

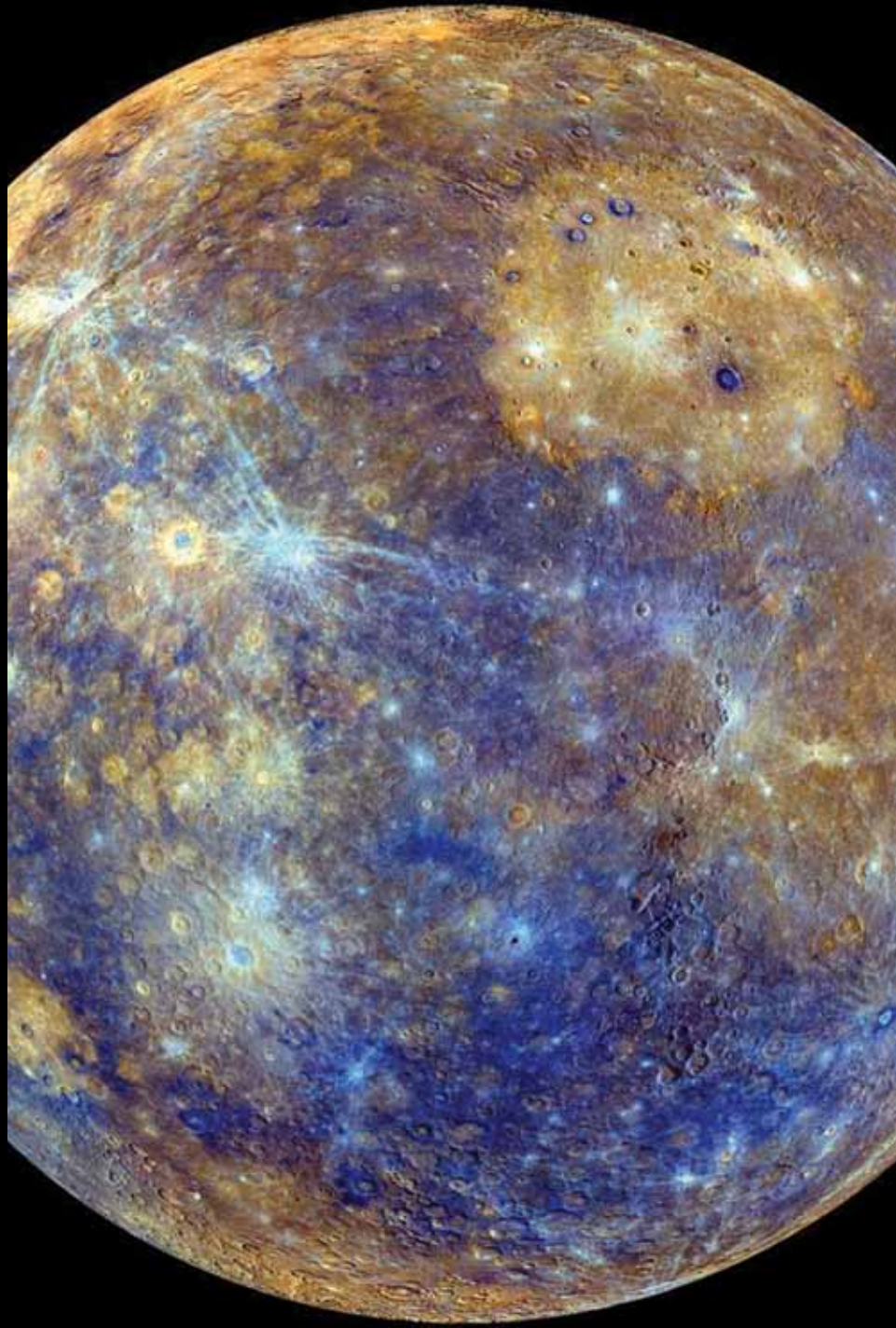
# PROTEUS

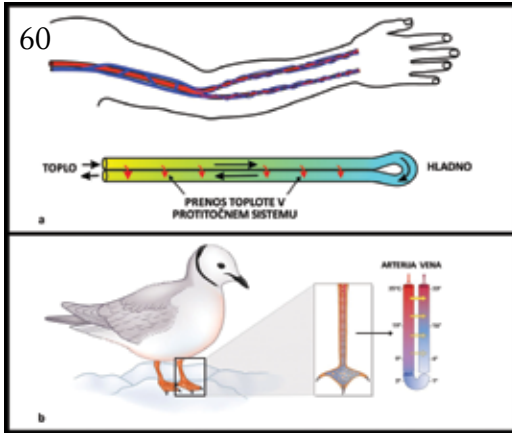
*mesečnik  
za poljudno  
naravoslovje*



Oktober 2018, 2/81. letnik  
cena v redni prodaji 5,50 EUR  
naročniki 4,50 EUR  
upokojenci 3,70 EUR  
dijaki in študenti 3,50 EUR

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





51 Table of Contents

52 Uvodnik  
**Tomaz Sajovic**

54 Znanost in resničnost  
**Slepi za resnico**  
*Bojan Radej*

60 Biologija in medicina  
**Uravnavanje telesne temperature**  
*Kristijan Skok, Andrej Markota,  
 Marko Gosak*

73 Javno zdravstvo

**Pesticidi v pitni vodi**  
*Natalija Bohinc, Urška Blaznik,  
 Urška Rozman, Sonja Šostar Turk*

84 Astronomija

**Dogodki in pojavi ob ekliptiki**  
*Marijan Prosen – Majo*

93 Naše nebo

**Gremo na Merkur**  
*Mirko Kokole*

## Table of Contents

## Editorial

*Tomaž Sajovic*

## Science and reality

**Blind to the Truth***Bojan Radej*

If we agree that the world around us is becoming increasingly complex, we should also learn to deal with the fact that there is no single truth, and that truth can only be known through its many faces, which, however, can never tell the whole truth. What we need, therefore, is a different approach to learning about the world, one where assessing the differences and agreement between partial truths is equally important as objective and value-neutral science.

## Biology and medicine

**Body Temperature Regulation***Kristijan Skok, Andrej Markota, Marko Gosak*

Body temperature regulation is one of the main mechanisms of maintaining homeostasis and as such of extreme importance for normal operation of bodily functions. Temperature changes both due to internal and external factors and as a result we have developed a number of adjustments for its regulation. This is particularly important for animals living in the polar regions. Any kind of body temperature abnormalities may be a sign of a medical condition. Fever is one of the main disease symptoms for both people and animals, and has long been recognised as indicative of infections. In medicine, the changing of body temperature can be used as a therapeutic approach to treatment of certain medical conditions in humans. This approach and the science of hypothermia have made enormous strides in recent years, mainly on account of modern technology and procedures in disease treatment.

## Public healthcare

**Pesticides in Drinking Water***Natalija Bobinc, Urška Blaznik, Urška Rozman, Sonja Šostar Turk*

Pesticides are substances designed to control pests and are classified in terms of their application method and chemical structure. As they are also toxic to humans and the environment they can only be used based on the assessment of their potential impact on human health and the environment. In 2016, 1 156 tons of pesticides were sold in Slovenia and as many as 370 624 tons in Europe. EU Member States joined

forces in a coordinated pesticide residue control plan to determine the level of pesticide residues and their degradation products in food. The European Union also prescribes the admissible limit for a single pesticide and its products as well as for the sum of pesticides in drinking water. Pursuant to the Rules on Drinking Water the Slovenian monitoring authorities are the National Laboratory of Health, Environment and Food, and the National Institute for Public Health. In the framework of our research we analysed the monitoring data on pesticides in drinking water in the period 2005 – 2015 in Slovenia. We determined that increased levels of pesticides most frequently occur in the Mura, Drava and Sava regions. The most frequently measured increased values were reported for atrazine and its degradation product desethylatrazine, and the highest value was measured for the metolachlor metabolite – ESA. We also measured increased values of the sum of pesticides, with the highest sum determined in the Murska Sobota region. Increased concentrations of at least one or more pesticides in drinking water were reported also for many European countries, with the most polluted areas being those used intensively for agriculture. We believe that in the future more attention should be paid to educating and raising awareness of users regarding the correct usage of pesticides while ensuring timely response from the competent authorities upon any contamination of drinking water with pesticides. In addition, people should be encouraged to practice organic farming and use organic herbicides and pesticides.

## Astronomy

**Ecliptic Events and Phenomena***Marijan Prosen – Majo*

A whole lot is going on in space. There are numerous phenomena and events that we observe without realising that they occur along characteristic points or curves in the sky. One of such characteristic curves, well-known, but hidden to the eyes, is a giant invisible curve in the sky – the ecliptic, a large circumference on the celestial sphere. It represents the Sun's apparent path during the year. It is also a place where a number of important astronomical phenomena occur. This article offers a short description of these phenomena.

