. Stanje posameznega delca opišemo z valovno funkcijo, to je tako, da v vsaki točki prostora navedemo

neko vrednost. To je nekoliko podobno, kot opišemo valovanje na vodni površini z navedbo višine v vsaki točki. Razlika je v tem, da kvantna valovna funkcija ni merljiva, je pa iz nje mogoče izračunati vrednosti merljivih fizikalnih količin, na primer energije. Valovna funkcija vsebuje vso informacijo, ki jo je o delcu v danem stanju mogoče imeti. Kvadrat valovne funkcije je verjetnost, da na danem mestu najdemo delec. Valovna funkcija in s tem verjetnost za položaj se lahko razprostira po velikem območju. Pomembno je še, da bolj kot je položaj delca omejen, bolj nedoločena je njegova hitrost. To je Heisenbergovo načelo nedoločenosti, ki velja tudi za druge skupine fizikalnih količin. Za lansko Nobelovo nagrado je ključno še, da je vsota valovnih funkcij spet stanje. Valovna funkcija, ki ima veliko vrednost v dveh ločenih območjih prostora, kar pomeni, da se delec nahaja z znatno verjetnostjo na dveh (ali več) mestih, je možna in v atomski fiziki celo pogosta. Z ustreznim merilnikom lahko delec najdemo na enem ali drugem mestu. Tudi v klasični fiziki lahko ne vemo, kje delec je, a bistvena razlika je, da je v klasičnem primeru delec gotovo na enem mestu, ki ga pač ne poznamo, medtem ko je v kvantni sliki delec hkrati na več mestih in šele meritev ga omeji na izbrani del prostora. To je v hudem nasprotju z vsakodnevno predstavo.

Albert Einstein je menil, da fizikalni zakoni, ki napovejo le verjetnost za izid meritve, ne morejo biti osnovni opis sveta. Znana je njegova izjava *Bog ne kocka*. Obstajala naj bi bolj osnovna teorija z morda še neznanimi količinami in je kvantna fizika le neki približek, ki sicer daje dobre rezultate, ni pa pravi opis »realnosti«. Ta tako imenovana teorija skritih spremenljivk naj bi dajala točne napovedi, podobno kot klasična fizika. Da bi pokazal protislovnost kvantne fizike, je skupaj s Podolskim in Rosenom leta 1935 objavil članek, v katerem so opisali za tedanje čase le miselni poskus, danes znan kot poskus EPR.

Takole gre po Bohmu prirejena verzija. Elektroni in njihovi antidelci pozitroni imajo poleg naboja še lastno vrtilno količino – spin, ki je vektor, ima torej smer, ki lahko kaže le v dveh nasprotnih smereh. Podobno kot velja za položaj, je tudi spin lahko hkrati v obeh smereh in šele meritev izbere z neko verjetnostjo eno od obeh možnosti. Naj se iz nekega izvora v nasprotnih smereh izseva par elektron in pozitron, za katerega vemo, da mora skupni spin biti nič, da morata torej spina posameznih delcev biti nasprotna. Pri tem lahko prvi kaže »gor« in drugi »dol« ali pa obratno. Stanje je vsota obeh možnosti – pravimo, da je prepleteno. Povedati je še treba, da sta smeri »gor« in »dol« pred meritvijo nedoločeni in ju izberemo šele z meritvijo. Pri vsaki izbiri izmerimo nasprotni vrednosti. Naj bosta na vsaki strani, daleč od izvora, opazovalca Alica (A) in Bob (B). Dogovorjena sta, v kateri smeri bosta merila spina. A izmeri slučajno (z verjetnostjo 0.5) spin »gor«. Od tedaj takoj B z gotovostjo izmeri spin »dol«. Zdi se, kot da bi delca v trenutku med seboj komunicirala, kar zaradi končne hitrosti svetlobe ni mogoče. Einstein je temu rekel čarovno delovanje na daljavo (angleško *spooky action at a distance*) in zaključil, da kvantna fizika ni popolna, temveč da obstajajo skrite spremenljivke, ki nosijo informacijo o spinih delcev, v nasprotju s kvantnim načelom, da šele meritev izbere določeno smer spina. Kvantna nedoločenost naj bi bila torej posledica nepoznavanja skritih spremenljivk. Druga razlaga, ki pa jo je Einstein odločno odklanjal, je, da ostaneta delca tudi po izsevanju, ko sta že daleč narazen, v prepletenem stanju med seboj povezana in je kvantna fizika nelokalna.

Tu se je zgodba za nekaj časa ustavila. Kvantna fizika je dala izjemne rezultate o zgradbi atomov in snovi in večina fizikov se ni spraševala o njenih osnovah. Leta 1964 pa je irski fizik John Bell objavil članek, v katerem je teoretično pokazal, da je mogoče s poskusi razlikovati med napovedmi kvan-

tne fizike in lokalne teorije skritih spremenljivk. S prepletenimi stanji (danes jih imenujemo Bellova stanja) bi za nekatere poskuse teorija skritih spremenljivk dala za rezultate omejitve – Bellove neenačbe, ki jih kvantna fizika lahko preseže.

Bellovih neenačb je več. Pomemben in dokaj enostaven primer je Clauser-Horn-Simony-Holtova (CHSH) verzija. A in B naj merita zaporedje prepletenih (Bellovih) parov vsak pri dveh orientacijah polarizatorjev in pripišeta meritvi v smeri vrednost +1, v nasprotni pa -1. Tako dobita zaporedja a_i , a'_i , b_i in b'_i , kjer i označuje zaporedno številko meritve. Po končani meritvi si sporočita rezultate in tvorita količino $S_i = a_i (b_i + b'_i) + a'_i (b_i - b'_i) = \pm 2$.

Če je $b_i = b'_i$, je drugi člen enak 0, prvi pa ± 2 , če pa je $b_i = -b'_i$, je drugi ± 2 , prvi pa 0, torej je S_i vselej ± 2 . Če velja teorija lokalnih skritih spremenljivk, po kateri sta stanja spinov določeni na izvoru, je povprečje absolutne vrednosti S po vseh meritvah gotovo manj od 2.

Napoved kvantne fizike je drugačna. Naj meri A pri kotih θ in θ' , B pa pri ϕ in ϕ' . Kvantna fizika napoveduje, da je povprečje zmnožka A in B enako $-\cos(\theta - \phi)$. To je posledica prepletenosti stanja, ki ostaja kljub medsebojni oddaljenosti obeh delcev. A izbere za θ vrednosti 0 in $\pi/2$, B pa za ϕ $\pi/4$ in $-\pi/4$. Tedaj je pričakovana vrednost $S = -4/\sqrt{2} = -2,82 < -2$, kar nedvomno nasprotuje teoriji skritih spremenljivk.

Bellov članek je spodbodel mladega Clauserja, ki je kot podoktorski raziskovalec prišel na Univerzo v Berkeleyju, da je začel eksperimentalno preverjati Bellove ideje. Mislil je, da lahko pokaže pravilnost Einsteinovih pogledov, da torej obstaja lokalna teorija skritih spremenljivk in je kvantna fizika nepopolna. Poskuse je delal s pari fotonov v prepletenem stanju, ki jih je dobil z vzbujanjem kalcijevih atomov. Polarizacija, to je smer električnega polja svetlobe, se pri fotonih obnaša podobno kot spin pri elektronih. Clauser je meril podobne korelacije



Shema poskusa, ki ga je leta 1976 predlagal, leta 1982 pa s sodelavci izvedel A. Aspect. Fotona iz kalcijevega kaskadnega izvora najprej padeta na optična preklopna CI in CII, kje sta lahko ali prepuščena na par polarizatorjev in detektorjev PM1 in PM2 ali odbita na drugi par detektorjev PM1' in PM2'. Knala se prekopita vsakih deset nanosekund. Razdalja med polarizatorji je dvanaest metrov.

kot pri neenačbi CHSH in dobil vrednost, večjo od meje, ki bi jo dale skrite spremenljivke. Kvantna fizika je torej pravi opis sveta in Einstein ni imel prav.

Clauserjev poskus je imel nekaj pomanjkljivosti. Najpomembnejša je bila, da so bile smeri polarizatorjev nastavljene pred meritvijo, kar bi lahko na nepoznani način vplivalo na rezultat. To vrzel je nekaj let pozneje zapolnil Alain Aspect. Tudi on je meril polarizacijo prepletenih fotonov. Merilni mesti sta bili šest metrov od izvora in sta imeli po dva različno orientirana polarizatorja, pred njima pa sta bila električna preklopna, ki sta usmerila fotona na enega od polarizatorjev. Čas preklopa je bil dovolj kratek, da se je zgodil med tem, ko sta fotona potovala od izvora, tako da ni bilo mogoče, da bi položaj polarizatorjev vplival na stanje fotonov. Tudi Aspect je z veliko stopnjo zanesljivosti potrdil, da je Bellova neenakost kršena in da torej ni skritih spremenljivk.

Anton Zeilinger je nadaljeval poskuse s prepletenimi stanji. Pokazal je, da jih je moč uporabiti v nove, presenetljive namene. Iz osnov kvantne fizike sledi, da nekega kvantnega stanja ni mogoče kopirati niti ni mogoče z meritvami dobiti dovolj informacij za verno poustvaritev. Zeilinger je uporabil prepleteno stanje para fotonov, da je prenesel kvantno stanje tretjega delca (fotona) od A do B. Postopek je približno tak. A in B si delita prepleteni par. Poleg tega ima A tre-

tji delec v neznanem stanju, ki ga želi prenesti k B. Zato ga z uporabo polprepustnih zrcal preplete s svojo polovico prepletenega stanja v vsoto štirih možnih Bellovih stanj in napravi meritev, ki da eno od teh Bellovih stanj. S tem stanje, ki ga ima B, ni več prepleteno s stanjem pri A, temveč preide v stanje, ki ga B lahko pretvori v prvotno neznano stanje. A po običajni zvezi sporoči B, katero Bellovo stanje je izmerila, kar B omogoči, da s še eno preprosto operacijo dobi verno preneseno stanje. Tega A po meritvi nima več in ga tudi ne more rekonstruirati, skladno z nemogućnostjo kopiranja kvantnih stanj. Ker mora A sporočiti rezultat svoje meritve po običajni zvezi, postopek ne omogoča prenosa informacije hitreje kot s hitrostjo svetlobe. Prenos kvantnega stanja imenujejo kvantna teleportacija in bo pomemben pri kvantnem računalništvu in prenosu informacij. Ime naj nas ne zavede, postopek je daleč od tega, da bi lahko prenesli makroskopski objekt ali celo živo bitje.

Podobno deluje zamenjava prepletenosti, ki jo je prav tako razvil Zeilinger. Naj imata A in B na začetku vsak svoj prepleteni par fotonov, ki med A in B nista povezana. A in B pošljeta po en foton Ceciliji, ki ju z Bellovo meritvijo preplete. S tem postaneta tudi preostala fotona pri A in B prepletena, čeprav nikoli nista bila v stiku. Tudi zamenjava prepletenosti je pomembna v kvantnem računalništvu.

Zeilinger je izpopolnil tudi osnovni poskus

EPR in zapolnil vse preostale vrzeli. Da je na primer zagotovil neodvisnost nastavitve polarizatorjev, je za signal izbral slučajno detekcijo fotonov svetlobe zvezd, ki se je gotovo izsevala daleč pred poskusom. Povečal je tudi razdaljo med merilnimi mesti. Prvi merilnik je bil na Tenerifeju, drugi pa na sto štiriinštirideset kilometrov oddaljeni La Palmi.

Prepletena stanja lahko služijo tudi pri varnem prenosu ključev za kodiranje. V poskusu EPR naj imata A in B izvor prepletenih parov fotonov. Pri različnih kotih merita sporočita položaje polarizatorjev ob določenem času. Uporabita tiste rezultate, pri katerih sta imela enake položaje polarizatorjev in so zaradi prepletenosti nasprotni. Dobljeno slučajno zaporedje uporabita kot kodirni ključ. Če preverita Bellovo neenačbo, lahko tudi ugotovita, ali je kdo skušal prisluškovati. To bi namreč uničilo kvantno preple-

tenost in zmanjšalo korelacije pod klasično mejo. Velja pripomniti, da na tak način ni mogoče prenašati sporočil, saj je rezultat posamezne meritve povsem slučajen.

Clauserjevi, Aspectovi in Zeilingerjevi poskusi s prepletenimi stanji so tako najprej pokazali, da so napovedi kvantne fizike tudi tedaj, kadar se zdijo v nasprotju s klasičnimi predstavami in intuicijo, pravilne. Lokalna teorija skritih spremenljivk, ki naj bi dala določene napovedi za izide meritev, ne le verjetnosti, ni možna. Kvantna fizika je nelokalna, napove v splošnem le verjetnosti za izide poskusov in ne dovoljuje hkratne meritve parov nekaterih količin, na primer položaja in hitrosti. Prepletena stanja, v katerih so lahko tudi oddaljeni deli sistema med seboj povezani, so pomembna značilnost kvantne fizike. So eden bistvenih elementov v kvantnem računalništvu, kodiranju in prenosu informacij.

Ali je ChatGPT bolj empatičen kot zdravnik? • Medicina in umetna inteligenca

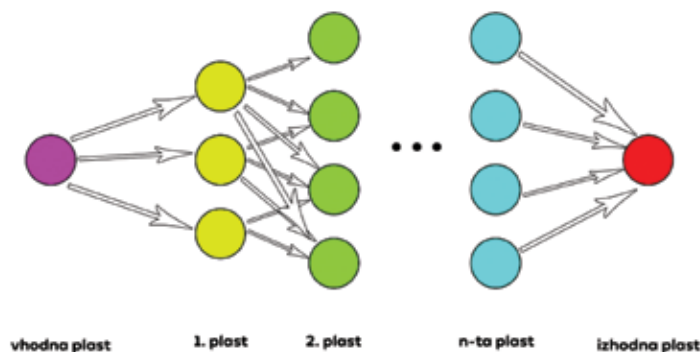
Ali je ChatGPT bolj empatičen kot zdravnik?