## Our sky

**Let's Go to Mercury***Mirko Kokole*



*Naslovnica: Merkur, kakor ga je videlo robotsko vesoljsko plovilo Messenger. Vir: <https://solarsystem.nasa.gov/resources/1048/mercury-poster-version-a/>.*

## Proteus

Izbaja od leta 1933

Mesečnik za poljudno naravoslovje

Izdajatelj in založnik:

Priradoslovno društvo Slovenije

Odgovorni urednik:

prof. dr. Radovan Komel

Glavni urednik: dr. Tomaž Sajovic

Uredniški odbor:

Janja Benedik

prof. dr. Milan Brumen

dr. Igor Dakskobler

asist. dr. Andrej Godec

akad. prof. dr. Matija Gogala

dr. Matevž Novak

prof. dr. Gorazd Planinšič

prof. dr. Mihael Jožef Toman

prof. dr. Zvonka Zupanič Slavc

dr. Petra Draškovič Pelc

<http://www.proteus.si>

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

© Prirodoslovno društvo Slovenije, 2018.

Vse pravice pridržane.

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

Lektor: dr. Tomaž Sajovic

Oblikovanje: Eda Pavletič

Angleški prevod: Andreja Šalamon Verbič

Priprava slikovnega gradiva: Marjan Richter

Tisk: Trajanus d.o.o.

Svet revije Proteus:

prof. dr. Nina Gunde – Cimerman

prof. dr. Lučka Kajfež – Bogataj

prof. dr. Tamara Lah – Turnšek

prof. dr. Tomaž Pisanski

doc. dr. Peter Skoberne

prof. dr. Kazimir Tarman

Proteus izdaja Prirodoslovno društvo Slovenije. Na leto izide 10 števil, letnik ima 480 strani. Naklada: 2.000 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 4,50 EUR, za upokojence 3,70 EUR, za dijake in študente 3,50 EUR.

Celeletna naročnina je 45,00 EUR, za upokojence 37,00 EUR, za študente 35,00 EUR. 9,5 % DDV in poštnina sta vključena v ceno.

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

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

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

### Uvodnik

#### **Današnjih problemov ne moremo rešiti z enakim načinom razmišljanja, ki je te probleme povzročil (Albert Einstein)**

V začetku oktobra sem nestrpnost čakal na napovedano posebno poročilo Medvladnega odbora Organizacije združenih narodov za podnebne spremembe. Poročilo je ugledalo luč sveta 8. oktobra. Njegovo alarmantno sporočilo so izražali že sami naslovi v medijih: *Zelo mračna napoved, Podnebna kriza je pred vrati, Ogromna nevarnost, če se bo ozračje segrelo za več kot 1,5 stopinje Celzija, Na voljo imamo le še 12 let, da omejimo uničujoče globalno segrevanje* ...

Kaj bi moralo človeštvo storiti, da bi se izognilo podnebni katastrofi? Poročilo je bilo jasno: ozračje se ne bi smelo segreti za več kot 1,5 stopinje Celzija, to pa bo mogoče le, če se bodo globalni izpusti ogljikovega dioksida, ki jih povzroča človek, glede na raven v letu 2010 leta 2030 zmanjšali za 45 odstotkov, okoli leta 2050 pa popolnoma izničili. Glavni

vzrok za izpuste ogljikovega dioksida, ki jih povzroča človek, je sežiganje fosilnih goriv (premoga, nafte, naravnega plina). Toda že v nekaj urah po objavi poročila so mediji lahko poročali: »Avstralska vlada je zavrnila pozive iz poročila, da je treba opustiti premog do srede stoletja. Namestnik predsednika vlade Michael McCormack je izjavil, da bo Avstralija 'absolutno' nadaljevala z uporabo premoga, in pri tem vztrajal, da ga ni mogoče nadomestiti z obnovljivo energijo.« Avstralija pa pri nasprotovanju ugotovitvam Medvladnega odbora za podnebne spremembe oziroma njihovem nespoštovanju ni edina. Ameriški predsednik Donald Trump je že lani napovedal umik Združenih držav Amerike iz pariškega podnebnega sporazuma. V svoji utemeljitvi odločitve »je zavrnil znanstveno statistiko o segrevanju ozračja kot zanemarljivo«, hkrati pa zatrdil, da bi vztrajanje Združenih držav Amerike pri pariškem sporazumu »uničilo ameriško gospodarstvo«: »Vsak dan se borim

za dobro Američanov, zato izpolnujem svojo sveto dolžnost, da varujem Ameriko in njene državljane. Združene države Amerike umikam iz pariškega sporazuma o klimatskih spremembah.« Trenutna poraba fosilnih goriv v dvajsetih največjih svetovnih gospodarstvih (Skupini dvajsetih, G20) – med njih sodita tudi Avstralija in ZDA – je po podatkih združenja *Climate Transparency* tako velika, da bi nespremenjena količina izpustov ogljikovega dioksida, ki nastaja pri njihovem izgorevanju, v naslednjih letih lahko segrela ozračje za katastrofalnih 3,2 stopinje Celzija. Vse kaže, da politiki v teh državah bolj upoštevajo industrijo, ki uporablja fosilna goriva, kot pa nasvete znanstvenikov.

V današnji družbi je znanost na neki način, ki bi terjal poglobljeni razmislek, »podrejena« politiki in kapitalu. Medvladni odbor za podnebne spremembe deli to »usodo«. Leta 1988 sta ga ustanovila Program Združenih narodov za okolje (UNEP) in Svetovna meteorološka organizacija (WMO), njegovo ustanovitev pa je kasneje potrdila še Generalna skupščina Organizacije združenih narodov. Veliko besede pri njegovi ustanovitvi je imela ameriška administracija pod vodstvom Ronalda Reagana, ki se je bala nenadzorovanega vpliva znanstvenikov in teles Organizacije združenih narodov. Odbor je tudi zato postala »hibridna« ustanova: je hkrati znanstveno in medvladno – torej politično – telo pod okriljem Organizacije združenih narodov. Odborova znanstvena poročila, predvsem njihovi *Povzetki za oblikovalce politike*, so predmet podrobnega usklajevanja med delegati vlad več kot 120 držav. Znanost je tako vsaj v grobem »presejana« skozi sito politično-ekonomskih interesov posameznih vlad. Tak politični »oklep« je neizogibno prizadel tudi vsebinsko, znanstveno delovanje odbora. Vsebina njegovih poročil mora biti *strogo omejena* le na od človeka povzročene podnebne spremembe, njihove učinke in možnosti za prilagajanje in blaženje teh učinkov, pri tem pa podnebnih sprememb znanstveniki, člani odbora, ne smejo raziskovati *samostojno*, ampak lahko svojo oceno utemeljujejo le na objavljeni strokovni literaturi in znanstvenih člankih, ki so jih napisali drugi znanstveniki.

Vsa poročila morajo biti tudi – tak je »politični« okvir, ki ga mora odbor spoštovati – »politično nevtralna«. Cinični paradoks je, da vlade lahko dajejo politične pripombe k poročilom odbora, odbor pa mora biti politično »tiho«. Predpostavka institucionalnega okvira, v katerem odbor deluje, je, da mora biti znanost nepolitična. Novoveška znanost od Francisa Bacona, ki je znanost razumel kot orodje človekovega gospodovanja naravi, to nikoli ni bila. Novoveška znanost – eni njeni deli bolj, drugi manj – je vedno bila gonilo kapitalizma. Danes je postala tehnnoznanost – »dekla« kapitalističnega razvoja.

Česa zaradi svojega omejevalnega političnega institucionalnega okvira Medvladni odbor za podnebne spremembe ne »sme« jasno izreči? Ameriški umetnik in politični ekonomist Rob Urie je takoj po objavi podnebnega poročila na spletni strani *Counterpunch* v svojem razmišljanju *Podnebna kriza je pred vrati (Climate Crisis is Upon Us)* odgovoril na zastavljeno vprašanje: znanstveniki v odboru ne »morejo« in ne »smejo« z besedo povedati, da je vzrok za podnebne spremembe prav kapitalizem. Nanj lahko le namigujejo – vzrok za podnebne spremembe tako pripisujejo »obdobju industrializacije«. Poleg tega lahko podnebno krizo predstavljajo »le« *ločeno* od »onesnaženja popolnoma mrtvih območij oceanov, nebrzdanege ulova rib, uničevanja gozdov, onesnaževanja podtalnice in ozračja ter drugih stranskih proizvodov kapitalistične proizvodnje«. Vse katastrofe so med seboj povezane, povezuje pa jih »kapitalistično merilo učinkovitosti« – dobički. Uničevanje okolja je dobičkonosno, zapiše Urie in doda: »Kapitalistična učinkovitost je ena od najslabših teorij v zgodovini človeštva.« Zdi se, da Medvladni odbor za podnebne spremembe lahko v kapitalističnem družbenem in ekonomskem redu obstaja le kot institucionalno in vsebinsko »blokirana« ustanova. Albert Einstein je nekoč dejal: »Današnjih problemov ne moremo rešiti z enakim načinom razmišljanja, ki je te probleme povzročil.« Je človeštvo sposobno za ta korak? Je sposobno rešiti sebe in svoj planet?

*Tomaž Sajovic*

# Slepi za resnico

Bojan Radej

V *Nostalgiji*, predzadnji in najbolj poetični ter osebno izpovedni stvaritvi velikana filmske režije Andreja Tarkovskega iz leta 1983, v glavni vlogi spoznamo sodobnega ruskega pisatelja, izseljenca Andreja Gorčakova, ko pride na toskansko podeželje preučiti delo ruskega skladatelja iz osemnajstega stoletja. Tam se spozna z Domenicom, vaškim posebnežem, ki poskuša rešiti svet, a mu ne uspe izpolniti pogoja, da bi s prižgano svečo prečkal bazen na bližnjem izviru potoka, saj mu plamen vedno prej ugasne. Nekega dne obišče Domenica in nad kuhinjsko nišo opazi zapisano nelogično enačbo  $1 + 1 = 1$ . V drugem prizoru Domenico vzame s police pletenko oljčnega olja in si v dlan kane najprej eno kapljo in nato še drugo ter pojasni: ena kaplja in ena kaplja dá eno večjo kapljo, ne dveh. S tem pove, da sta z Andrejem žrtvi iste usode: oba je večina izločila.

A če bi Domenicovo čudaško računstvo privzeli kot edino možno, potem tudi ocean ne bi bil nič več kot velika kaplja vode. Iracionalno pravilo je posledica nekega posebnega načina celostnega razmišljanja, ki je za Andreja lahko laskav. V resnici pa je uporabljena enačba zelo izključevalna, saj zahteva, da so elementi zlivanja v eno identični. Iracionalno pravilo svoje sestavine kar se dá tesno poveže, vendar pa so tako tvorjene celote zagledane vase, zato so celostne na zelo osiromašeni način.

Manj strogo je prvošolsko pravilo, ki trdi, da je  $1 + 1 = 2$ . Zanj mora biti vse, kar seštevamo, enako le v eni lastnosti, zato ostanejo sestavine še naprej posamezno razpoznavne enote. Eno in eno jabolko ni eno jabolko, med njimi so kislja, sladka, lepa simetrična in grda nesimetrična jabolka, ki jih v dobro potrošnikov v trgovini ni najti. To pravilo zajame več raznovrstnih elementov

v celoto, zato je bolj vključevalno. Sposobnost vključevanja razlik pa je najmanj, kar bi smeli pričakovati od postopka, katerega poslanstvo je sestavine združiti v celoto. Sinteza, ki ne povezuje razlik, je pravzaprav nesmiselna. Že antični Makedonec Janez Stobáj (grško Ἰωάννης ὁ Στοβαῖος, makedonsko Јован во Стоби) iz petega stoletja je zapisal, da stvari, ki so enake in v harmoniji, ne potrebujejo sinteze, kakršno potrebujejo stvari, ki niso iste vrste in enakega reda.

Možnih načinov povezovanja je veliko in vsi niso prvošolsko racionalni. Kadar sestavine druga do druge niso brezbrizne kot pri jabolkah, ampak so si naklonjene, tako da med njimi obstaja sinergija kot med dobrima partnerjema, prijateljema ali ljubimcema, takrat  $1 + 1$  rado znese veliko več kot dve. In obratno, kadar trenja ovirajo povezovanje, je rezultat lahko enak nič - kot pri izničenju pozitivnega in negativnega električnega naboja. Če pa se izničenje zgodi v skupnosti, to rado sproži spore, katerih razrešitev proizvede negativni rezultat za vse (čeprav ne nujno za vsakogar), kot so tržni zlomi, nasilni prevrati ali celo vojne. Ne nazadnje,  $1 + 1$  je lahko vendar tudi 11, kot je pripomnil nekdo bolj iz zadnje vrste, očitno nejevoljen zaradi tolikšnih napreznj, da bi vsadili dvom o nečem tako očitnim. Torej, celoto lahko tvorimo na različne načine, racionalno ali iracionalno, rezultati so vsak v svojem načinu pravilni, vendar povsem drugače povzamejo resničnost.

Če torej resnica ni več ena sama, edina in nedolžna, ali to pomeni, da je vse lahko res in zato hladnorazumska znanost ne more več ostati neomajno vodilo pri celostnem spoznavanju sveta? Belgijski kemik in nobelovec ruskega rodu in židovskega izvora Ilya Prigogine je to možnost odločno zavrnil, ko

je zapisal, da zgolj zaradi tega, ker ne moremo oblikovati celostnih rezultatov na enovit način, še ne smemo trditi, da je resničnost v bistvu relativna. Resničnost je resnična na veliko bolj kompleksen način. Zato se nje-nega spoznavanja ne bi smeli lotiti vzvišeno in priznati le en način spoznavanja.

Iskanje resnice z dobro staro znanstveno metodo postaja vse napornejše, saj proizvajajo rezultate, ki se pogosto ne ujemajo. Zato ne nudi enovitega razumevanja sveta, ampak namesto tega izziva nesoglasja med iskalcii resnice. Takšne razmere zastavljajo spoznavne probleme, ki še zdaleč niso novi. Poznali so jih že modreci sofizma v pradavnem Afganistanu, približno v času, ko so v antični Grčiji delovali naši pitagorejci. O tem pripoveduje pradavna legenda. Dobrohotni kralj je ob neki priložnosti, ko se podaniki po dolgem prerekanju nikakor niso mogli poenotiti o neki sila pomembni skupni zadevi, ukazal prepir prekiniti. Nemudoma je dal pripeljati šest slepih mož, ki še nikoli niso videli slona, ter jim velel, naj mu opišejo žival, ki so jo privedli prednje. Prvi, ki je tipal trobec, žival opiše kot kačo, drugi, ki preučuje uhlje, jo vidi kot preprogo. Raziskovalec okla bi se zaklel, da je žival še najbolj podobna sulici, tisti, ki je otipaval nogo, pa je trdil, da mora biti prej podobna deblu. Vsak prizadevno opiše žival natančno

po tem, o čemer se je lahko sam prepričal. Ker pa ne ve, da je omejen le na vidik, ki je zanj edini dosegljiv, ne more zaznati omejenosti svojih spoznanj, zato se mu zdi, da sme svoje omejeno dognanje posplošiti v podobo celega slona. Kralj na koncu povzame moralo zgodbe: ljudje radi prevajajo svojo delno izkušnjo v edino veljavno resnico, kar jih pahne v nepremostljiva nasprotja in jim onemogoči, da bi razmišljali celostno.

Stara modrost velja še danes. Pot znanosti do resnice je bila še razmeroma preprosta, dokler je zahtevala samo ločitev zrnja od plevla, resnice od neresnice. To je sicer osnovno poslanstvo znanosti, a se je izziv spoznavanja sveta od utemeljitve moderne znanstvene metode pred več stoletji do danes kljub vsemu pomembno spremenil. Danes moramo najti razsodne odgovore na vprašanja, ki jih ne zastavljajo več nasprotja med resnico in neresnico, ampak med resnico in resnico, torej med samimi veljavnimi, toda nasprotnimi razumevanji iste stvari. Ločevanje pravega od napačnih razumevanj tukaj v celoti odpove.

Vprašanje je preprosto, a zahteva kompleksen odgovor: kako uveljaviti enovitost skupaj z razlikami? Slavoj Žižek pravi, da so tovrstni problemi ‚antipostmoderni‘, takšni torej, ki obnavljajo v postmodernem času izgubljen idejo celote, najsibo skupnosti, pla-

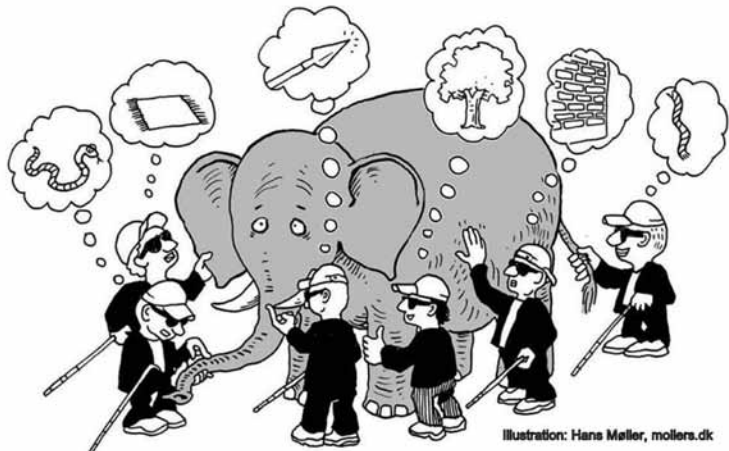


Illustration: Hans Møller, mollers.dk

neta ali človekovih temeljnih pravic, vendar le na podlagi uveljavljanja radikalnih razlik, notranje neenotnosti in nedoločljivosti kate-rekoli celote kot varoval, ki zagotavljajo, da v celostnih prizadevanjih ne more prevladati nič, kar se sklicuje na popolno, absolutno, temeljno, na univerzalno ali večno. Celostni pojavi v našem času ne obstajajo več eno-vito, ampak, kot je zapisal italijanski politični filozof Antonio Negri, le kot ‚multitude‘, skozi svoje korenito različne in samostojne pojavnosti. Nobeno posamezno ne more predstaviti celote, ampak je za to potrebno sodelovanje vseh, čeprav so temeljno različna.