Amadej Šenk

V digitalni dobi, ko je dostop do informacij le nekaj klikov stran, pacienti vse pogosteje iščejo na spletu zdravstvene nasvete ter informacije o simptomih, diagnozah in zdravljenju. V zadnjih nekaj letih, še bolj natančno v zadnjem letu, je prišlo do burnega razvoja umetne inteligence. Napredek v razvoju je posegel tudi v osrčje zdravstva in medicine, kjer se je postopoma začel uveljavljati tudi ChatGPT, trenutno najbolj napreden jezikovni model umetne inteligence. Razvilo ga je podjetje OpenAI in je prišel v splošno javno uporabo 30. novembra leta 2022. V manj kot dveh mesecih je dosegel kar sto milijonov mesečnih uporabnikov, kar je najhitreje za katero koli aplikacijo na svetu do sedaj. Zakaj je tako popularen? ChatGPT je zmožen razumeti kontekst vprašanj, se prilagajati komunikacijskim slogom in tudi »izražati« empatijo (vživljanje v drugega). V veliki večini primerov naj bi pomenil zanesljiv vir informacij in podpore za paciente, ki iščejo zdravstvene nasvete na spletu. Vendar pa se poraja vprašanje, ali je strokovno povsem zanesljiv ter kakšna je oblika empatije, ki jo premore.

Arhitektura ChatGPT

Preden načnemo tematiko, kaj pomeni ChatGPT za vsakdanje sporazumevanje in odnos med zdravnikom in pacientom, je pomembno razumeti, kako ta jezikovni model deluje in kako je sestavljen. Gre za interdisciplinarno področje lingvistike in računalništva. Središče tega modela je veliki jezikovni model (angleško *Large Language Model, LLM*). Model je vrsta nevronske mreže, ki je naučena na obsežnem korpusu besedil, vključno tudi z medicinsko literaturo, da razume in ustvarja človeški »naravni« jeziki. Model uporablja naučene podatke – zbirke besedil, da se nauči povezav med besedami v jeziku, in nato uporabi to naučeno znanje, da s podobnim slogovnim in vsebinskim vzorcem izpiše odgovor na dano poizvedbo uporabnika (vprašanje ali trditev). Zgolj za občutek si lahko morebiti predstavljamo, da je ta nevronska mreža sestavljena iz šestindesetih plasti (angleško *neural network layers*) in vsebuje stopetinsedemdeset milijard prilagodljivih spremenljivk, kar jo uvršča v enega izmed največjih modelov globokega učenja (angleško *deep learning*), ki je bil kadarkoli ustvarjen v zgodovini. V osnovi je treba nevronske mreže najprej »naučiti« na podatkih oziroma slikah – temu pravimo razvoj –, nato pa lahko z novo pridobljeno nevronske mreže naredimo poizvedbe, bodisi v obliki slik, kjer moramo prepoznati neki predmet na tej sliki, bodisi v obliki vprašanja, kjer pričakujemo odgovor – kot v našem primeru.



Slika 1: Shema nevronske mreže.
Narisal: Amadej Šenk.

Vhodnemu in izhodnemu besedilu, ki vstopa v »naučene« nevronske mreže oziroma izstopa iz njih, se dodeljujejo številčne predstavitev besed – številke, ki jih imenujemo tokeni (glej sliko 2). Namesto besed uporabljamo naključne tokene, saj računalnik številke hitreje in lažje obdeluje kot besede. Pogosto so sestavljene besede, kot je denimo drevored, sestavljene iz več tokenov, saj se besedi *drevo* in *red* lahko pojavljata tudi samostojno ter v drugačnih kontekstih. Novejši model ChatGPT-ja (GPT-3.5) pozna petsto milijard tokenov, kar pomeni, da je to tudi približno število besed, ki jih pozna in jih lahko povezuje z ostalimi besedami. Model so »učili« na tak način, da zna na podlagi zaporedja vhodnih tokenov predvideti naslednji token (glej sliko 3). Sposoben je ustvariti besedilo, ki je slovnično pravilno in pomensko podobno podatkom na spletu, na katerih se je model učil. Kljub temu pa se je treba zavedati, da izbira naslednje besede na podlagi verjetnosti oziroma točkovnega izida (angleško *score*): če začnemo na primer z besedo *potem*, lahko v navedenem primeru pričakujemo, da bo model kot naslednjo besedo izbral bodisi besedo *vzemi* bodisi besedo *pokaži* bodisi besedo *spij*. Ker ima beseda *vzemi* največjo statistično verjetnost (na primer sedemdesetodstotno), izbere besedo *vzemi* in ne besedo *pokaži* (katere verjetnost je na primer manjša, dvajsetodstotna) ali *spij* (ki ima na primer zgolj desetodstotno verjetnost). A vendarle se lahko zgodi, da pri drugačnih statističnih verjetnostih oziroma točkovnem

izidu model ustvari odgovor, ki je neresničen ali zlonameran (glej sliko 4). Točkovni izid je zelo pogosto le vsota vseh delnih vrednosti vozlišč nevronske mreže (glej sliko 1), ki ni zapisana kot delež. Torej vrednosti ne segajo od 0 do 1, temveč so vrednosti, ki so lahko poljubno velike in imajo poljubni predznak (pozitivni ali negativni). V takem primeru uporabimo metodo, ki ji pravimo natančno prilagajanje (angleško *fine-tuning*). S to metodo zgladimo vse take nevšečnosti, kot so slogovno zaznamovane besedne zveze (žaljivke, narečni in pogovorni izrazi, sleng, redkeje poznani žargon), nepravilno sosledje stavčnih struktur, nepravilna vrsta povedi (vzklična namesto pripovedna). Prav tako obstaja filter, ki cenzurira

občutljive trditve, kot so rasne in ksenofobne izjave.

Natančno prilagajanje velikega jezikovnega modela vzpostavimo s spodbujevanjem učenjem s človekovo povratno informacijo (angleško *Reinforcement learning from human feedback, RLHF*): model za vsak neprimeren odgovor »programsko« kaznujejo, za vsak ustrezen odgovor pa »programsko« nagradijo – s ciljem, da bi model bil čim večkrat nagrajen. Na tak način se model nauči najbolj verjetnega in vljudnega odgovora, zmanjša oziroma popolnoma izniči pa se verjetnost, da bi bil odgovor neprimeren. Poleg tega pa ChatGPT najverjetneje uporablja še druge filtre, s katerimi še dodatno zmanjša možnost takih nevšečnosti.



Slika 2: Prepisovanje skupine besed v tokene.
Narisal: Amadej Šenk.

Slika 3: Primer stavka, ki bi ga ustvaril ChatGPT in je ustrezen.
Narisal: Amadej Šenk.



Slika 4: Primer stavka, ki ga bi generiral ChatGPT in ki ni ustrezen. Narisal: Amadej Šenk.

Obsežna zbirka znanj

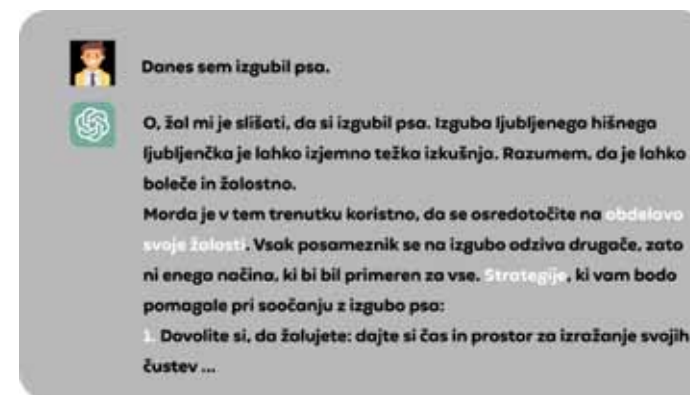
V času, ko je vsako sekundo ustvarjena vedno večja količina podatkov, je uporaba umetne inteligence postala ključna za obvladovanje, analiziranje in razumevanje te poplave informacij. ChatGPT je zasnovan tako, da se obnaša kot sogovornik, ki lahko odgovori na zelo različna vprašanja in se vključuje v pogovor z uporabniki. To je mogoče zaradi širokega podatkovnega nabora, na katerem je bil model izurjen. Vsebuje več milijard besednih zvez, ki so bile pridobljene iz številnih virov na spletu, kot so spletna mesta, članki, knjige in druga besedila v slovenščini kot tudi v drugih jezikih. Natančne podatkovne zbirke, ki so bile uporabljene za učenje ChatGPT v medicini in zdravstvu, ustvarjalec modela OpenAI ni javno razkril. Možne podatkovne zbirke, ki bi jih lahko uporabili za učenje, so znanstveni članki iz medicinskih revij, klinične raziskave, bolnišnični zapisi, medicinski podatki o pacientih, zdravstvene podatkovne zbirke, vprašanja in odgovori na zdravstvenih forumih ter drugi viri, ki vsebujejo medicinske informacije. Pomembno je razumeti, da je kakovost podatkov ključna pri učenju modela za medicinsko oziroma zdravstveno področje. Zato je treba pri izbiri podatkovnih virov in podatkovnih zbirk zagotoviti zanesljive in verodostojne vire, ki temeljijo na strokovnem znanju in usmeritvah medicinske stroke, teh pa kljub porastu podatkov primanjkuje, saj podatki

zaradi morebitne kršitve zasebnosti posameznih pacientov niso v celoti javno dostopni.

Naravna empatija in modeliranje umetne empatije

Empatija je sposobnost razumevanja in deljenja občutkov in pogledov drugih ljudi. Vključuje prepoznavanje njihovih čustev, izkušenj in potreb, povezovanje z njimi, odzivanje na sočuten način in pripravljenost na nesebično pomoč. Empatija sega dlje od zgolj priznavanja čustev nekoga; zahteva, da se postavimo v kožo sočloveka in si poskušamo predstavljati, kako se počutijo. Pogosto jo povezujemo z občutljivostjo, sočutjem in sposobnostjo nujenja tolažbe in podpore drugim. Tako je videti empatija med dvema človekoma. Kako pa je videti empatija med človekom in ChatGPT-jem?

ChatGPT ima posebno programsko enoto, ki zagotavlja, da izraža vljudnost in tudi neko stopnjo »empatije«. Ta empatija pa je v večini primerov zgolj *matematično povprečje* vseh odgovorov in medsebojnih povezav med ljudmi na spletu, pri čemer se slabi in neempatичni odgovori po prej opisanem postopku odstranijo iz nabora možnih odgovorov. Že sam model opozarja, da nima razvite dejanske empatije in ne more razumeti čustvenega položaja, razen v primeru, ko se je model s takim položajem že prej srečal. Do zelo zanimivega položaja pride, ko primerjamo stopnjo empatičnosti med zdravnikom in paci-



Slika 5: Primer odgovora, kjer ChatGPT »izraža« navidezno empatijo (z belo označene slogovno zaznamovane besede in besedne zveze). Narisal: Amadej Šenk.

entom ter med ChatGPT-jem in pacientom. Če na hitro analiziramo zgornji odgovor, je moč opaziti nerodne izraze in besedne zveze, ki jih uporabi. Odgovor se s prvimi povedmi začne zelo empatično, v nadaljevanju pa so zelo togo naštetih koraki in navodilo, kako se soočiti z izgubo hišnega ljubljence. Gre za zelo zapleten čustveni položaj, ki zahteva primerno prilagajanje in ustrezno ravnanje. ChatGPT je zagotovo zmogljiv, toda samo do neke stopnje. Tu pa se pojavi še naslednja ovira. ChatGPT namreč nima neomejenega spomina in nima lastnih izkušenj iz preteklosti. Če mu pacient napiše, da se danes (naslednji dan) že počuti nekoliko bolje, se bo ChatGPT odzval z odgovorom, ki ne ve nič o preteklosti – to je o njegovi izgubi psa. Odgovor bo zvenel zelo nevtralen. Vsaka empatična oseba bi zagotovo povprašala, kako se počuti ali če se že kaj bolje počuti kot včeraj. Z napredkom storitve se to seveda lahko izboljša tako, da se poveča spomin pogovorov, ki ga ima model na voljo, vendar pa ta model še vedno nima neke čustvene osnove, s katero bi lahko izražal pravo empatijo. Trenutno potekajo številne raziskave in študije, kako modelirati empatijo in zagotoviti bolj sočutne odgovore na vprašanja pacientov. Zakaj so odgovori ChatGPT-ja na vprašanja pacientov ocenjeni kot bolj empatični, pa je treba še preučiti.

Primerjava ocen empatičnosti odgovorov ChatGPT-ja in drugih akterjev

Primerjava ocen empatičnosti odgovorov ChatGPT-ja in drugih akterjev je pomembna za oceno uspešnosti modela pri zagotavljanju empatičnih odgovorov pacientom. Številne raziskovalke in raziskovalci po svetu preučujejo empatičnost odgovorov ChatGPT-ja in drugih zdravstvenih strokovnjakov.

Ena izmed teh raziskav, ki jo je objavila Univerza San Diego iz Kalifornije v reviji *JAMA Internal Medicine* 28. aprila letos, je primerjala odgovore ChatGPT-ja z odgovori pravih zdravnikov na portalu *Reddit* na enaka vprašanja pacientov. V tem eksperimentu so bili odgovori anonimizirani (osebni podatki vprašanih so bili izbrisani), pacienti pa so jih ocenili glede na stopnjo empatičnosti, ki so jo izkusili. Presenetljivo je bilo, da so bili odgovori ChatGPT-ja pogosto ocenjeni kot bolj empatični (78,6 odstotka) kot odgovori zdravstvenih strokovnjakov (21,4 odstotka). To daje slutiti, da model lahko ustvari sočutne odgovore na vprašanja pacientov. Raziskovalci, ki so se lotili te raziskave, so poudarili, da namen študije ni bil preučiti možnost zamenjave medicinskega osebj s sistemi umetne inteligence, temveč kako bi lahko vključili take sisteme v zdravstvene sisteme, da bi bili odgovori zdravnikov na vprašanja pacientov boljši in da bi zdravnikom bilo olajšano vedno večje

breme, s katerim se srečujejo pri svojem delu. Pri zdravnikih namreč pogosto pride do pojava, ki mu pravimo utrujenost zaradi sočutja (angleško *compassion fatigue*). Izgorelost zaradi sočutja je ena izmed najbolj kritičnih težav pri zdravnikih in je posledica čustvene in fizične izčrpanosti, ki nastane zaradi stalnega zagotavljanja empatične oskrbe pacientom. Zahtevnost zdravniškega poklica, dolgi delovni urniki, visoko število pacientov in nenehno soočanje s trpljenjem lahko privedejo do izčrpanosti zaradi sočutja in zmanjšanja sposobnosti empatije do pacientov. Ta pojav ima lahko škodljive učinke na dobro počutje in zadovoljstvo zaposlenih v zdravniški stroki ter vpliva na kakovost oskrbe. V prej omenjeni študiji naj bi to bil tudi eden izmed glavnih dejavnikov, zakaj so pacientom zveneli odgovori zdravnikov manj empatični. Vedeti je treba, da je na koncu koncev ChatGPT le program, ki se ne utruja in ustvarja vsakič znova zelo podobne »empatične« odzive in še ni sposoben tako različnih, barvitih odgovorov kot ljudje. Poleg tega so v študiji ugotovili, da ChatGPT kaže nekatere omejitve pri prepoznavanju subtilnih čustvenih odtenkov in dajanju pravih odgovorov v posebnih zdravstvenih primerih.

Omejitve in izzivi pri modeliranju empatije pri ChatGPT-ju

Omejitve in izzivi pri modeliranju empatije pri ChatGPT-ju so ključni vidiki, ki jih je treba upoštevati pri razvoju in uporabi umetne inteligence v zdravstvenem sektorju. Čeprav ChatGPT lahko ponudi empatične odgovore, obstaja več omejitev, ki jih je treba preučiti. Prvi in najpomembnejši vidik je pomen zdravniškega osebjia in osebnega stika pri zagotavljanju zdravstvene oskrbe. Empatija je kompleksen in večplasten vidik zdravstvenega odnosa, ki vsebuje ne le sposobnost razumevanja čustev pacienta, temveč tudi neizmerni obseg strokovnega znanja, izkušenj in etičnih smernic, ki jih zdravniki pridobijo

v letih izobraževanja in prakse. Zdravniki poleg tega uporabljajo tudi nebesedno sporazumevanje, kot so telesna govorica in izrazi obraza, ki prispevajo k empatični izkušnji pacienta.

Drugi izziv je povezan z zavedanjem omejitvev modela ChatGPT. Čeprav model lahko ustvari empatične odgovore, je treba razumeti, da je to posledica učenja iz obsežnih podatkov in ne dejanskega občutka empatije, kot ga izkuša človek. ChatGPT ne more empatično odgovarjati na način, kot bi to storil usposobljeni zdravnik, ki ima čustveno inteligenco in znanje, podprto z bogatimi praktičnimi izkušnjami. Zato je nujno, da uporabniki razumejo, da ChatGPT ni nadomestek za strokovnjake in da je njegova vloga omejena na zagotavljanje osnovnih informacij in podpore pacientom.

Empatija v zdravstvu zahteva razumevanje pacientovega osebnega položaja, ki ga lahko težko prepozna in obravnava avtomatizirani model. ChatGPT je odvisen od podatkov, ki so jih uporabili pri njegovem učenju in lahko vsebuje nezanesljive ali nepopolne informacije. To se ponavadi kaže v nesmiselnem ali nerodnem odgovoru.

Poleg teh tehničnih omejitev je pomembno upoštevati tudi etična vprašanja. ChatGPT se na primer ne more zavedati, kdaj mora preusmeriti pacienta na nujno zdravstveno oskrbo ali ga opozoriti na nevarnost življenja in smrti. V takšnih primerih, ko je potreben hitri in specializirani zdravstveni poseg, sta zanesljivost in pravočasnost informacij ključni. Zato mora biti vedno navzoč človeški zdravstveni delavec, ki je sposoben prepoznati nujnost položaja in zagotoviti ustrezno ukrepanje.

Kljub omejitvam in izzivom pa lahko modeliranje empatije pri ChatGPT-ju prinese tudi pomembne prednosti. Model lahko zagotovi lažji dostop do osnovnih zdravstvenih informacij, podpore in nasvetov, kar lahko koristi pacientom v oddaljenih ali manj dostopnih območjih.

Integriteta zdravnika in ChatGPT-ja

Izraz »zdravnikova integriteta« se nanaša na visoko raven iskrenosti in moralnih načel, ki jih pričakujemo od zdravnikov in tudi drugih zdravstvenih delavcev. Zdravnikova integriteta je ključna za vzpostavitev zaupanja med zdravnikom in pacientom. Ko se bolniki obrnejo na zdravnika, pričakujejo, da bo zdravnik vedno deloval v njihov prid, da bo ravnal pošteno in da bo strokovno in odgovorno opravljal svoje delo. Poleg tega zdravnik ne sme sprejemati podkupnin ali pridobivati kakšnih drugih koristi, ki bi lahko vplivale na njegovo strokovno presojo ali ravnanje. Velikokrat pravimo, da zdravniki razumejo svoj poklic ne kot službo, temveč kot poslanstvo.

Zdravnik in ChatGPT se pri tem v veliki meri razlikujeta, saj prvi ima integriteto, drugi pa ne. Zakaj je temu tako? ChatGPT je program, za katerega vemo, da dela napake in da v nekaterih okoliščinah odgovarja nezanesljivo – to je znanje, ki nam je že vnaprej poznano, zato ne pričakujemo stoodstotne zanesljivosti in veljavnosti. Uporabljamo ga kot dodatek pri delu, ne pa kot nekaj samostojnega. Po drugi strani pa je zdravnik samostojen, saj se je najmanj

šest let pripravljaj na svoje poslanstvo. Če tudi zdravnik dela napake in morebiti celo več napak kot sam ChatGPT, vemo, da je zelo malo verjetno, da bi storil tako veliko neumnost, kot bi jo morebiti lahko ChatGPT. Napake zdravnika se ponavadi pojavljajo pri malenkostih, redkeje pri temeljnih stvareh. Pri modelu, kot je ChatGPT, pa se vse napake pojavljajo v podobni frekvenca na vseh ravneh zahtevnosti znanja, tako pri pri osnovnih (na primer, kaj je pljučnica) kot pri zahtevnejših (na primer, kakšen je ustrezen odmerek zdravila pri kompleksni diagnozi) primerih, saj nima pravega zdravniškega znanja in zavedanja o njem. Gre za model, ki ne gradi temeljnega znanja, ampak je le povzetek najverjetnejših besed, katerih kontekst niti najmanj ne pozna in se ga niti ne zaveda.

Zahvala

Za pomoč pri pripravi zapisa v okviru predmeta *Zgodovina medicine z medicinsko humanistiko* na Medicinski fakulteti Univerze v Ljubljani se zahvaljujem prof. dr. Zvonki Zupanič Slavec, dr. med., in asist. Ani Jakopin, dr. med., mag. dietet.

Viri in literatura:

- Ayers, J. W., Poliak, A., Dredze, M., in sod., 2023: *Comparing Physician and Artificial Intelligence Chatbot Responses to Patient Questions Posted to a Public Social Media Forum*. *JAMA Internal Medicine*, 183 (6): 589–596, doi: 10.1001/jamainternmed.2023.1838. Dostopno na: <https://jamanetwork.com/journals/jamainternalmedicine/article-abstract/2804309>. (Citirano 17. 5. 2023.)
- Eysenbach, G., 2023: *The Role of ChatGPT, Generative Language Models, and Artificial Intelligence in Medical Education: A Conversation With ChatGPT and a Call for Papers*. *JMIR Medical Education*. 2023 Mar 6;9:e46885, doi: 10.2196/46885. PMID: 36863937; PMCID: PMC10028514.
- Hurwitz, B., Vass, A., 2002: *What's a good doctor, and how can you make one? By marrying the applied scientist to the medical humanist*. *BMJ*, 325(7366): 667–668, doi: 10.1136/bmj.325.7366.667.
- Masa, T., 2023: *Experts Claim ChatGPT Demonstrates*

- Higher Empathy Levels Than Real Doctors*. *AutoGPT* [internet]. 7. 5. 2023. (Citirano 17. 5. 2023.); Dostopno na: <https://autogpt.net/experts-claim-chatgpt-demonstrates-higher-empathy-levels-than-real-doctors/>.
- McPhillips, D., 2023: *ChatGPT provides valuable patient advice, study finds* (internet). *CNN*. (Citirano 17. 5. 2023.) Dostopno na: <https://edition.cnn.com/2023/04/28/health/chatgpt-patient-advice-study-wellness/index.html>.
- Mok, A., Brueck, H., 2023: *ChatGPT is more empathetic than real doctors, experts say* (internet). *Business Insider*. Dostopno na: <https://www.businessinsider.in/tech/news/chatgpt-is-more-empathetic-than-real-doctors-experts-say/articleshow/99931086.cms>. (Citirano 17. 5. 2023.)
- Saraju, A., Bruemmer, D., Van Iterson, E., Cho, L., Rodriguez, F., Laffin, L., 2023: *Appropriateness of Cardiovascular Disease Prevention Recommendations Obtained From a Popular Online Chat-Based Artificial Intelligence Model*. *JAMA Internal Medicine*, 329 (10): 842–844. Dostopno na: doi:10.1001/jama.2023.1044.

Tilley, C., 2023: ChatGPT provides higher quality and empathetic answers than real doctors 80% of the time. Daily Mail (internet). 29. 4. 2023. Dostopno na:

<https://www.dailymail.co.uk/health/article-12025345/ChatGPT-provides-higher-quality-empathetic-answers-real-doctors-80-time.html>. (Citirano 17. 5. 2023.)



Amadej Šenk se je rodil leta 1999 v Postojni. Obiskoval je gimnazijo Bežigrad, leta 2022 pa je diplomiral na Fakulteti za računalništvo in informatiko. Trenutno je študent prvega letnika Medicinske fakultete v Ljubljani. V prostem času rad tekmuje na različnih programerskih tekmovanjih in se ukvarja z vpeljavno umetne inteligence v medicinsko okolje pri različnih univerzitetnih projektih.

Mikrobiologija • Vloga očetnokislinskih bakterij v medonosni čebeli

Vloga očetnokislinskih bakterij v medonosni čebeli

Metka Vrečko, Janja Trček

Očetnokislinske bakterije kolonizirajo prebavila številnih žuželk, med drugim komarjev (*Anopheles*, *Aedes*), vinske mušice (*Drosophila melanogaster*) in tudi medonosne čebele (*Apis mellifera*). Medonosne čebele so gospodarsko pomembni opraševalci, katerih populacija se je v zadnjih letih zaradi različnih okoljskih dejavnikov zelo zmanjšala. Očetnokislinska bakterija *Bombella apis* je ena izmed prevladujočih simbiotov črevesne mikrobiote pripadnikov čebeljega panja, zato lahko domnevamo, da ima pomembno biološko vlogo v tem organizmu. S poznavanjem bakterijskih genomskih zaporedij in njihovo analizo s sodobnimi bioinformacijskimi orodji so bile pridobljene nove informacije o možni vlogi očetnokislinskih bakterij v samem čebeljem panju in njegovi okolici. Članek bo predstavil najnovejša dognanja o zaščitni vlogi teh bakterij v medonosni čebeli.

Mikroorganizme srečamo v vseh organizmih in njihovem okolju. Z vzpostavitev simbiotskega odnosa gostitelju lahko omogočijo razvoj, zaščito pred patogenimi organizmi in paraziti ali celo dostop do ključnih hranil, ki jih v prehrani gostitelja ni oziroma ne dovolj, kar gostitelju omogoča zasedbo nekaterih negostoljubnih prehranjevalnih niš. Zanimiv primer je simbioza medonosne čebele (*Apis mellifera*) z mikroorganizmi njene črevesne mikrobiote. Zaradi svoje specifične prehranske diete se morajo čebele namreč velikokrat zanašati na bakterijske partnerje, s katerimi lahko dopolnijo

manjkajoče hranilne snovi in tako izboljšajo zdravstveno stanje celotnih kolonij (Parish s sod., 2022).

Z vidika zaščite gospodarsko pomembnih opraševalcev, kot je medonosna čebela (*A. mellifera*), je v zadnjih letih deležna posebne pozornosti njena simbiotska bakterija *Bombella apis*, ki predstavlja velik delež njene črevesne mikrobiote. Bakterija *B. apis* je del skupine očetnokislinskih bakterij znotraj družine *Acetobacteraceae*, ki vsebuje tako prostoživeče predstavnike kot tudi takšne, ki živijo v simbiozi z žuželkami. Najpogostejše jo najdemo v črevesju matice ter hipofarin-

gealnih žlezah, ki proizvajajo in izločajo sestavine matičnega mlečka, zato so bakterije tudi v samem pridelku čebel dojlj (Yun s sod., 2017). Na podlagi preiskanih bakterijskih genomskih zaporedij so ugotovili, da te bakterije lahko vplivajo na zdravje in fiziologijo matic ter varovanje razvijajočih se ličink in čebel delavk pred patogenimi glivami (Smith in Newton, 2020).