Takrat, kadar je o neki stvari več naspro-tujočih, a enako veljavnih razlag, lahko po mnenju avstrijskega fizika in filozofa zna-nosti ter nobelovca Erwina Schrödingerja o resnici sodimo le glede na to, kaj je različnim razlagam skupno in kje so presečne, to pa je lahko kvečjemu v njihovih obrobni-h ujemanjih, saj so v jedru nezdržljive. Če to misel prenesemo na prejšnji primer, bi ime-li slepi možje (ali prepirljivi podaniki pred njimi) boljše možnosti dojeti podobo slo-na, če bi zaznali meje veljavnosti tega, kar lahko z gotovostjo trdijo vsak zase. Vsak bi svoje preučevanje moral dovolj razširiti, da bi trčil ob spoznanja drugih in tako ugotov-il, da trup nekje preide v trobec, drugje v okel, ušesa ali rep. Po tem napotku naj vsak najprej spozna omejenost svojega spoznavanja, nato pa ga kot samo delnega nadgra-di v preseku z vsemi drugimi, čeprav imajo povsem drugačno izkušnjo, a vendar njihov vpogled obrobno dopolnjuje druge vpogle-de. Na žalost bo celostna podoba slona tudi potem še naprej ostala nevidna. Vseeno pa bo bolj celostna, kot če bi vsak iskalec sam stal pred veličastnim izzivom resnice, tako rekoč iz oči v oči z božanskim, kot si je njega dni domišljjal stari Pitagora, ko se mu je prikazal slavni geometrijski izrek. Prav ta utvara ga je na koncu pripravila do tega, da je somišljenika Ipasa iz Metaponta, ki je utemeljeno podvomil v nadnaravne primesi

njegove vizije, menda dal jadrno zabrisati v morje, da se je revež pri priči utopil.

Golo kopičenje dejstev torej ne prinese bolj celostnega razumevanje kompleksnih zadev, dokler iz jedrnih nasprotij med dognanji na eni strani in obrobni-h, to je večinoma majhnih, a mnogih ujemanj na drugi, ne iz-luščimo širše podobe. A ne sodimo znanosti prestrogo, saj njena slepa pega izvira iz ne-česa, kar je predhodno njenemu delovanju. Tako kot v legendi o kralju, ki dá slepim nalogo, ki je nikoli ne morejo rešiti. Pa ne zato, ker so slepi, saj spoznavanje komplek-snih celot drugače sploh ni možno, ker ni-so spoznavne z nobenega posebnega stališča. Razsvetljenje, ki ga v svetu kompleksnosti prinese znanstveno odkritje, je še vedno sam-o razsvetljenje za slepe. Podobno je Niko-la Tesla enkrat zapisal, da razsvetljenje za znanstvenika pomeni predvsem soočenje z njegovimi lastnimi omejitvami. Spoznavajo-či ne prinaša luči resnice, ki odganja temo neznanja. Spoznavajoči tudi ni kot sova, ki temo predira z ostrim vidom, ampak je še najbolj podoben netopirju, ki ne rabi oči, da se znajde brez luči najvišje resnice. Zato mora znanstvenik del svojih pristojnosti pri spoznavanju sveta odstopiti komu, ki ni tako usodno racionalno omejen.

Posebej pomembno je upoštevati nepre-mostljivost razdorov, ki jih ustvarja iskanje resnice z vzvišenega izhodišča, kadar so predmet preučevanja družbeni pojavi. Saj družbena dejstva niso položena na nas ena-ko neizogibno kot fizikalna, kemijska ali biološka dejstva, ampak jih sooblikujemo sami, ki jih skušamo hkrati tudi nepristransko spoznati. Zato spoznavanja dejstev o družbi ne moremo skleniti že na točki, do katere še lahko pridemo po uhojeni znan-stveni poti. Prav nasprotno, premoščanje prepada med resnico in resničnostjo se tu šele dobro začne. Znanstveno potrjena dej-stva je treba, preden se nanje lahko opre-mo, umestiti v širši spoznavni okvir, ki pa ni več samo znanstven. Ta jih preseje skozi sito subjektivnih razlik, vgrajenih v različna



izhodišča in načine preučevanja resničnosti, skozi katera objektivna dejstva edino lahko odsevajo na platno znanstvenega spoznanja. Pri spoznavanju kompleksnih družbenih zadev se nasproti objektivne znanosti postavlja pol 'iracionalnega', subjektivno utemeljenega vrednotenja s posebnim poslanstvom uravnovesiti nasprotja med racionalnim in iracionalnim spoznavanjem resničnosti.

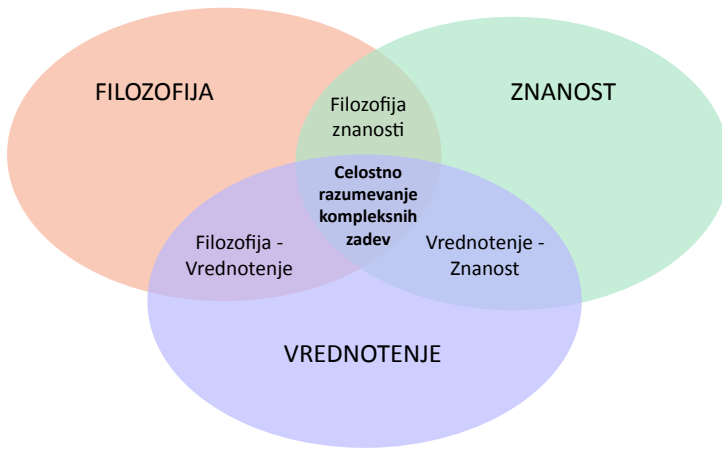
Kaj hočemo s tem povedati? Težave šestih slepih mož so podobne težavam sedanje generacije, v njenem transformacijskem soočanju s kompleksnimi izzivi kulturnega in intelektualnega prehoda iz postmodernih v antipostmoderne družbe. Resničnost lahko objektivno spoznamo le skozi sito neveljavnih posplošitev o spoznavnih potencialih izhodišč, na podlagi katerih si znanost za to prizadeva. Četudi je znanstvena vednost zato na neki način vedno napačna, je vendar ne moremo zavrniti, saj spoznavanje, ki ni do neke mere zaslepljeno, sploh ni mogoče. A ravno zato znanost ne more več biti glavni vir, ampak le še nepogrešljiva sestavina širše matrike spoznavanja. V tej matriki je to, kar določa znanstveno delovanje, kot tudi to, kako njegove rezultate razumemo, neločljivo povezano s subjektivnim, z metafizičnim in z vrednotami.

Ponuja se zamisel, da za preučevanje kompleksnih družbenih pojavov potrebujemo matriko spoznavanja, kot jo na sliki 2 ponazarja Vennov diagram s triado Filozofija – Znanost – Vrednotenje. Celostno spoznanje o nečem kompleksnem se rodi v preseku modrosti o naravi preučevane stvari nasploh, njenega objektivnega opisa in končno ovrednotenja, ki raznorodna spoznanja poveže na sredini. Takšna obravnava je *„presečno sredinska“*. Njeno posebno miselnost vsak po svoje opišejo njeni trije preseki.

Območje prvega preseka, med modrostjo in znanjem, zaseda filozofija znanosti, ki majhna in razmeroma preprosta vprašanja glede ločevanja resnice od neresnice poveže s težkimi vprašanji filozofije o temeljnih zadevah, na primer, kaj sploh je resnica in

katere so prave poti do nje. Znanost s filozofskim premislekom o svojem posebnem, objektivnem načinu spoznavanja resničnosti doseže vpogled vase, s katerim se uči, kakor se je izrazil francoski sociolog Pierre Bourdieu, opazovati svoje opazovanje sveta in v njem prepoznati iracionalne razsežnosti svojih racionalnih prizadevanj. Dokler znanost ne prepozna miselnih podlag in temeljnih predpostavk svojega posebnega načina spoznavanja sveta, torej predvsem svoje slepote, ne more postati globoka, ne more na primer uvideti kraljeve premetenosti.