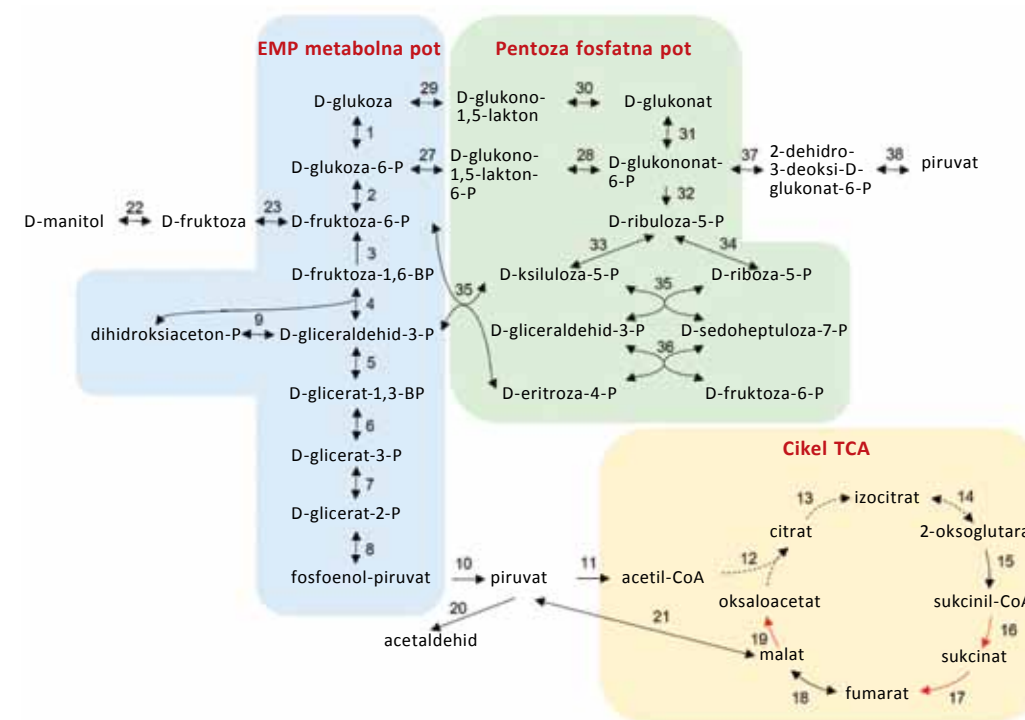
Analiza genomskih zaporedij simbiotskih očetnokislinskih bakterij iz čebel

Medonosne čebele so nenadomestljive zaradi opraševanja kmetijskih rastlin, pomembnih za človeka. V preteklih letih se je zato močno povečalo zanimanje za preučevanje raznolikih obrambnih mehanizmov čebel, vključno z njihovimi simbiotskimi mikroorganizmi, kot so očetnokislinske bakterije.

Bakterija *Bombella apis* ni edina predstavnik tega rodu iz skupine očetnokislinskih bakterij, v tem rodu so še vrste *Bombella intestini*, *Bombella fauorum* in *Bombella mellum*, ki so bile tudi prepoznane v črevesni mikrobioti medonosnih čebel (Härer s sod., 2022).

Primerjalna genomika nam je omogočila vpogled v genomske spremembe, ki so znotraj družine bakterij *Acetobacteraceae* omogočile prehod v simbiozo s čebelami. Pomaga nam tudi razjasniti, kaj vrsto *B. apis* loči od sorodnih vrst in vlog, ki jih ta bakterijska vrsta lahko opravlja v samem čebeljem panju in njegovi okolici. Glavne ugotovitve tovrstnih analiz avtorjev Smitha in Newtona (2020) ter Härerja in sodelavcev (2022) so povzete spodaj.

Pri vseh vrstah iz rodu *Bombella* so ugotovili odsotnost genetskega zapisa za sintezo glav-



Slika 1: Presnova ogljikovih hidratov pri bakterijah iz rodu *Bombella*, konstruirana iz genomskih sekvenc. Rdeče puščice prikazujejo manjkajoče gene, črtnice pa tiste, ki niso prisotni v vseh genomih tega rodu. Vir: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9147383/>.

nega uravnavalnega (regulatornega) encima glikolize, to je fosfofruktokinaze, in kar šestih genov, vključenih v sintezo presnovnih snovi cikla trikarboksilnih kislin, zaradi česar presnova ogljikovih hidratov poteka po nadomestnih presnovnih poteh (slika 1). Poleg tega je za bakterije *Bombella* spp. značilna tudi nepopolna oksidacija sladkorjev in alkoholov z dehidrogenazami, pritrjenimi na zunanjo stran citoplazemske membrane. V tej povezavi ima pomembno vlogo za preživetje čebel v okolju, bogatem z glukozo, bakterijska dehidrogenaza, odgovorna za oksidacijo glukoze v glukonske kisline.

Za seve rodu *Bombella* je značilna tudi odpornost proti visokim koncentracijam glukoze, tako imenovana ozmotoleranca, kar kaže na njihovo prilagoditev na življenje v okolju z visoko vsebnostjo sladkorja, kot je čebelji panj. Kopičenje združljivih topljencev v celični citoplazmi je bilo v tem primeru ugotovljeno kot ključni mehanizem uravnavanja osmotskega tlaka v bakterijski celici. Bakterija *B. apis* bi lahko imela tudi protiglivo aktivnost, saj so v njenem genomu našli genski skupek za sintezo poliketidov, lahko pa bi bilo delovanje proti glivam povezano tudi s sintezo in zunajceličnim kopičenjem glukonata in acetata. Analiza genomov je odkrila tudi številne profage, to je bakteriofage, vključene v bakterijski genom, a njihova vloga, ki bi za bakterijo lahko bila tudi pozitivna za preživetje v tej posebni okoljski niši, še ni bila preučena.

Odpornost sevov iz rodu *Bombella* proti antibiotiku tetraciklin, ki ga uporabljajo v državah zunaj Evropske unije za preprečevanje bakterijske okužbe pri čebelah, je bila ugotovljena zgolj pri tipskem sevu *B. apis*. Odkritih ni bilo genov za sintezo protimikrobnih bakteriocinov, to je beljakovinskih toksinov, ki jih mnoge bakterije proizvajajo, da bi zavrle razvoj sebi sorodnih bakterijskih vrst.

V genomih bakterije *B. apis* so našli tudi gene za morebitne nove presnovne poti, obrambne mehanizme in interakcije z

drugimi mikroorganizmi in gostitelji - na primer gene za encime, ki so vključeni v razkisanje matičnega mlečka, gene za encime, ki presnavljajo sladkorje iz nektarja in medu, gene za sintezo molekul, ki uničijo tujo DNA, kot so na primer restriksijsko-modifikacijski sistemi, ter druge.

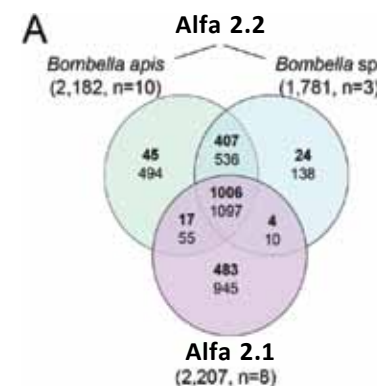
Specializacija filotipov na niše v medonosni čebeli

Črevesna mikrobiota medonosnih čebel velja za razmeroma preprosto, vendar je večina najdenih filotipov specializiranih za življenje v tem svojevrstnem okolju (Corby-Harris s sod., 2014). Znotraj tovrstne populacije mikroorganizmov srečamo dva posebej zanimiva filotipa, tako imenovana filotipa alfa 2.1 in alfa 2.2, ki pripadata dvema oddaljenima filogenetskima kladama znotraj družine *Acetobacteraceae*. Prvi se nahaja izključno v črevesju medonosne čebel, medtem ko se drugi nahaja tudi v matičnem mlečku ter hipofaringealnih žlezah in ličinkah čebel. Oba filotipa se med seboj zelo razlikujeta po presnovnih in dihalnih sposobnostih. Pri filotipu alfa 2.2 srečamo poenostavljeno presnovo z nizkim izkoristkom, to je nepopolno oksidacijo (fermentacijo), vendar hitro proizvodnjo energije iz glukoze, kar mu zagotavlja prednost v okoljih, bogatih z glukozo, kot je matični mleček. Za filotip alfa 2.2 je zaradi izgube nadomestnih oksidacijskih poti za presnovo glukoze to edini način pridobivanja energije iz glukoze. Filotip alfa 2.1 ne vodi fermentacije, vendar lahko uporablja širši nabor primarnih darovalcev elektronov, na primer tudi različne organske kisline. Za razliko od filotipa alfa 2.2 ima filotip alfa 2.1 celotni cikel trikarboksilnih kislin in je prilagojen za hitro obnavljanje vmesnih proizvodov tega cikla, ki se iz njega črpajo v različne biosintetske poti (slika 2). Tovrstni širši presnovni razpon filotipa alfa 2.1 zagotavlja potencialno prednost za življenje v zadnjem črevesu čebel, kjer sta tekmovanje z drugimi bakterijami in prilagodljivost pri izkoriščanju hranilnih virov

ključnega pomena za obstoj. Oba filotipa imata v dihalni verigi ubikinon in terminalne oksidaze, odvisne od O_2 , vendar filotip alfa 2.1 lahko uporabi kot končni prejemnik (akceptor) elektronov tudi nitrat, kar mu za razliko od vseh ostalih osetnokislinskih bakterij omogoča, da raste tudi ob odsotnosti kisika. Omenjene fiziološke in presnovne razlike med obema skupinama bakterij so omogočile zavzetje posebnih niš v čebelah in s tem pripomogle k sobivanju filogenetsko sorodnih bakterij v črevesju medonosnih čebel (Bonilla-Rosso s sod., 2019).

Pomen bakterije *B. apis* za čebelje ličinke

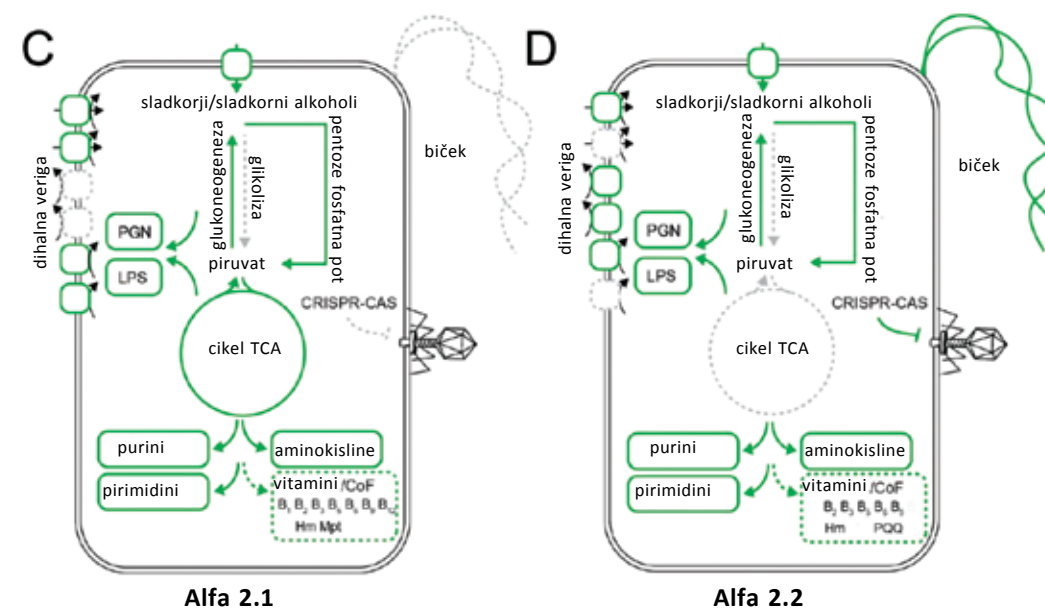
V zadnjih dveh desetletjih se po vsem svetu srečujemo z znatnim zmanjšanjem populacij medonosnih čebel. Mnoge komercialne poljščine danes namreč komaj še lahko zadovoljujejo njihove minimalne potrebe po hranilih. Za bakterijo *B. apis* je bilo ugotovljeno, da čebeljim kolonijam zagotavlja nekatere aminokisline (slika 3), s čimer zaščiti čebele pred izgubo telesne mase ter tako zagotavlja njihovo normalno razvijanje v odrasle čebele delavke. Pomanjkanje hranil, zlasti beljakovin, namreč najprej prizadene ličinke



Slika 2: Porazdelitev družin genov med filotipoma alfa 2.1 in alfa 2.2 ter pregled njihovih glavnih funkcionalnih zmožnosti.

A Diagram skupnih in edinstvenih družin genov v treh filotipih (alfa 2.1 in dveh podvrstah alfa 2.2 *Bombella apis* in *Bombella sp.*). **C** in **D** Povzetek glavnih funkcionalnih zmožnosti filotipov alfa 2.1 in alfa 2.2, kjer polne črte prikazujejo prisotnost presnovnih poti, črtkane pa odsotnost posameznih presnovnih poti.

Prerejeno po viru: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/861260v1.full>.



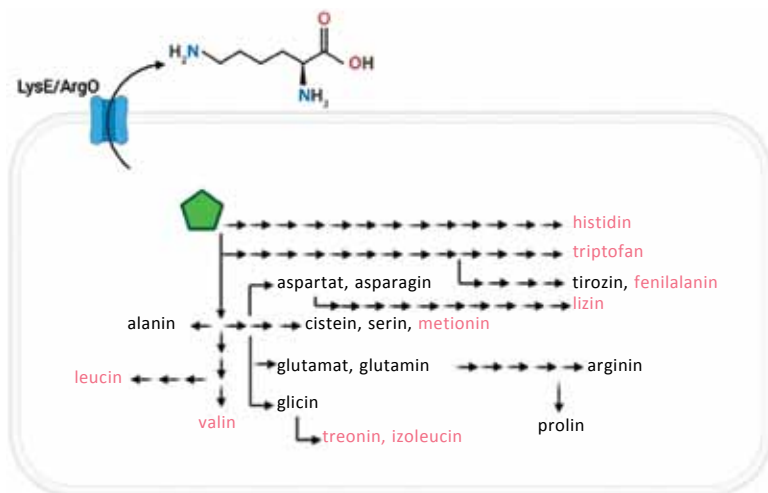
medonosnih čebel (slika 4), ki se posledično ne morejo razviti v odrasle osebe, hkrati pa postanejo bistveno bolj dovzetne za parazite, patogene viruse ter zajedavske pršice, kot je *Varroa destructor*. Ličinke medonosnih čebel se prehranjujejo pretežno z matičnim mlečkom, cvetnim prahom ter nektarjem. Vsak bakterijski simbiot, izpostavljen takšni prehrani, mora biti sposoben prenašati protimikrobno okolje, ki ga ustvarja matični mleček s svojimi obrambnimi peptidi, viskoznostjo in kislostjo. *B. apis* je edina bakterija, ki ji ne škodi tovrstna protimikrobna prehrana medonosne čebele. Čeprav je vloga bakterije *B. apis* ključna predvsem pri pospešitvi rasti ličink, pa lahko v kolonijah z zadostno oskrbo s hranili prevzema tudi vlogo protiglivičnega simbionta (Parish s sod., 2022).

Vloga primarnega okolja in družbene imunosti za razvoj matic

Medonosne čebele (slika 5) so v primerjavi z nekaterimi samotarskimi vrstami čebel mnogo bolj odvisne od skupne imunosti svojih kolonij. Pri čebeljih maticah, ki so del kompleksnega družbenega okolja, kot je aktivna kolonija, je tako na primer značilna manjša bakterijska raznolikost mikrobiote njihovega zadnjega črevesa kot pri maticah, shranjenih v izoliranem okolju, kjer pre-

učujejo izključno združbe čebeljih matic. Sodobne raziskave na tem področju poleg družbene imunosti kolonij med drugim poudarjajo tudi pomen samega izvora čebeljih matic, predvsem pa primarnega družbenega okolja, v katerem se začeta rast in razvoj matic, na nadaljnje spreminjanje črevesne mikrobiote ter s tem povezane proizvodne in razmnoževalne sposobnosti matic. Matice so namreč edine razmnoževalne samice čebeljih kolonij, ki so v svojem večletnem življenju osredotočene zlasti na produkcijo in lego jajčec, zato njihov pogin velja za enega izmed glavnih dejavnikov zmanjševanja velikosti družin in s tem celotnih populacij čebel. Njihova edinstvena fiziologija in razmnoževalna vloga jim omogočata zmožnost širjenja mikroorganizmov, ki se lahko prenašajo ter razmnožujejo v protimikrobnem matičnem mlečku. Podobno kot pri mnogih drugih dolgoživih organizmih pa se mikrobiota matice lahko sčasoma preoblikuje, kar je odvisno predvsem od njihove presnove in prehranskih navad. Mikrobioto, ki jo oblikujejo dolgotrajni vplivi v skladu z njihovo mnogo daljšo življenjsko dobo, med drugim naseljujejo nekatere pionirske vrste, ki jim pripisujejo sposobnost krepitev imunskega

Nadaljevanje se na strani 471.



Slika 3: Bakterija *B. apis* lahko proizvaja vse esencialne aminokisliline in izloča lizin v prehrano ličink. Vsaka aminokislina, ki jo bakterija lahko sintetizira, je označena z rožnato barvo.

Prirčeno po viru: <https://www.nature.com/articles/s41396-022-01268-x#citeas>.

PROTEUS

letnik 85  mesečnik za poljudno naravoslovje
www.proteus.si



Letno kazalo

Stvarno kazalo

Članki

Tina Škorjanc: **Kvazikristali.** (Kemija.) 6

Alen Albreht, Katerina Namuska: **VINEAS – spletna platforma, ki podpira sodelovanje na področju podnebnih sprememb v sektorju trte in vina.** (Podnebne spremembe ter vinogradništvo in vinarstvo.) 13

Anja Nagode: **Vpliv kreme za sončenje na sintezo vitamina D.** (Biokemija.) 20

Stanislav Južnič: **Franc Unger, prvorojenec Mariborčanke, odkrije globalno segrevanje. Ob dvestoletnici rojstva njegovega najboljšega študenta Gregorja Mendla.** (Iz zgodovine slovenskega naravoslovja.) 26

Jurij Kurillo: **Rdeči naprstec. Tristo let zdravilne rastline.** (Medicina in botanika.) 39

Boris Sket, Zhonghe Hou: **Bajkalske postrance zasenčijo koralne ribice.** (Zoologija.) 56

Marina Dermastia: **Puščavski sloni in druga čudovita bitja Namiba.** (Zoologija in ekologija.) 68

Anton Brancelj: **Manj znani raki Slovenije.** (Zoologija.) 78

Mateja Rakuša: **Vomeronazalni organ. Še vedno dolga pot raziskovanja, preden bomo razumeli kemično komunika-**

cijo pri ljudeh. (Medicina in biologija.) 89

Tajda Gredar: **Genetika spola pri vretenčarjih.** (Genetika in zoologija.) 93

Igor Daksobler: **Iskanje upognjenega šaša (*Carex curvula*) pod koto Vrh Križa v Julijskih Alpah ali kdor nima v glavi, ima v petah.** (Botanika.) 98

Pavel Jamnik: **Delo narave, ne človeka - o paleolitski leseni konici iz Ljubljane.** (Paleolitska arheologija.) 112

Matija Križnar: **Matija Vertovec, zbiralec okamnin in razširjevalec paleontoloških spoznanj med ljudmi. V spomin na ajdovskega zbiralca fosilov in bibliofila Stanislava Bačarja.** (Iz zgodovine paleontologije na Slovenskem.) 125

Matija Križnar, Jurij Zupanc: **Nova spodnjeperska ostanaka hrustančnic (rod *Petalodus*) iz Karavank.** (Paleontologija.) 135

Elvica Velikonja: **Matematika in botanika - skupaj na poti.** (Botanika v šoli.) 165

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

Matevž Novak: **Ploščasti apnenec, značilni element kraške kulturne krajine.** (Petrolologija.) 211

Jaka Črtalič, Žan Kuralt, Hubert Potočnik: **Kakšen je življenjski prostor za populacijo evrazijskega risa v severnih Dinaridih in jugovzhodnih Alpah?** (Ekologija.) 223

Marija Nabernik: **Podoba stvarnosti - znanstvena ilustracija.** (Ilustracija v naravoslovju.) 232

Andrej Grmovšek, Simon Veberič, Dominik Bombek: **Drava včeraj, Drava danes, Drava jutri.** 254

Smiljan Juvan, Tijana Mičić, Miha Kračun: **Hidromorfolška dinamika reke Drave.** 263

Igor Žiberna: **Raba tal v slovenskem Podravju v obdobju od leta 2000 do leta 2022.** 272

Miha Jeršek, Uroš Herlec: **Dravski prodniki.** 282

Martin Gaberšek, Mateja Gosar: **Odras preteklega rudarjenja v dravskih sedimentih.** 288

Marijan Govedič: **O dravskih ribah in njihovem življenjskem prostoru od Maribora do Središča ob Dravi.** 293

Nadja Osojnik, Aleksandra Lešnik: **Dvoživke ob reki Dravi.** 303

Matjaž Bedjanič, Ali Šalamun, Damjan Vinko: **O kačjih pasirjih reke Drave.** 311

Aja Zamolo, Nino Kirbiš, Melita Vamberger: **Skrivno življenje plazilcev ob reki Dravi.** 322

Tatjana Gregorc: **Vidra in bober, skrivnostna prebivalca reke Drave in njenih pritokov.** 332

Primož Presetnik, Monika Podgorelec, Jasmina Kotnik: **Kaj vemo o netopirjih v posebnem ohranitvenem območju Drava?** 344

Luka Božič: **Ptice reke Drave.** 352

Mitja Kaligarič: **Travišča in mokrišča.** 365

Sonja Škornik, Nataša Pipenbaher: **Rastlinstvo dravskih prodišč.** 372

Mateja Cojzer, Andreja Senegačnik: **Obdravski gozdovi in z njimi povezana naravovarstveno pomembna območja med Mariborom in Središčem ob Dravi.** 380

Gregor Božič: **Pomembna vloga gozdov pri ohranjanju ugodnega stanja obvodnih ekosistemov.** 388

Stane Klemenčič: **Kmetijska krajina.** 394

Sašo Šantl: **Dravsko zlato – izvor in zgodovina izpiranja.** 399

Srečko Štajnbaher: **Gradovi in dvorci ob reki Dravi.** 413

Igor Žiberna: **Svetlobna onesnaženost na območju slovenskega Podravja.** 422

Amadej Šenk: **Ali je Chat-GPT bolj empatičen od zdravnika?** (Medicina in umetna inteligenca.) 455

Metka Vrečko, Janja Trček: **Vloga oacetnokislinskih bakterij v medonosni čebeli.** (Mikrobiologija.) 462

Ema Kemperle: **Zavod za gradbeništvo Slovenije sodeloval pri pripravi modela jamskega hroščka.** (Muzejstvo.) 473

Polona Strgar, Peter Strgar: **Novo nahajališče Janezove in Widderjeve murke (*Nigritella archiducis-joannis*, *N. widderi*) na Kredi nad Dednim poljem v Fužinskih planinah.** (Botanika.) 476

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

Letno kazalo
Tomaž Sajovic 467

Nagrajenci
Damjana Rozman: **Prof. dr. Radovan Komel, zaslužni profesor Univerze v Ljubljani in Zoisov nagrajenec za življenjsko delo.** 240

Naše nebo

Mirko Kokole: **Nebesne smeti.** 45

Mirko Kokole: **Vesoljski teleskop Jamesa Webba in zgodnje galaksije.** 140

Mirko Kokole: **Astronomi uspešno napovedali superbolid.** 193

Mirko Kokole: **Znanstveniki potrdili obstoj predbiotskih molekul na asteroidu Rjugu.** 244

Mirko Kokole: **Kako so nastali Geminidi.** 489

Nobelove nagrade za leto 2022

Radovan Komel: **Izginuli predniki in razvoj človeka. Nobelova nagrada za medicino oziroma fiziologijo (prvi del).** 152

Radovan Komel: **Izginuli predniki in razvoj človeka. Nobelova nagrada za medicino oziroma fiziologijo (nadaljevanje in konec).** 203

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

Martin Čopič: **Nobelova nagrada za fiziko za leto 2022.** (Nobelove nagrade za leto 2022.) 451

Pogovori

Jana Vidic: **Pogovor s Stane-
tom Peterlinom - začetnikom poklicnega naravovarstva v Sloveniji.** (Pogovori.) 183

V spomin

Igor Dakskobler: **Dobri vili izpod Karavank v slovo. Dr. Nada Praprotnik (25. maja 1951 - 20. maja 2023).** 483

Mihael J. Toman: **Prof. dr. Borisu Sketu v spomin.** 486

Prevodi

Andreja Šalamon Verbič **3, 51, 147, 199, 432, 447**

Uvodnik

Tomaž Sajovic **4, 53, 148, 200, 448**

Kazalo avtoric in avtorjev

Alen Albreht **13**
Matjaž Bedjanič **311**
Dominik Bombek **254**
Gregor Božič **388**
Luka Božič **352**
Anton Brancelj **78**
Mateja Cojzer **380**
Martin Čopič **451**
Jaka Črtalič **223**
Igor Dakskobler **98, 483**
Marina Dermastia **68**
Martin Gaberšek **288**
Martin Gazvoda **158**
Mateja Gosar **288**

Marijan Govedič **293**
Tajda Gredar **93**
Tatjana Gregorc **332**
Andrej Grmovšek **254**
Uroš Herlec **282**
Zhonghe Hou **56**
Pavel Jamnik **112, 174**
Miha Jeršek **282**
Smiljan Juvan **263**
Stanislav Južnič **26**
Mitja Kaligarič **365**
Ema Kemperle **473**
Nino Kirbiš **322**
Stane Klemenčič **394**
Mirko Kokole **45, 140, 193, 244, 489**
Radovan Komel **152, 203, 191**
Janez Košmrlj **158**
Jasmina Kotnik **344**
Miha Kračun **263**
Matija Križnar **125, 135, 174**
Žan Kuralt **223**
Jurij Kurillo **39**
Aleksandra Lešnik **303**
Tijana Mičić **263**
Marija Nabernik **232**
Anja Nagode **20**
Katerina Naumoska **13**
Matevž Novak **211**
Nadja Osojnik **303**
Nataša Pipenbaher **372**
Monika Podgorelec **344**
Hubert Potočnik **223**

Primož Presetnik **344**
Mateja Rakuša **89**
Damjana Rozman **240**
Tomaž Sajovic **4, 53, 148, 200, 448, 467**
Andreja Senegačnik **380**
Boris Sket **56**
Peter Strgar **476**
Polona Strgar **476**
Andreja Šalamon Verbič **3, 51, 147, 199, 432, 447**
Ali Šalamun **311**
Sašo Šantl **399**
Amadej Šenk **455**
Tina Škorjanc **6**
Sonja Škornik **372**
Srečko Štajnbaher **413**
Mihael J. Toman **486**
Janja Trček **462**
Melita Vamberger **322**
Simon Veberič **254**
Elvica Velikonja **165**
Jana Vidic **183**
Damjan Vinko **311**
Metka Vrečko **462**
Aja Zamolo **322**
Jurij Zupanc **135**
Igor Žiberna **272, 422**

Proteus

Izbaja od leta 1933

Mesečnik za poljudno naravoslovje

Izdajatelj in založnik:

Priradoslovno društvo Slovenije

<http://www.proteus.si>

priradoslovno.drustvo@gmail.com

© Priradoslovno društvo Slovenije, 2022.

Vse pravice pridržane.