V naslednjem območju prekrivanja, med filozofijo in vrednotenjem, pride to, kar je onkraj fizičnega obstoja, torej metafizično, v stik s tem, kar je onkraj racionalnega spoznanja, ker je subjektivno (vrednote). V tem iracionalnem preseku sta svoja svetova prepletla Domenico in Andrej. To je tudi mesto, s katerega se vrednotenje oziroma tisti, ki vrednoti, recimo mu evalvator, sam ovrednoti s stališča skladnosti s svojo posebno iracionalno racionalnostjo. Najprej si prizadeva, da racionalno pri razlagi sveta v matriki spoznavanja ne prevlada nad iracionalnim, a tudi obratno, da se to, kar je iracionalno, izrazi na neki način racionalno, saj je poslanstvo vrednotenja vezano na iracionalnost racionalnega (znanosti), ne iracionalnega (Domenico) – to je že domena umetnosti. Evalvator sam je igralec obrobja, ki se nahaja na sredini med nasprotji. Sam nima vednosti, ki bi bila višja od te, ki jo proizvedeta filozofija in znanost, saj je njegovo poslanstvo zgolj posredovati med spoznavnimi razdori. Evalvator je tako slep za 'edino resnico', saj ve, da jo lahko spoznamo le kot zaslepljeni. Vse, kar je zanj dosegljivo, je premoščanje prepadov med delnimi resnicami. Predpogoj presečnega vrednotenja je prepoznati slepoto evalvatorja za resnico, nato slepoto vseh, ki uveljavljajo nasprotno pogled na resničnost, in na koncu iluzornost samega projekta iskanja 'cele resnice'. Z izpolnitvijo predpogojev si vrednotenje utre pot povezovanja temeljnih spoznavnih



*Celostno spoznavanje po presečnosredinskem modelu.  
Vir: Slovensko društvo evalvatorjev.*

razlik na njihovem obrobju. Evalvator ni nihče drug kot sedmi slepi mož, ki edini ni prejel kraljevega vabila. Z razlogom je bil osumljen, da bo pokvaril kraljevo zabavo! Slepota spoznavajočih za evalvatorja namreč ni več znak nemoči, ampak ravno nasprotno, je posledica izvirnega načina prilagoditve na gledanje v temi. Tako kot netopir v temi gleda s sluhom, evalvator sveta ne spoznava z neposrednim vpogledom v stvari, empirično ali logično, ampak le posredno, njegov sonar je samorefleksivno podprta analiza ujemanj in razlik med raznorodnimi načini, na katere se uveljavljajo deloma celostne težnje mnogih.

Nazadnje še presek med tem, kar objektivno vemo o družbi, in tem, kar v njej najbolj cenimo, torej med znanjem in vrednotami. Saj tisto, kar je res, ni nujno dobro, na primer ekonomska racionalnost dobička proti zahtevi za ohranjanje narave ali socialne pravičnosti, čeprav vsi trije odločilno vplivajo na to, v kakšni resničnosti živijo člani skupnosti. Vrednotenje poveže resnico z dobrim, to zniža stopnjo izključevanja razlik, kar omogoči bolj celostno spoznavanje. S tem sicer evalvator ne odpravi nepremostljivih preprek zlivanja kapljic v eno, vseeno pa zagotovi nekaj neprecenljivega, izključevanje kot metodo celostnega spoznavanja iz centra zamenja s sredinsko sintezo z obrobja.

Za razumevanje kompleksnih družbenih

zadev potrebujemo prilagojeni postopek spoznavanja, ki je sredinski, in to na prav poseben način. Tukaj sredina ni mišljena kot kompromis, kjer bi vsak moral žrtvovati nekaj od tega, kar je zanj najbolj pomembno, da bi z drugimi lahko prišel do poenotenja. Ravno nasprotno, presečna rešitev zmore globoke razlike misliti vključevalno. Tudi pri novi sredini ne gre za polovičarsko miselnost 'srednjega dosega', ki jo je predlagal oče sociologije znanosti, Američan Robert Merton, po katerem lahko kompleksne zadeve razumemo le delno in omejeno, kar nas obsoja na relativizem razlik. Obratno sredinski postopek spoznavanja ne gradi na temeljnih nasprotjih, ampak na obrobnih ujemanjih. Presečne sredine tudi ne enačimo z idejo zlate sredine ali zlatega reza, kjer se nasprotje med racionalnim in iracionalnim številom matematično uredi v razmerje, katerega harmonične podobe pogosto vidimo v naravi, v umetnosti in arhitekturi. V družbi pa - razen le izjemoma - sožitje med racionalnim in iracionalnim ni zagotovljeno, ampak se kvečjemu trpita v medsebojnem spodbijanju, najraje pa globoko prezirata. Nazadnje presečne sredine ne smemo enačiti s filozofijo srednje poti, ki so jo razvili budisti za razsvetljenje posameznika z njegovo osvoboditvijo od razumevanja sveta v skrajnostih - bodisi s stališča univerzalne celote ali s stališča njenih osnovnih sestavnih.

Presečna sredina je namesto tega orodje sinteze, katere rezultati so skupnostni. Budiste srednja pot vodi h končnemu cilju, medtem ko presečna sredina proizvaja zgolj začasne rezultate, zato si lahko zastavlja le vmesne cilje.

Kaj uporabnega lahko na koncu izluščimo iz te, ne ravno prekratke razprave? Presečna sredina omogoča bolj celostno spoznavanje zato, ker si zanj prizadevamo z izhodišč samo-refleksivnega znanja in samo-refleksivnega vrednotenja, ki pred veličastnim izzivom resnice ostaneta skromna v prepoznanju svojih omejitev. Celostna spoznanja so dosegljiva le, če si zanje prizadevamo z obrobja, kot bi počel nekdo, ki razume, da ključ do resnice ne obstaja, da mnogi posedujejo del skrivnosti, ki se, kolikor se, razkrije šele tedaj, ko se utemeljena, a vseeno samo delna spoznanja povežejo na sredini. Takšna je tudi modrost praslovanskega boga Triglava, ki hkrati gleda na tri strani: z eno glavo se ozira po nebu, z drugo po zemlji in s tretjo pod njo, kot ga je v *Zakladih Slovenije* opisal profesor Matjaž Kmecl.

Sredinsko spoznavanje resničnosti ne more opisati tako nedvoumno, kot je sprva obljuhljala znanost. Kadar gledamo sredinsko, namreč ne spoznamo nič dokončnega (če smo dosledni, znanost še danes ne ve dokončno, kakšen je slon, saj šele ugotavlja tako osnovne stvari, kot je na primer, kako se sporazumevajo). Presečna spoznanja so delna, začasna in pogojna, vendar ravno zato odprta za dopolnitev po pravilu: več kot vem, bolj sem odprt za obrobno povezovanje s spoznanji drugih, čeprav v jedru nasprotujejo moji vednosti. Sprejemanje spoznavne omejenosti za sedanjo generacijo kljub vsemu ne bo usodna. Danes nas vendar ne zanimajo več univerzalne resnice vsega nasploh in enkrat za vselej, ker se za resnico ne zanimamo kot kralji ali bogovi ali vsaj kot doktorji znanosti, ampak le kot slepi ljudje, ki jih muči veliko bolj skromno vprašanje: Kaj vendar imata pri slonu skupnega sulica in preproga?

*Razširjeni zapis po predavanju z naslovom Vrednotenje in znanost, predstavljenem na srečanju ob deseti obletnici delovanja Slovenskega društva evalvatorjev 29. januarja leta 2018 na Oddelku za krajinsko arhitekturo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Za kritične pripombe na prejšnje različice besedila se zahvaljujem prof. dr. Mojci Golobič, dr. Jelki Pirkovič in doc. dr. Sreču Dragošu, ki pa niso odgovorni za ostale slabosti besedila. Bojan Radej, rojen leta 1961 v Ljubljani, je makroekonomist, neodvisni evalvator in soustanovitelj Slovenskega društva evalvatorjev. Za izid pripravlja knjigo Social Complexity and Complex Society - In the Middle of the Middle World (2019).*

# Uravnavanje telesne temperature

*Kristijan Skok, Andrej Markota, Marko Gosak*

Temperatura globlje ležečih struktur človeškega telesa oziroma sredice je pri zdravi osebi stalno uravnavana in se ohranja z natančnostjo  $\pm 0,6$  stopinje Celzija. Uravnavanje telesne temperature je pri živalih in ljudeh eden od najpomembnejših uravnalnih mehanizmov telesa. V prispevku so predstavljeni osnovna načela uravnavanja telesne temperature pri človeku, nekaj edinstvenih primerov termoregulatornih prilagoditev v živalskem svetu in bolezenska stanja, pri katerih se mehanizem uravnavanja temperaturnega ravnovesja poruši.

Človeško telo deluje pod specifičnimi pogoji v ravnovesju oziroma homeostazi. Homeostaza je sposobnost in stanje samouravnavanja funkcij organizma. S tem so zagotovljene razmere za optimalno delovanje organiz-

ma. Med pomembnejše sisteme, ki jih telo uravnava, sodi uravnavanje telesne temperature, ki ga imenujemo tudi termoregulacija in je pod nadzorom živčevja. Pri tem ima pomembno vlogo zlasti sprednji del hipotalamusa, ker skupaj z nekaterimi za toploto občutljivimi predeli v možganih določa ozko območje normalne telesne temperature (tako imenovane *nastavljene temperature*, angleško *setpoint*) in termoregulacijske odzive, potrebne za njeno vzdrževanje (na primer povečanje ali zmanjšanje pretoka krvi skozi kožo, potenje, drgetanje in tako dalje). Hipotalamus vzdržuje ravnotežje med tvorbo toplote, ki nastane predvsem v mišicah in jetrih, in izgubo toplote skozi kožo in pljuča. To opravlja preko hormonov, ki vplivajo na druge endokrine žleze. Območje normalne temperature se lahko med posamezniki



*Severni netopir (Eptesicus nilssonii) v obdobju zimskega spanja (Modum, Norveška). Foto: Magne Flåtén. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eptesicus\\_nilssonii\\_hibernating.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eptesicus_nilssonii_hibernating.JPG). Od avtorja osebno odobrena uporaba za revijo Proteus.*



*Napoleonov pobeg iz Moskve (Napoleon's retreat from Moscow). Avtor: Adolph Northen (1828–1876). ([https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cc/Napoleons\\_retreat\\_from\\_moscow.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cc/Napoleons_retreat_from_moscow.jpg)) Napoleon je leta 1812 v neuspešnem vojaškem pohodu proti carju Aleksandru I. zaradi lakote, utrujenosti in mraza izgubil velik delež svoje vojske in se poražen vrnil domov.*

precej razlikuje. Načeloma velja, da je povprečna temperatura pri zdravem posamezniku, merjena v ustih (oralna temperatura), 36,8 stopinje Celzija in se giblje od 35,8 do 37,8 stopinje Celzija. Telesna temperatura se lahko meri tudi rektalno, pod pazduho in centralno (telesna notranjost). Slednja predstavlja najbolj natančno vrednost.

### Proizvodnja toplote v človeškem telesu

Glavni mehanizem proizvodnje toplote je presnova oziroma metabolizem. Metabolizem lahko opredelimo kot vsoto vseh kemičnih reakcij v telesu, v katerih se sprošča energija. Ob tem se tvorita ogljikov dioksid ( $\text{CO}_2$ ) in voda ( $\text{H}_2\text{O}$ ) ter se hkrati sproščata kemična in notranja energija. Slednja se delno porablja za vzdrževanje stalne telesne temperature, delno pa se oddaja v okolje. Kemično energijo predstavlja predvsem adenozin trifosfat (ATP) oziroma osnovna energetska enota, ki zagotavlja energijo za sekrecijo, mehansko delo (krčenje mišic, premikanje celic in organelov ter podobno), aktivni transport snovi skozi membrane, izgradnjo makromolekul in tako dalje. Celotni dnevni metabolizem sestavljajo: energija za preživetje (bazalni metabolizem), energija za prebavo in presnovo (presnovni metabo-

lizem) ter energija za izvajanje dela (delovni metabolizem). Stopnja metabolizma predstavlja količino sproščene energije v časovni enoti. Stopnja bazalnega metabolizma je minimalna energija, potrebna za preživetje, in navadno predstavlja od 50 do 70 odstotkov dnevne porabe energije. Na bazalni metabolizem vplivajo spol in starost, delovanje osrednjega živčnega sistema, srca, ledvic in drugih organov, velikost telesa in telesna sestava, hormoni ter drugi dejavniki, kot so stres, nosečnost, povišana telesna temperatura in ekstremne zunanje temperature, ki znižajo bazalni metabolizem. Tudi stradanje ali podhranjenost znižata bazalni metabolizem.

### Če je (pre)hladno

V hladnih razmerah, ko mora organizem zmanjšati energijske izgube, se zgodi naslednje:

- Preneha se tvoriti znoj.
- Majhne mišice naježevalke (latinsko *musculus erector pili*) se skrčijo, kar postavi dlake pokonci. S tem, ko so dlake pokonci, se tvori izolacijska plast zraka, ki zadržuje toploto. Ta mehanizem je tudi

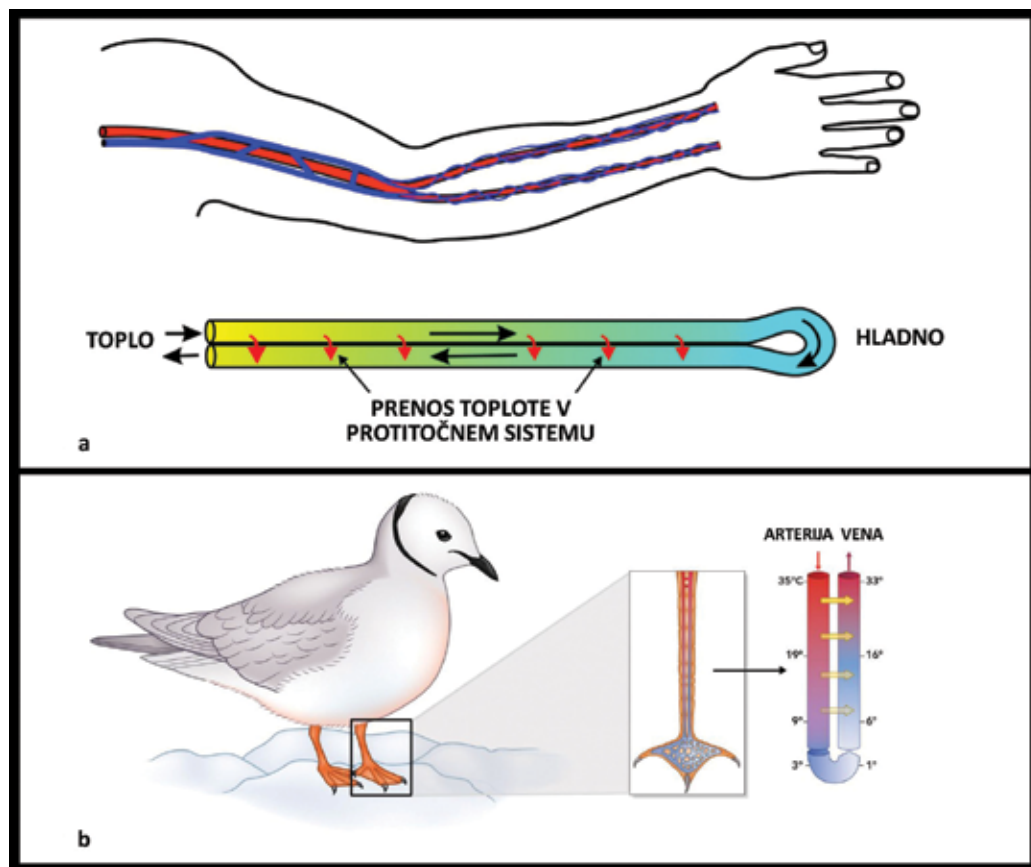
odgovoren za tako imenovano kurjo kožo in izvira še iz časov, ko je bila človeška vrsta bolj poraščena, saj je bil ta mehanizem takrat bolj učinkovit kot danes.

- Arterije in arteriole prenašajo kri do povrhnjih kapilar, ki so tik pod kožo. Arterije se s signalom živčnega sistema lahko skrčijo ali razširijo in tako preusmerijo tok krvi. Ob krčenju (vazokonstrikciji) preprečijo tok do površine in ga centralizirajo. S tem zmanjšajo nadaljnjo izgubo toplote. V izjemno hladnih razmerah lahko pride do pretirane/predolge vazokonstrikcije, ki povzroči izgubo občutka in bledico kože. Poškodbe tkiv zaradi mraza (omrzline) nastanejo, kadar prične voda v celicah in tkivu zmrzovati.
- Mišice prav tako prejmejo navodila iz termoregulatornega središča možganov in pričnejo drgetati. S tem se ustvarja dodatna toplota. V živalskem svetu lahko delimo drgetanje v dve stopnji – stopnjo nizke in stopnjo visoke intenzivnosti. V vsakem primeru je drgetanje bolj koristno pri proizvodnji toplote kot fizična aktivnost, kajti žival lahko ob tem miruje in tako ne izgublja dodatne energije. Med drgetanjem nizke intenzivnosti žival drgeta dalj časa (na primer več mesecev), vendar ne tako izrazito. Ob dalj časa trajajočem drgetanju se energija pridobiva predvsem iz maščobnih tkiv, zato nekatere živali pred zimskim spanjem pojedó velike količine hrane in se zredijo. Do visoke stopnje drgetanja pride ob močni izpostavljenosti mrazu, traja pa kratek čas. V tem primeru je primarno gorivo glukoza.
- Splošno povečanje termogeneze (proizvodnje toplote) s pospešenim metabolizmom in izločanjem hormonov (na primer ščitničnega, adrenalina, noradrenalina). O tem nekoliko več v sledečem odstavku.

Povečana simpatična stimulacija povzroči takojšnje povečanje celičnega metabolizma. Učinek se imenuje kemična termogeneza. Učinkovitost kemične termogeneze je neposredno odvisna od količine rjavega maščevja živali. To je vrsta maščevja z velikim številom mitohondrijev in je preprežena s simpatičnimi živčnimi vlakni. Ta stimulirajo ekspresijo (izražanje) proteina thermogenina, ki spodbudi termogenezo. Aklimatizacija je prav tako pomemben dejavnik, kajti ima pomemben vpliv na intenzivnost kemične termogeneze. Na primer podgane, ki so bile več tednov izpostavljane mrazu, bodo ob ponovni nenadni izpostavitvi mrazu imele, v primerjavi z neaklimatiziranimi podganami, sto do petstodstotno povečanje stopnje termogeneze. Pri odraslih ljudeh, ki nimajo skoraj nič rjavega maščevja, kemična termogeneza redko poveča nastanek toplote za več kot deset do petnajst odstotkov. Pri dojenčkih, ki imajo ob rojstvu nekaj rjave maščobe, se lahko termogeneza poveča za sto odstotkov. Ta mehanizem je pri dojenčkih ohranjen zaradi velikega pomena ohranjanja telesne temperature in hitrejšega izgubljanja toplote.