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

Odgovorni urednik:

prof. dr. Radovan Komel

Glavni urednik: dr. Tomaž Sajovic

Uredniški odbor:

Sebastjan Kovač

prof. dr. Milan Brumen

dr. Igor Dakskobler

asist. dr. Andrej Godec

akad. prof. dr. Matija Gogala

dr. Matevž Novak

prof. dr. Gorazd Planinšič

prof. dr. Mihael Jožef Toman

prof. dr. Zvonka Zupanič Slavec

dr. Petra Draškovič Pelc

Lektor: dr. Tomaž Sajovic

Oblikovanje: Eda Pavotetič

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



Slika 4: Razvijajoče se ličinke medonosnih čebel. Vir: www.ajudaily.com/view/20200709134647879.

sistema, kot je prej omenjeni filotip alfa 2.1. Kombinacija raznolikih okoljskih dejavnikov, skupaj z omenjenimi genetskimi spremembami, je najverjetneje bistveno pripomogla k evoluciji njihove črevesne mikro-

biote. Ta je vodila v znotrajkasto raznolikost in s tem v delitev dela, kar je omogočilo učinkovito medsebojno sodelovanje med člani kolonije medonosnih čebel (Copeland s sod., 2022).

Slika 5: Medonosna čebela (*Apis mellifera* L.). Vir: <https://observation.org/species/1753/>.



Slovarček:**Cikel trikarboksilnih kislin (cikel TCA).**

Veriga reakcij, s katerimi lahko celice sprosti shranjeno kemično energijo z oksidacijo acetil koencima A (acetil CoA) iz ogljikovih hidratov, beljakovin in maščob. Pri prokariotih ta poteka v citoplazmi.

Filogenetska klada. Skupina organizmov, ki obsega skupnega prednika in vse njegove potomce.

Filotipi. V bakterijski taksonomiji filotip določa skupino organizmov, katerih nukleotidna zaporedja genov za 16S rRNA so si podobna vsaj v 98,7 odstotka.

Končni prejemnik (akceptor) elektronov dihalne verige. Molekula, ki sprejme elektrone na koncu dihalne verige.

Ozmozoleranca. Sposobnost mikroorganizma, da preživi in raste v okolju z visoko ozmotsko koncentracijo, kjer so soli, sladkorji ali druge snovi raztopljene v visokih koncentracijah.

Restriksijsko-modifikacijski sistemi. Del obrambnega sistema bakterij, ki celico varujejo pred vdori tuje (virusne, tuje bakterijske) DNA.

Terminalne oksidaze. Encimi, ki prenesejo elektrone h končnemu prejemniku (akceptorju) dihalne verige.

Ubikinon. Ena izmed proteinskih sestavin dihalne verige.

Literatura:

- Bonilla-Rosso, G., Paredes Juan, C., Das, S., Ellegaard, K. M., Emery, O., Garcia-Garcera, M., Glover, N., Hadadi, N., van der Meer, J. R., SAGE class 2017-18, Tagini, F., Engel, P., 2019: *Acetobacteraceae in the honey bee gut comprise two distant clades with diverging metabolism and ecological niches*. *bioRxiv* 861260.
- Copeland, D. C., Anderson, K. E., Mott, B. M., 2022: *Early Queen Development in Honey Bees: Social Context and Queen Breeder Source Affect Gut Microbiota and Associated Metabolism*. *Microbiology spectrum*, 10 (4): e0038322.
- Corby-Harris, V., Snyder, L., Schwan, M., Maes, P., McFrederick, Q., Anderson, K., 2014: *Origin and Effect of Alpha 2.2 Acetobacteraceae in Honey Bee Larvae and Description of Parasaccharibacter apium gen. nov., sp. nov.* *Applied And Environmental Microbiology*, 80 (24): 7460-7472.
- Härer, L., Hilgarth, M., Ehrmann, M. A., 2022: *Comparative Genomics of Acetic Acid Bacteria within the Genus Bombella in Light of Beehive Habitat Adaptation*. *Microorganisms*, 10 (5): 1058.
- Parish, A. J., Rice, D. W., Tanquary, V. M., s sod., 2022: *Honey bee symbiont buffers larvae against nutritional stress and supplements lysine*. *ISME Journal*, 16: 2160-2168.
- Smith, E., Newton, I., 2020: *Genomic Signatures of Honey Bee Association in an Acetic Acid Symbiont*. *Genome Biology And Evolution*, 12 (10): 1882-1894.
- Yun, J., Lee, J., Hyun, D., Jung, M., Bae, J., 2017: *Bombella apis sp. nov., an acetic acid bacterium isolated from the midgut of a honey bee*. *International Journal Of Systematic And Evolutionary Microbiology*, 67 (7): 2184-2188.

Metka Vrečko je med študijem biologije na Univerzi v Mariboru razvila posebno zanimanje in veselje do mikrobiologije in raziskovanja prostim očem nevidnega sveta mikroorganizmov. Meni, da ta veja bioloških znanosti pomeni most med človekom in naravo, saj nam s sodobnimi raziskavami razkriva mnoge zapletene povezave med mikroorganizmi in okoljem ter nas uči, kako ohranjati ravnovesje na našem planetu. Pod mentorstvom prof. dr. Janje Trček je pripravila svojo zaključno nalogo s področja mikrobiote medonosnih čebel. To ji je omogočilo, da je poglobila svoje razumevanje mikrobioloških interakcij in njihovega prispevka k naravni biotski pestrosti kot tudi njihovega pomena za človeka. Svojo študijsko in s tem raziskovalno pot bo v prihodnjem študijskem letu nadaljevala na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani in se že veseli novih priložnosti za še globlje raziskovanje celičnega in molekularnega sveta.



Vrši, 2021.

Zavod za gradbeništvo Slovenije sodeloval pri pripravi modela jamskega hroščka

Ema Kemperle

Ekipo raziskovalcev Zavoda za gradbeništvo Slovenije je sodelovala s Prirodoslovnim muzejem Slovenije pri nastanku modela hroščka drobnovratnika (slika 1). Jamski hrošček (*Lepidodirus hochenwartii*) je prva opisana jamska žuželka na svetu (slika 2), najdena leta 1831 v Postojnski jami. Modelu je za osnovo služil resnični jamski hrošček, ki je bil slikan tridimenzionalno z rentgenskim računalniškim mikrotomografom (slika 3).

Visokotehnološka oprema na Zavodu za gradbeništvo Slovenije omogoča analizo najmanjših podrobnosti zunanosti in notranjosti živali - vse do mikronske ločljivosti -, kar je za takšne analize ključno. Dolžina izvirnega primerka drobnovratnika je od konice tipalnice do krempljca zadnje noge merila le trinajst milimetrov. Na podlagi računalniškega tridimenzionalnega digitalne-

ga modela (slika 4), ki ga je pripravil Zavod za gradbeništvo Slovenije, je Matic Kajzar iz podjetja MA-3D Design iz akrilnitril stiren akrilata (ASA) natisnil izjemno povečani fizični model, ki meri dva metra in je morfološko izjemno podoben resničnemu hroščku, saj so izdelane vse podrobnosti in je pobarvan v izvorni barvi.



Slika 1: Fizični model jamskega hroščka drobnovratnika. Foto: Tomi Trilar, Prirodoslovni muzej Slovenije.



Slika 2: Hroščka drobnovratnika (*Leptodirus hochenwartii*) iz Schmidtove entomološke zbirke Prirodoslovnega muzeja Slovenije, po katerih je bila opisana vrsta. Foto: Tomi Trilar, Prirodoslovni muzej Slovenije.

Slika 3: Rentgenski računalniški mikrotomograf. Foto: Lidija Korat, Zavod za gradbeništvo Slovenije.



Slika 4: Digitalni model jamskega broščka drobnovratnika. Foto: Lidija Korat, Zavod za gradbeništvo Slovenije.

Model je del stalne razstave v Prirodoslovnem muzeju Slovenije (slika 5).

Viri:
<http://www1.pms-lj.si/animalia/galerija.php?load=1373>.
<https://www.zag.si/organizacijske-enote/oddelek-za-materiale/laboratorij-za-kovine-korozijo-in-protikorozijsko-zascito/sistem-za-mikrotomografijo-microxct400-z-okoljsko-komoro/>.



Slika 5: Fizični model jamskega broščka drobnovratnika na stalni razstavi v Prirodoslovnem muzeju Slovenije. Foto: Tomi Trilar, Prirodoslovni muzej Slovenije.

Novo nahajališče Janezove in Widderjeve murke (*Nigritella archiducis-joannis*, *N. widderi*) na Kredi nad Dednim poljem v Fužinskih planinah

Polona Strgar, Peter Strgar

Prva polovica julija je v gorah zelo bogata s cvetjem. Ob takem času pogosto obišče Ograde, leta 2023 pa sva izbrala Slatno in Kredo, lahko dostopna travnata vrhova nad Planino Dedno polje v Fužinskih planinah. Malo pred vrhom Krede sva našla zelo redko Janezovo murko (*Nigritella archiducis-joannis*), naprej pa še množico Widderjevih murk (*Nigritella widderi*).

S planine Blato začneva zgodaj in kmalu sva pred Dednim poljem. Tam, ob poti, uspeva kipeči kamnokreč (*Saxifraga adscendens*). V Bohinju ima razmeroma malo nahajališč. Letos je bil še posebno košat.

S planine nadaljujema po poti za Kopico. Po prvem vzponu se odcepi dobro vidna neoz-

Pot na Kredo, pogled nazaj proti Slatni.
Foto: Peter Strgar.



načena pot na sedlo med Prvim Voglom in Slatno. Na sedlu se odprejo lepi razgledi in odločiva se za malico na manjši vzpetinici. Teren je pravi za alpsko cepetuljko (*Chamorchis alpina*), zato se potrudiva in jo poišče med bilkami čvrstega šašja (*Caricetum firmae* s. lat.). Že odrasle rastlinice je težko najti, mlade pa komaj opazimo. Vesela sva, ko eno le najdeva.

S sedla nadaljujema na Slatno. Na vrhu je pravi pašnik, poln plahtice, regrata, kopriv in trav.

S Slatne proti Kredi trava ni več tako bujna. Kmalu zagledava posamezne dvobarvne murke (*Nigritella miniata* s. lat., *Nigritella bicolor*), ki sva jih tudi pričakovala, saj so v Bohinjskih gorah dokaj pogoste.

Proti Kredi se spustiva skozi manjšo grapo, uhojena potka se potem nekoliko približa

grebenu in poteka pod pasom rušja. Prav tam presenečeno zagledava murko, za katero takoj pomisliva, da je to Janezova murka (*Nigritella archiducis-joannis*). Prepriča naju predvsem enobarvno socvetje, pa tudi, da je rastla v precej gosti travi. Janezove murke sva prvič videla leta 2014 v Dolini Triglavskih jezer, kjer jih je prvi fotografiral Florijan Poljšak leta 2004. To nahajališče smo večkrat pregledovali in fotografirali, zadnjič leta 2022, zato jo dovolj dobro poznavata. Ta, ki sva jo našla na Kredi, se nama je zdela zelo podobna tistim pri Jezerih.

Navdušeno nadaljujema proti vrhu Krede, ki je čisto blizu. Da bi našla še kakšno redko murko, hodiva »po svoje« po pobočju proti vrhu in kmalu opaziva vedno več murk. Tokrat so to Widderjeve murke (*Nigritella widderi*). Od Janezove murke se razlikuje-

Pogled na Kredo s Slatne. Foto: Peter Strgar.



jo predvsem po barvi socvetja. Cvetovi so v spodnjem delu socvetja svetlejši, zelo svetlo rožnati, v zgornjem delu pa temnejše rožnati. Ustaviva se pri prvih, slikava, a jih je kasneje še več in več. Začneva jih šteti,

a se pri petdeset ustaviva. Oceniva, da jih je vsaj sto. Uspevajo malo pod vrhom, na nadmorski višini okoli 2.000 metrov, predvsem tam, kjer travna ruša ni tako gosta in globoka, ampak je teren bolj kamnit. Prese-

neti naju številčnost, saj je zlahka možno v objektiv ujeti tudi štiri murke hkrati. Vmes cvetijo tudi rdeče oziroma dvobarvne murke. Widderjeve murke sva že večkrat videla, redko pa v tako velikem številu. Leta 2015

sva Polona Strgar in Branko Zupan uživala v številnih Widderjevih murkah na Toscu, leta 2016 pa sta med Velikim Draškim vrhom in Toscem množično nahajališče našla Peter Strgar in Branko Zupan. Peter Strgar



*Štiri Widderjeve murke
(Nigritella widderi) pod Kredu.
Foto: Peter Strgar.*

je svojo prvo Widderjevo murko fotografiral na Plaskem Voglu leta 2010, vendar je takrat še ni znal določiti, saj v Sloveniji še ni bila znana. Da je res Widderjeva, je potrdil Igor Dakskobler leta 2012.

O najdbi sva navdušena poročala prijatelje-ma Igorju Dakskoblerju in Branku Zupanu. Čez deset dni sta šla preverit nahajališče, a Janezove in Widderjeve murke nista

več opazila. Huda vročina, potem pa huda neurja so verjetno povzročila, da so hitro odcvetele. Po prvi fotografiji (slika spodaj) se najina določitev prijateljem ni zdela zanesljiva, saj na njej enobarvnost socvetja ni tako očitna. Najdbo Janezove murke so po drugi fotografiji na naslednji strani potrdili Branko Dolinar, Florijan Poljšak in Igor Dakskobler.

Janezova murka (Nigritella archiducis-joannis) pod Kredu. Foto: Peter Strgar.



Rastišče Widderjevih murk pod Kredu, v ozadju dvobarvne murke. Foto: Polona Strgar.



Janezova murka (*Nigritella archiducis-joannis*) pod Kredo. Foto: Polona Strgar.

verjetno hitreje odcveti in jo zato najbrž večkrat spregledamo. Mnogokrat v gorah naletimo na že zelo »zrele«, razpotegnjene in še dišeče in razpoznavne Rhellikanove murke, svetlejšje in prej cvetočje vrste murk pa ne opazimo več.