### **Izguba toplote v človeškem telesu**

Večina toplote se proizvede v globlje ležečih organih (jetrih, možganih, srcu in skeletnih mišicah ob vadbi). Ta toplota se iz globljih organov in tkiv prenese do kože, kjer se je del izgubi zaradi delovanja zraka in drugih zunanjih vplivov. Posledično lahko rečemo, da je izguba toplote odvisna od dveh glavnih dejavnikov: hitrosti prenosa iz globine na površje in hitrosti prenosa toplote od površja navzven. Pomembno vlogo pri tem imajo koža in podkožna tkiva (predvsem maščobni del), ki delujejo kot toplotni izolator telesa. Maščoba je pomembna, saj prevaja zgolj tretjino toplote v primerjavi z ostalimi tkivi. Drugi zelo pomembni dejavnik so žile oziroma povezave med kapilarami in venami, ki ležijo na površju (arterio-venske anastomoze). Ob vazokonstrikciji pride do zmanjšane pretoka krvi skozi povrhnji del



*Prikaz protitočnega sistema.*

a) Človeška roka. Avtor: Cruithne9. ([https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/18/Arm\\_counter-current\\_flow.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/18/Arm_counter-current_flow.jpg).)

b) Prikaz protitočnega sistema pri galebu, ki mu omogoča stati v mrzli vodi, ne da bi ob tem izgubljal veliko toplote.

Avtor: Randall, D., Burggren, W., French, K., 2001: Eckert Animal Physiology. (<https://files.allaboutbirds.net/wp-content/uploads/2017/01/GullFeet-FI.jpg>.)

kože in posledično manjše izgube toplote. Pomembno vlogo pri ohranjanju toplote ima še mehanizem protitočnega sistema.

Arterije in vene ležijo tesno druge ob drugi. Arterije privedejo toplo, nasičeno kri od srca proti zunanjim delom telesa. Venska kri ima manjšo vsebnost kisika in odteka nazaj v srce in pljuča. Zaradi tesne medsebojne lege pride do izmenjave toplote med vensko in arterijsko krvjo. Tovrstno izmenjevanje toplote je izjemnega pomena v hladnih okoljih, kjer pride do zoženja žil. Zaradi tega ne bo le izguba toplote iz okončin manjša,

temveč se bo toplota iz arterijske krvi hitro prenesla v (ohlajeno) vensko, preden ta doseže najbolj zunanji in mrazu izpostavljeni del telesa. To prilagoditev imajo sesalci in ptice. Zlasti pri živalih, ki živijo v polarnih okoljih (pingvini, galebi, polarne lisice in druge), so v okončinah gosti prepleti žil, ki omogočajo intenzivno izmenjavo toplote med arterijsko in vensko krvjo. Več o teh živalih in prilagoditvenih mehanizmih lahko preberete v prispevku *Zakaj lahko pingvini stojijo bosi na ledu?* (*Proteus*, 66, 1, 2003: 24-27).

Za izgubo toplote pri človeku so odgovorni različni fizikalni mehanizmi (slika spodaj):

**Sevanje ali radiacija** je pri sedeči goli osebi odgovorna za približno 60 odstotkov toplotnih izgub. Izguba s sevanjem pomeni izgubo v obliki infrardečih žarkov, do česar pride zato, ker ima človeško telo drugačno temperaturo od okolice.

**Kondukcija.** Kot je razvidno iz slike spodaj, se z neposrednim stikom s predmeti prenesejo zgolj približno trije odstotki toplote telesa, večji delež, približno petnajst odstotkov, pa se prenese ob neposrednem stiku z zrakom. Do kondukcije pride, ker ima okolica oziroma okoliški zrak drugačno temperaturo kot telo.

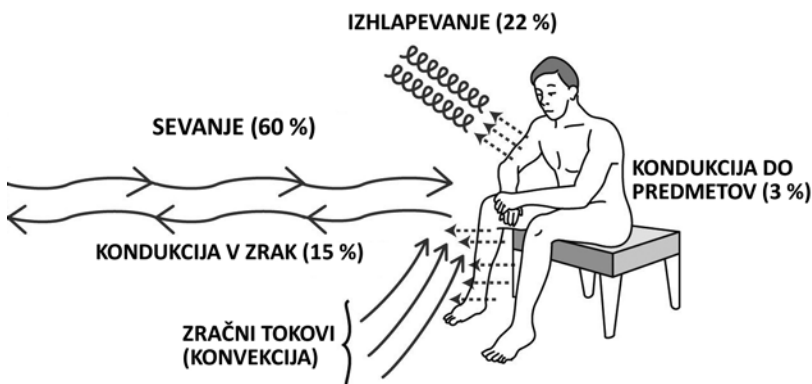
**Konvekcija in hladilni učinek vetra.** Do izgube s konvekcijo lahko pride, kadar zračni tokovi odpihnejo segreto zračno plast tik ob telesu in se povečujejo izgube s kondukcijo.

**Potenje.** Kadar voda izhlapi s površine telesa, se za to porabi 0,58 kilokalorije za vsak gram vode. Tudi kadar se posameznik ne poti, voda kljub temu »nezavedno« izhlapeva iz kože in pljuč s hitrostjo 600 do 700 mililitrov na dan. To vodi v stalno izgubo toplote s hitrostjo 16 do 19 kilokalorij na uro. Te nezavedne izgube ni mogoče uravnavati, saj je posledica neprekinjene difuzije vodnih molekul skozi kožo in respiratorne površine. Potenje pa lahko telo uravnava glede na temperaturo okolice.

### Kondukcija in konvekcija osebe v vodi.

Omeniti velja, da so v vodi toplotne izgube mnogo izrazitejše kot v zraku. Voda ima namreč veliko večjo toplotno prevodnost in specifično toploto kot zrak, zaradi česar je prenos toplote iz telesa v okolico znatno večji. Velikokrat lahko po plavanju opazimo pri sebi povečani tek, saj želimo nadomestiti izgubljeno energijo.

Pomembno vlogo pri ohranjanju toplote imajo oblačila. Oblačila »ujamejo« zrak, ki je neposredno ob koži. S tem povečajo debelino plasti zraka ob koži in zmanjšajo učinek zračnih tokov in konvekcije. Posledično se zmanjša izguba telesne toplote zaradi kondukcije in konvekcije. Običajna obleka (srajca, hlače, nogavice in podobno) zmanjša izgubo telesne toplote za polovico v primerjavi z izgubo gole osebe. Oblačila, ki so namenjena za izredne polarne razmere, lahko izgubo zmanjšajo na eno šestino. Skoraj polovica toplote, ki se prenese s kože na oblačila, poteka s pomočjo sevanja in ne s kondukcijo. Z uporabo izolacijskega materiala, na primer tankega sloja zlata na notranji strani oblačila, odbijemo sevano toploto nazaj v telo, kar še dodatno izboljša možnost ohranjanja toplote. To načelo uporabljajo pri izdelavi oblačil za polarne razmere, s čimer lahko zmanjšajo tudi težo oblačil. Korist oblačil pri ohranjanju toplote se skoraj popolnoma izgubi, ko se oblačila zmočijo. Voda zaradi svoje visoke prevodno-



*Shematski prikaz mehanizmov izgube toplote.*

Vir: Hall, J. E., Guyton, A. C., 2011: *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology*. (<https://aneskey.com/wp-content/uploads/2017/04/image01741.jpeg>)



sti poveča prenos toplote skozi oblačilo za dvajsetkrat ali več. Posledično je eden izmed najpomembnejših ukrepov pri ohranjanju toplote skrb za suha oblačila. Prav tako je treba paziti na začasno pregrevanje in potenje, ki zmoči oblačila in zmanjša njihovo izolacijsko vlogo.

### Če je (pre)vroče

V vročih razmerah človeško telo uporablja več mehanizmov hlajenja:

- Žleze z zunanjim izločanjem (eksokrine žleze) v koži pričnejo z izločanjem potu (voda z nekaterimi raztopljenimi ioni). Ta potuje po žlezi do zunanje odprtine oziroma pore in nato na površje kože. To vodi v izgubo toplote preko mehanizma izhlapevanja. Ob tem omenimo, da je lahko izguba vode velika in v določenih primerih tudi nevarna za zdravje posameznika. Hlajenje potu iz telesa je hitrejše, če se nahajamo v okolju, kjer je suh zrak, na primer v puščavi. V območjih z veliko vlažnostjo, na primer pragozdu, je ohlajenje s potenjem manj učinkovito.
- Dlake na površju kože postanejo položne in tako preprečujejo, da bi se toplota »ujela« v plasti zraka med dlakami. Plosko postavljene dlake povečajo pretok zraka ob koži in s tem posledično omogočijo večjo izgubo toplote zaradi konvekcije. Kadar je temperatura okolja višja kot telesna temperatura posameznika, je potenje edini fiziološki mehanizem, s katerim se človek lahko ohlaja.
- Razširjenje žil (vazodilacija) vodi v povečani pretok krvi skozi povrhnje arterije in kapilare, kar omogoči izgubo toplote s konvekcijo in kondukcijo. Ta pojav lahko opazimo pri sebi po intenzivni športni aktivnosti, ko pordečimo v obraz.