Janezova murka je v Sloveniji zelo redka, z do zdaj znanimi zanesljivimi nahajališči le v Dolini Triglavskih jezer in pod Viševnikom, in zato naju novo nahajališče res veseli. Upava, da jo bomo lahko drugo leto ali v naslednjih letih pod Kredo še našli.

Literatura:

Blažič, B., 2017: *Taksonomsko-morfološka analiza murk (Nigritella spp.) v Sloveniji*. Magistrsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 115 str.
Dakskobler, I., Dolinar, B., Zupan, B., Iskra, R., Strgar, P., Trnkoczy, A., 2012: *Nigritella widderi* Teppner & E. Klein, a new species in the flora of Slovenia. *Folia biologica et geologica*, 53 (1–2): 25–43.

Dakskobler, I., Dolinar, B., Zupan, B., Poljšak, F., Strgar, P., 2015: *Fitocenološka oznaka rastišč vrste Nigritella archiducis-joannis v dolini Triglavskih jezer (Julijske Alpe, Slovenija)*. *Folia biologica et geologica*, 56 (1): 105–114.

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

Strgar, P., Zupan, B., 2015: *Zgodnjeoletni botanični izlet na Tosc med murke*. *Proteus*, 78 (3): 126–127.

Widderjeva murka je v Triglavskem pogorju razmeroma pogosta. Kredi najbližja nahajališča so na Lazovškem prevalu in v zgornjem delu Doline Triglavskih jezer, a jo je vendarle težko opaziti, saj jo lahko zanesljivo prepoznamo le v času cvetenja. V primerjavi z rdečo oziroma dvobarvno in zlasti temnejšo Rhellikanovo murko (*Nigritella rhellicani*)

Dobri vili izpod Karavank v slovo

Dr. Nada Praprotnik (25. maja 1951 – 20. maja 2023)

Igor Dakskobler

Pokojno Nado in vrednost njenega obsežnega botaničnega dela sem spoznaval počasi in postopno, njen vpliv na moje delo pa je bil vedno koristen in blagodejen, zato je zame bila dobra vila izpod Karavank.

Najprej je to bila gospa s piškoti, ki je okoli novega leta prihajala na Biološki inštitut Znanstvenoraziskovalnega centra Slovenske akademije znanosti in umetnosti, ki sem se mu priključil konec osemdesetih let prejšnjega stoletja. Domače piškote je prinesla svojemu profesorju Ernestu Mayerju, tudi mojima mentorjema in učiteljema Mitji Zupančiču in Branku Vrešu. Ker sem bil takrat zelo radoveden in sem zbiral starejšo botanično literaturo, je postala tudi ona, sodelavka Prirodoslovnega muzeja, ena izmed tistih, ki sem jih prosil za tovrstno pomoč. Od nje sem dobil tudi dragoceno gradivo o slovenskih imenih rastlin. Poleg tega je prav v tistih letih napisala svojo disertacijo o ilirskih rastlinah v Sloveniji. Nalogo je razmnožila in s pridom sem jo uporabljal in tudi navajal v svojih prvih člankih.

Nada Praprotnik v alpskem botaničnem vrtu Juliana v Trenti. Foto: Ciril Mlinar.



Nekajkrat sva se slučajno srečala na železniški postaji v Ljubljani in se skupaj peljala proti Jesenicam. Vožnja je minila hitro, prijetno sva klepetala, saj sva imela veliko skupnih botaničnih zanimanj, poleg tega sva ugotovila, da sva hodila na isto gimnazijo in imela kar nekaj skupnih profesorjev.

Rad sem prebiral ne samo njene poglobljene znanstvene razprave s floristično, taksonomsko ali zgodovinsko vsebino, temveč tudi njene skrbno napisane poljudne članke, tako v *Proteusu* (v naši reviji je sama ali s soavtorji objavila petinpetdeset prispevkov, prvega leta 1976, zadnjega leta 2021), *Planinskem vestniku* ali reviji *Gea*. V slednji je objavljala krajše zapise o izbranih rastlinah, pri katerih je pogosto dodala kakšna nova nahajališča, ob katerih sem navadno zastrigel z ušesi in jo spraševal za podrobnosti. Sodelovala sva pri reviji *Hladnikia*, kjer je bila nekaj časa tudi urednica, prav v obdobju, ko je reviji najbolj primanjkovalo član- kov. Meni in mojemu inštitutu je pomagala pri pisanju poročila in pozneje knjige o evropsko varstveno pomembnih rastlinah v Sloveniji, še posebej pri podatkih o Zoisovi zvončici (*Campanula zoysii*) in alpski možini (*Eryngium alpinum*), sam pa sem ji nekoliko pomagal, ko je pisala monografijo o Blagajevem volčinu (*Daphne blagayana*).

Oba naju je zelo prizadela prezgodnja smrt profesorja Toneta Wraberja, saj sva ga imela za svojega mentorja in učitelja, še posebej glede visokogorskih rastlin in združb. Po njegovi smrti je Nada v marsičem prevzela njegovo vlogo. Ni se otepala poljudnega pisanja niti stikov z javnostjo, nastopov v medijih. Na skupnih terenih skoraj nisva bila, spomnim se le zadnjega. Nada je sodelovala v televizijski oddaji o alpskih rastlinah in zaprosila me je, naj njej in ustvarjalcem te oddaje pokažem nahajališča paradiževke (*Paradisea liliastrum*) nad Drežniškimi Ravnami. Na ta dan imam malo spominov, predvsem neprijetnega, ko sem televizijsko ekipo čakal več ur. Nada je takrat že imela resne težave z dihalci in le z močno voljo

je še zmogla pot do nahajališča redke rože. Ona je bila veliko bolj potrpežljiva od mene, pa tudi zelo hvaležna, da sem ji to nahajališče pokazal. Te televizijske oddaje nisem nikoli videl, pač pa dokumentarni film, ki je predstavil Nado kot botaničarko. Bil mi je všeč in sem bil ponosen nanjo, ker je tako lepo predstavila naše delo.

Pri gornjskih prijateljih sem spoznal, kako je spoštovana v planinskih krogih, saj je med njimi delovala ne samo kot sotrudnica *Planinskega vestnika*, ampak tudi kot mentorica varuhov narave (gorske straže) in avtorica poljudnih knjig o gorskih rožah (klasična med njimi je na primer *Rastlinstvo na stezah ovčarja Marka*).

Nenadna upokojitev konec leta 2013 (zaradi takratne krize in z njo povezanih zakonov) jo je zelo prizadela, toda zavetje je našla v Botaničnem vrtu v Ljubljani in v letih po upokojitvi sama ali skupaj z Jožetom Bavconom in Blanko Ravnjak napisala in (ali) uredila več tehtnih knjig, ki so obravnavale osebnosti iz zgodovine botanike, a tudi druge teme, med drugim etnološke (le o eni od njih smo v *Proteusu* tudi pisali, v deseti številki 82. letnika).

Sam sem pri delovanju v Tolminu imel pri svojem delu vsaj tri zveste podporne skupine – eno v Idriji, drugo v Bohinju in tretjo v Trenti. Ko smo pisali brošure in knjige o rastlinah v Bohinju, sem ocenil, da nekaterim temam nisem kos in sem za pomoč prosil tudi Nado. Takoj se je odzvala in njena besedila so bila odlična, takšna, ki jih sam ne znam napisati. Moji bohinjski prijatelji so to opazili in jih zelo pohvalili.

V Idriji smo pripravljali članek o tamkajšnjem Scopolijevem vrtu. Spet sem bil pred enako zadrego in ponovno sem prosil Nado. Idrijske botaničarke so ugotovile enako kot bohinjske, Nada zna napisati primerne predstavitev rastlin in tudi po njeni zaslugi je članek bil dobro sprejet (glej sedmo številko 83. letnika *Proteusa*). Sicer je imela Nada že prej v naših botaničnih Atenah ugled zaradi svojih predavanj in člankov v *Idrijskih razgledih*.

Nada Praprotnik pri delu v Prirodoslovnem muzeju Slovenije. Foto: Ciril Mlinar.

Gotovo pa je bila Nada najbolj povezana s Trento in njenim botaničnim vrtom Juliana, katerega dolgoletna skrbnica je bila. Vrtu je posvetila več izdaj vodnika, tudi film, po vrtu je vodila šolarje, mladino in odrasle. Prijateljsko je bila povezana z družino Tožbar oziroma Završnik, še posebej z vrtnarjema, pokojnim Jožetom in Marijo Završnik. Morda mi je včasih rekla kakšno opombo o Trentarjih kot o posebnih ljudeh in morda so mi tudi Trentarji kdaj potožili, da Nada pride še premalokrat v Trento. Toda vez med Marijo in Nado je bila tesna, saj mi je Marija ob mojem zadnjem obisku v Trenti, konec aprila leta 2023, omenila, kako sta se dolgo pogovarjali z Nado po telefonu.

Hvaležen sem vodstvu Botaničnega društva Slovenije, da je Nado leta 2018 imenovalo za častno članico, in Špeli Pungaršek, Nadini naslednici v Prirodoslovnem muzeju, da je skrbno pripravila Nadin življenjepis in bibliografijo ob njeni sedemdesetletnici (Pungaršek in sodelavca, 2022). Oboje je Nadi ob njenih vedno hujskih zdravstvenih težavah veliko pomenilo. V navezi s Špelo, Jožetom Bavconom in Blanko Ravnjak je še lahko sledila pripravam na bližajoče dogodke ob tristoletnici rojstva Janeza Antona Scopolija, čigar botanično delovanje na Slovenskem je zelo dobro poznala. V monografiji, posvečeni tej obletnici, ki je izšla le nekaj tednov po njeni smrti, je soavtorica obsežnega članka o Scopolijevem botaničnem delovanju na tedanjem Kranjskem (Praprotnik in sodelavca, 2023).



Nada je dočakala prav toliko let kot Tone Wraber. Odšla je prezgodaj, a nam je zapustila izjemno bogato in vsestransko dediščino. Preučevalka zgodovine botanike je zdaj sama odšla v to zgodovino kot ena izmed najbolj izstopajočih osebnosti v botaničnem delovanju na Slovenskem v zadnji četrtini dvajsetega in prvi četrtini enaindvajsetega stoletja. Zelo jo bomo pogrešali, a obenem smo ji za vse njeno delo in predanost naši vedi iskreno in globoko hvaležni.

Literatura:

- Praprotnik, N., 2015: *Rastlinstvo na stezah ovčarja Marka. Sprehodi med rastlinami v osrčju Karavank. Žirovnica: Medium Žirovnica in Planinsko društvo Žirovnica, 101 str.*
- Praprotnik, N., Ravnjak, B., Bavcon, J., 2023: *Botanično delovanje I. A. Scopolija na Kranjskem. V: Bavcon, J., Ravnjak, B., (ur.): Ioannes Antonius Scopoli polihistor v deželi Kranjski. Ioannes Antonius Scopoli a polymath in Land of Carniola, Ljubljana: Botanični vrt Univerze v Ljubljani, 62–147.*
- Pungaršek, Š., Bavcon, J., Dakskobler I., 2022: *Bibliografija dr. Nade Praprotnik (ob njeni 70-letnici). Hladnikia, 50: 3–46.*

Prof. dr. Borisu Sketu v spomin

Mihael J. Toman



Letošnjega maja je odšel redni profesor Oddelka za biologijo, biolog z veliko začetnico in do konca življenja neumorni raziskovalec različnih skupin nevretenčarjev, pionir raziskovanja podzemnega sveta in življenja v njem ne le doma, ampak tudi po svetu. Spoznal sem ga

v zgodnjih sedemdesetih letih kot študent biologije in tako kot večina študentov imel veliko strahospoštovanje do bradatega profesorja, ki je po hodnikih Filozofske fakultete hodil v beli halji s coklami na nogah. Halja in cokle so ostale v majhnem kabinetu na Oddelku za biologijo, kamor je prihajal zadnja leta vsak dan, natrpanem s članki iz znanstvenih revij, rokopisi, knjigami in številnimi vzorci njemu ljubih jamskih živali in rakov, ki jih je še zadnje mesece pred odhodom pregledoval, raziskoval in o njih pisal. Zadnji članek je objavil v eni izmed letošnjih števil *Proteusa*. Njegova upokojitev leta 2014 je bila le formalna, fakultete nikoli ni v resnici zapustil, ostala mu je raziskovalni dom od jutra do večera. Na majhni mizici je bilo prostora le za prenosni računalnik, ki ga je zaprl le takrat, ko si je na njem privoščil malico sredi delovnega dne.

Točno ob deseti uri je prišel v skupni prostor, kjer smo kuhali kavo, sedela sva skupaj, kot so rekli sodelavci starejša profesorja, klepetala o vsem mogočem, največkrat pa o današnjem svetu okoljskih sprememb, negotovi prihodnosti, nerazumevanju človekovega vpliva na naravo. Njegova znamenita in vsem znana besedna zveza »pošlušajte, kolega« je vedno pomenila, da bo povedal nekaj tehtnega. Veliko smo se smejali in vesel sem, da sem Borisa spoznal tudi s te strani, ne le kot zahtevnega profesorja, ki je skoraj vsakega študenta pred izpitom prestrašil z vsem poznano škatlo z listki, na katerih so bila vprašanja iz zoologije nevretenčarjev.

*Boris Sket v Postojnski jami (2020). Arne Hodalič je diplomirani biolog in je bil tudi Sketov študent.
Foto: Arne Hodalič, Katja Bidovec.*



Foto: Primož Jakopin. Licenca: CC BY-SA 4.0;
URL: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=80127213>.

prepoznal »nove« vrste in jih sam ali s kolegi podrobneje opisal in poimenoval. Skriti svet intersticijske favne, živali v prodiščih med delci peska, so bile njegova velika strast. Raziskoval je spužve, polže in školjke skupaj s sodelavcem Francetom Velkavrhom, pijavke, različne skupine rakov, pa tudi ribe in skrivnostno človeško ribico. Tako je srečal za znanost neznano črno človeško ribico, ki jo je poimenoval *parkelj*, saj ti živijo v temnem, črnem podzemlju.

Organizme je skušal razumeti tako v ekološkem kot prostorsko-časovnem oziru. Med prvimi je jasno opozarjal, da se onesnažila s kopna in površinskih voda širijo v podzemne vode, zelo hitro predvsem na Krasu. Skupaj z onesnažili se v podzemna okolja širijo površinski živalski tekmeci in po

njegovem razumevanju je podzemna favna povsod vse bolj ogrožena. To zavedanje je še danes premalo poudarjano.

Ko še nihče ni govoril o pomenu biodiverzitete, ko omenjena beseda še ni bila mantra mnogih politikov, kaj šele naslovna beseda enega od študijev, je profesor Sket sledil raziskavam na področju biodiverzitete in prepoznal pomen molekularnih raziskav tudi na speleobiološkem področju. Zapisal je, da je Dinarski kras svetovna »vroča točka«. Taksonomija je bila njegova velika ljubezen in opisal in poimenoval je več kot sto za znanost novih vrst, rodov in družin, med njimi mnoge rake in pijavke, ki so dobili imena njegovih znancev, kolegov in prijateljev. Tudi njegovo ime nosi približno štiri-deset vrst in rodov različnih živalskih vrst in rodov.

Zadnjo kavo smo skupaj spili konec novembra, januarja pa je še spraševal po nekem izgubljenem paketu bioloških vzorcev, ki jih je pričakoval. Od takrat se nismo več ne videli ne slišali, močno utrujen je počakal na odhod, na svojo zadnjo pot.

Profesor Sket je bil eden od zadnjih vsestransko razgledanih naravoslovcev, ki mu nista bili tuja ne botanika ne zoologija, četudi je bila slednja njegova velika ljubezen. Zadnja leta sva se veliko pogovarjala o ekologiji in varstvu okolja. Njegova največja raziskovalna strast je bilo podzemno živalstvo, bil je pionir speleobioloških raziskav. Že v petdesetih letih je z improvizirano opremo veliko tvegaval pri raziskovanju jam. V najbolj skritih kottiških podzemnega sveta je, kot je rad dejal, iz »firbca« iskal za znanost nepoznane živali. Izjemno taksonomsko znanje mu je omogočilo, da je hitro

Dobro se je zavedal, da se uspešni pedagog ter vrhunski znanstvenik in raziskovalec ne sme zapirati v svoj kabinet in laboratorij, ampak mora po svojih močeh prispevati k delu fakultete in univerze ter družbi kot taki. Sprejel je delo dekana, dvakrat tudi prodekana Biotehniške fakultete, leta 1989 pa je bil izvoljen za rektorja Univerze v Ljubljani. Strokovne pomisleke in družbeno-kritične razprave je objavljaval v časopisih, v tako imenovanih pismih bralcev, in pogosto sprožil tudi neprijazne odzive. Ko sem sam prevzel vlogo dekana in ob kavi pogosto potožil o nemoči pri vodenju in administrativnem delu, mi je vedno dal spodbuden nasvet

in v njegovem slogu dejal, da vse mine. In velikokrat je imel prav.

Izjemno delo profesorja Sketa so prepoznali mnogi. Pred dvajsetimi leti je prejel Zoiso-vo nagrado za vrhunske znanstvene dosežke. Jamarska zveza Slovenije mu je podelila zlato plaketo z zlatim znakom za življenjsko delo. Od leta 2017 je bil redni član Slovenske akademije znanosti in umetnosti.

Boris, tvoj stol ob oknu v sobi, kjer smo skupaj pili kavo zadnja leta, je prazen. Še vedno pa se s kolegi pogovarjamo o tebi, ne pa več s teboj. Manjkajo nam tvoje hudo-mušne pripombe in, kot že povedano, tvoja nepozabna beseda »pošlušate«.

Kako so nastali Geminidi • Naše nebo

Kako so nastali Geminidi

Mirko Kokole

Utrinki ali meteorji so pri opazovalcih nočnega neba gotovo med najbolj priljubljenimi astronomskimi pojavi. Meteor nastane, ko delec snovi vstopi v Zemljino ozračje in med padcem zaradi velike hitrosti in posledično velikega trenja izgori, pri tem pa nastane kratek blisk svetlobe. Pri padcih večjih delcev so lahko bliski tudi zelo svetli in presežejo magnitudo najsvetlejših zvezd. V povprečju lahko vsako noč vidimo nekaj utrinkov na uro. Nekajkrat na leto pa lahko vidimo tudi do več kot sto utrinkov na uro. Taki utrinki prihajajo navidezno iz ene točke na nebu, ki ji pravimo radiant. Takrat pravimo, da je aktiven meteorski roj, ki ga poimenujemo po ozvezdju, v kateri se radiant nahaja. Med najbolj poznanimi meteorskimi roji so Perzeidi, Leoinidi in Geminidi, ki imajo vrhunec aktivnosti avgusta, novembra in decembra. Meteorski roji so posledica Zemljinega vstopa v tok delcev, ki je nastal ob izparevanju snovi pri vstopu kometa v bližino Sonca. Tako ima vsak meteorski roj tudi svoj starševski objekt. Perzeidi so ostanki kometa Swift-Tuttle, Leonidi kometa Temple-Tuttle, Geminidi pa so nekaj posebnega, saj so edini meteorski roj, katerih starševski objekt je asteroid.

Geminidi so pri opazovalcih meteorjev zelo priljubljeni, saj zanesljivo naredijo pravo nebesno predstavo. V zadnjih letih se povprečno število utrinkov na uro ob njihovem vrhuncu celo povečuje. Največjo aktivnost dosežejo 14. decembra. Takrat lahko vidimo tudi več kot sto utrinkov na uro.

Geminidi so razmeroma mladi meteorski roj. Prve zapise o njihovi aktivnosti najdemo šele v devetnajstem stoletju in so med meteorskimi roji posebnost. Zelo dolgo astronomi niso uspeli določiti njihovega starševskega objekta. Šele leta 1983, ko so odkrili nenavadni asteroid 3200 Faeton, je

astronom Fred Whipple predlagal, da je prav ta nenavadni asteroid starš Geminidov. 3200 Faeton je skalnati asteroid. Potuje po zelo eliptični orbiti, ki je podobna orbiti kometov. Poimenovali so ga po Faetonu, sinu Heliosa, grškega boga Sonca, saj je ob periheliju od Sonca oddaljen le 0,14 astronomske enote.

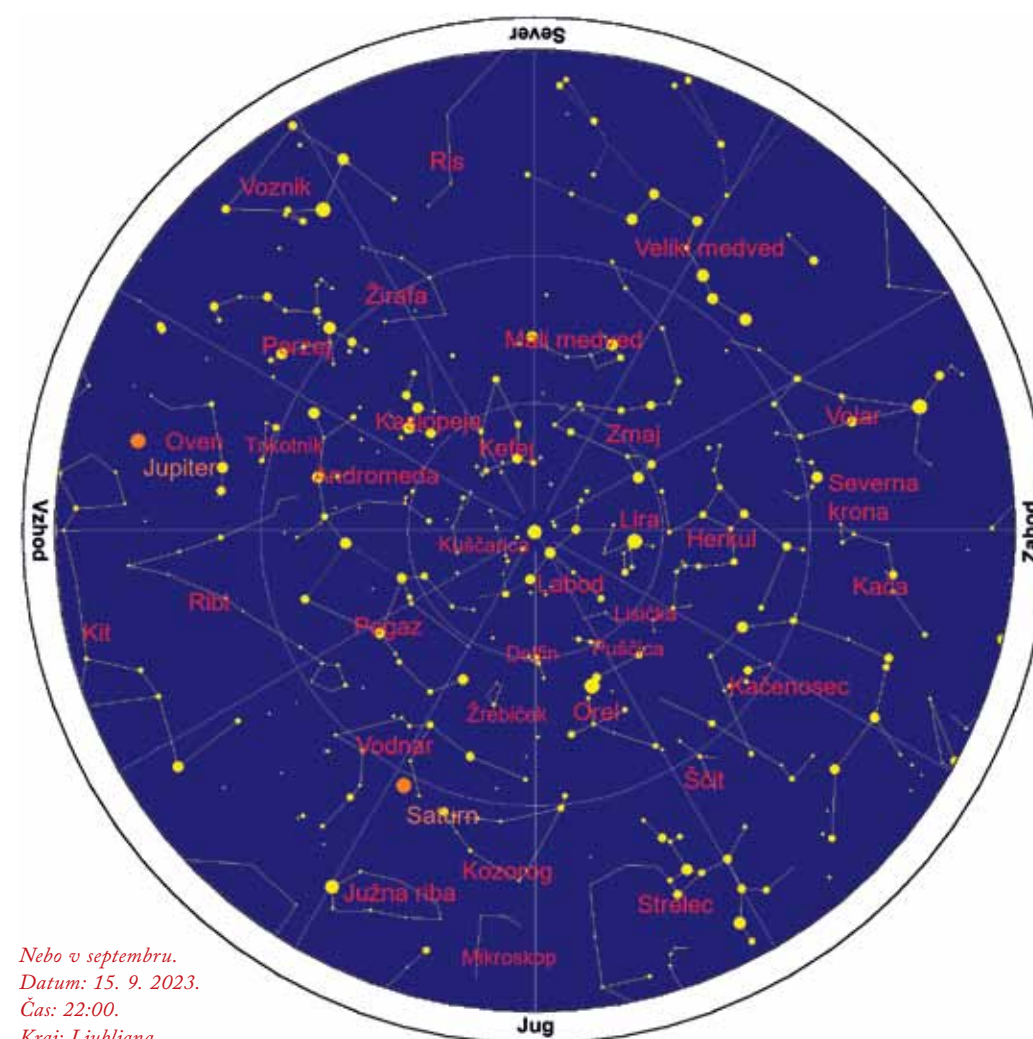
3200 Faeton je ob odkritju astronomom povzročal kar nekaj preglavic, saj ni kazal prav nobene kometne aktivnosti. Se pravi, ni izpareval snovi, tako kot se obnašajo značilni kometi. Tako so imeli astronomi težave z njegovo razvrstitvijo, saj se niso poenotili, ali je asteroid ali komet. Danes ga uvrščamo med asteroide, vendar pa je usoda njegove razvrstitve še odprta. Leta 2009 so prvič zaznali znake kometnega repa, ko je bil 3200 Faeton blizu perihelija, to je najmanjše oddaljenosti od Sonca. Prav zato nekateri astronomi danes 3200 Faeton uvrščajo v na novo nastalo kategorijo kamnitih kometov.

Leta 2020 in nato leta 2022 je 3200 Faeton prinesel še eno presenečenje, ko je vesoljska sonda Parker Solar Probe ali PSP (Parkerjeva Sončeva sonda) posnela tok prašnih delcev, ki izvirajo iz njega in so izvor meteorskega roja Geminidov. Po analizi podatkov so ugotovili, da je orbita toka delcev zamaknjena glede na orbito 3200 Faetona. To odkritje je astronome z Univerze Princeton spodbudilo k bolj natančnemu preučevanju tega toka delcev, ki so izvor Geminidov in njihovega starševskega objekta. Pri preučevanju so uporabili podatke iz Parkerjeve Sončeve sonde. Poleg fotografij, ki jih je sonda posnela, so uspeli z domiselno analizo podatkov, ki jih sonda zbira z instrumentom za merjenje električnega in magnetnega polja, izmeriti tudi gostoto delcev, ki trkajo ob sondo. Tako so, kljub temu da sonda nima detektorja prahu, izmerili lokalno gostoto delcev v območjih, kjer je sonda potovala. Parkerjeva Sončeva sonda namreč prečka tok delcev, ki so izvor Geminidov. Skupaj z izbranimi meritvami ter modeliranjem del-

cev v toku so prišli do zanimivega zaključka. Po njihovem predvidevanju so Geminidi nastali ob nekem katastrofalnem dogodku, ki je raztreščil 3200 Faeton. Ali je prišlo do trka z drugim asteroidom ali pa le do samorazpada zaradi prevelike sredobežne sile, kot to predvideva ameriški astronom David Jewitt, sedaj še ne moremo zagotovo reči. Nedvomno bomo več vedeli, ko bo japonska sonda DESTINY+ obiskala 3200 Faeton in naredila posnetke njegovega površja.

Vidimo, da so Geminidi res poseben meteorski roj. Medtem ko čakamo na decembrske mrzle noči, pa smo lahko že sredi avgusta opazovali drug prav tako pomemben meteorski roj, Perzeide.

Meteorski roj Perzeidov smo lahko opazovali od julija do 24. avgusta. Največjo aktivnost je dosegel 13. avgusta v jutranjih urah. Takrat smo lahko videli približno sto meteorjev na uro. Perzeide prepoznamo po tem, da se njihov radiant nahaja v ozvezdju Perzeja. Letos nismo pričakovali ekstremno povečane aktivnosti tega meteorskega roja. So pa bile razmere za opazovanje zelo dobre, saj je luna bila blizu mlaja (16. avgusta). Meteorski koledar, ki ga izdaja Mednarodna meteorska organizacija (International Meteor Organization, IMO), nam je povedal, da bodo Perzeidi najbolj aktivni 13. avgusta med 4. in 24. uro po našem krajevnem času. Priporočali so opazovanje v noči pred največjo aktivnostjo in po njej, saj je Zemlja takrat prečkala tudi nekaj tankih filamentov (prašničnih niti) delcev, ki bi lahko povzročili kratkotrajno zelo povečano aktivnost.



Nebo v septembru.
Datum: 15. 9. 2023.
Čas: 22:00.
Kraj: Ljubljana.

Poština plačana v gotovini

PROTEUS

ilustriran časopis za poljudno prirodoznanstvo



Leto I.



OKTOBER 1933



Štev. 1

UREJUJE DR. PAVEL GROŠELJ

90 let *Proteusa*.

ISSN 0033-1805



9 770033 180000