Veliko živali nima sposobnosti izgube toplote s površine telesa zaradi dveh razlogov: njihova površina je pokrita z dlako in večina njihove kože nima žlez znojnic, kar pre-

preči izgubo toplote z izhlapevanjem. Konji in ljudje so sposobni potenja. Mačke in psi imajo žleze znojnice zgolj na površini svojih tac. Nadomestni mehanizem potenju je sopihanje. Sproži se ob signalu iz središča za uravnavanje toplote v možganih. Ob sopihanju pride do hitrega vdihavanja in izdihavanja, posledično pride velika količina svežega zraka iz zunanosti v stik z respiratornim sistemom. Ob tem pride do izhlapevanja vlage s sluzničnih površin, predvsem sline s površine jezika.

### Uravnavanje telesne temperature v svetu živali

Tudi v živalskem svetu veljajo enaka načela vzdrževanja toplote in telesne temperature. Izraza toplokrvni in hladnokrvni sta se uporabljala za opis temperaturnih vzorcev živali in ju pogovorno uporabljamo še danes. Izraza poudarjata predvsem navidezno zaznano temperaturo, ki jo čutimo ob dotiku živali. Ptice in sesalci so glede na takšno (preveč poenostavljeno) opredelitev toplokrvni. Druge vrste (ribe, dvoživke, plazilci) so hladnokrvne. Težava ob tem načinu sklepanja je, da se lahko na primer kače »segrejejo« in postanejo tople na dotik. Po drugi strani pa je lahko sesalec v hibernaciji in na otip hladen. Zato se je takšnemu izrazju najbolje izogniti.

Za opis vzorca uravnavanja telesne temperature poznamo izraza poikilotermija (grško *poikilos*, spreminjajoče se, *thermos*, toplo) in homeotermija (grško *homeo*, podobno, enako), ki se nanašata na stalnost telesne temperature in ne na trenutno zaznano stanje. Poikilotermni organizmi imajo spreminjajočo se telesno temperaturo telesa v nasprotju s homeotermnimi organizmi, ki imajo stalno temperaturo. Še najbolj razumljiva delitev pa je na podlagi izvora/načina uravnavanja temperature organizma. Na podlagi tega merila poznamo endotermne in ektotermne organizme. Ti izrazi se nanašajo na mehanizme uravnavanja telesne temperature in ne na temperaturo organizma. Endotermni



*Prikaz mehanizmov uravnavanja telesne temperature živali in ektotermnih organizmov.*  
 Avtor: Kristijan Skok.

organizmi večino svoje toplote proizvedejo s pomočjo metaboličnih procesov. Slika a prikazuje nekatere mehanizme uravnavanja telesne temperature pri ektotermnih organizmih, ki so večinoma odvisni od zunanjih virov toplote, čeprav veliko navedenih strategij pri gospodarjenju z energijo uporabljajo tudi endotermni organizmi. Najpogostejši zunanji viri toplote so Sonce (heliotermija) ali tople substrat (thigmotermija, grško *thigmo*, dotik). Shematski prikaz nekaterih skupnih

pomembnejših mehanizmov uravnavanja temperature pri živalih je razviden iz slike b. Shematski prikaz delitve živali po sposobnostih in strategijah uravnavanja toplote je razviden iz slike na sledeči strani. Omeniti velja, da zlasti na razvrstitev ektotermnih organizmov močno vpliva življenjsko okolje. Na primer: v vodah tropskega pasu, v vodah polarnih območij in v votlinah je temperatura dokaj stalna in posledično je taka tudi telesna temperatura v teh okoljih



*Delitev organizmov po načinu uravnnavanja toplote. Povzeto po: Wilmer, P., Stone, G., Johnston, I., 2004: Environmental Physiology of Animals. Z rdečo barvo so označeni termoregulatorji, z modro pa termokonformni organizmi. Z zelenimi puščicami je nakazana sposobnost začasne heterotermije.*

živečih organizmov. Pri nekaterih živalih, ki so v osnovi ektotermne, obstaja tudi možnost začasne endotermije. To pomeni, da v določenih okoliščinah žival dvigne stopnjo metabolizma ali aktivnost mišic in s tem povzra telesno temperaturo v celoti ali na delu telesa. Tovrstne mehanizme so opazili pri nekaterih žuželkah, ribah in kačah (zelenene puščice na sliki zgoraj).

### Zimsko spanje

Splošno obstajajo štiri pomembnejši vzorci uravnnavanja temperature pri **endotermnih organizmih**. Poznamo striktno homeotermijo, dnevno heterotermijo, dnevni torpor in hibernacijo. Vzorci so naštetni po vrstnem redu znižanja temperature telesa med aktivnostjo in počitkom. Torpor je specializirana oblika začasne heterotermije pri živalih in združuje hipotermijo (grško *hypo*, nizko;

nizka temperatura), hipometabolizem in hipoaktivnost. V kolikor traja dlje kot 24 ur, govorimo o hibernaciji ali zimskem spanju, pri katerem traja takšno stanje od več dni do več tednov. V tem obdobju so živali odvisne od shranjenih energijskih zalog. Trajanje in nastop hibernacije sta odvisna od temperature okolja, letnega časa in stanja organizma. Med predstavnike živali, ki hibernirajo, sodijo predvsem glodalci. Drugi znani predstavniki so predstavniki razreda vrečarjev, netopirji, ježi, medvedi, nekatere vrste čebel in metuljev in podobno. Predstavnike lahko glede na potrebo po hibernaciji delimo v obligatne in fakultativne. Kadar nastopi obdobje nizkih temperatur in pomanjkanja hrane, nekatere živali pridejo v hibernacijo. Da lahko zagotovijo takšno stanje dalj časa, morajo pridobiti rjavo maščevje in biti sposobne upočasnitve metabolizma. Posledično postanejo nekatere živalske vrste pred hibernacijo hiperfagične - pojedjo namreč ogromne količine hrane, ki se shranijo v obliki maščobe. Nekatere vrste živali so v času hibernacije tudi breje (na primer polarni medved). Prav tako je pomembna primerna izolacija (gnezdo, brlog, leglo, kožuh, maščevje). Zanimivo, da medvedi med hibernacijo ne urinirajo in uporabljajo nekatere gradnike urina (dušik

za ohranitev mišične mase, prav tako imajo tudi specifične proteazne zaviralce, ki aktivno zavirajo razgradnjo mišičnega tkiva.

Ribe so ektotermne, kar pomeni, da ne morejo samostojno aktivno uravnavati lastne temperature ali spremeniti ravni metabolizma. Po definiciji ne hibernirajo. Kljub temu pa v zimskem času oziroma v hladnih ali hipoksičnih (malo kisika) razmerah preidejo v dormantno stanje.

Večina žuželk je prav tako ektotermnih, vendar morajo biti sposobne prestatati hladne temperature s pomočjo prilagoditvenih mehanizmov. Poleg selitve lahko žuželke tudi preživijo v hladnih razmerah. Na podlagi prilagoditvenih mehanizmov te skupine delimo v: tolerantne na mraz in sposobne preprečiti zamrznitev. Za prvo skupino je značilno, da lahko preživijo nastanek ledenih kristalčkov (zamrznitev tekočine) v lastnih tkivih. Za drugo skupino je značilno, da ohranijo svojo znotrajcelično tekočino v tekočem stanju in preprečijo nastanek ledenih kristalov. To storijo s fiziološkimi in biokemičnimi mehanizmi. Kot zanimivost naj omenimo sposobnost izdelave krioprotektivnih snovi (na primer glicerola, sladkorjev) ali krioprotektivnih proteinov ter sposobnost premika točke zmrzali lastne tekočine pod ledišče (nekatere žuželke tudi na manj kot



*Obrambni mehanizem čebel. Čebele (Apis cerana japonica) so obkrožile oso. Foto: Takahashi. ([https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f3/Honeybee\\_thermal\\_defence01.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f3/Honeybee_thermal_defence01.jpg))*

-50 stopinj Celzije) v skladu s pojavom podhladitve (angleško *supercooling*).

### Toplota kot obrambni mehanizem

Toplota je lahko tudi obrambni mehanizem. Domače čebele (*Apis* sp.) so heterotermni organizmi in imajo sposobnost intenzivne endotermije. V primeru napada ose, ki ima močan zunanji skelet, osnovni obrambni mehanizmi ne delujejo (grizenje, pik in podobno). Zato se čebele organizirajo in obkrožijo oso, dokler ni popolnoma pokrita s čebelami (slika na prejšnji strani). V tej »čebelji krogli« se zgodi sledeče: čebele začnejo hitro krčiti svoje prsne mišice in tako ustvarijo toploto, temperatura znotraj krogle zato začne naraščati (tudi do 50 stopinj Celzija), dokler osa ne umre. Ob tem čebele ne presežejo lastne meje termostabilnosti. V primeru, da ima osa podobno toplotno (termalno) mejo kot čebele, poleg segrevanja preprečijo še dihanje in oso tako zadušijo.

### Bolezenska stanja

O povišani telesni temperaturi (vročini) pri človeku govorimo, če ima oseba zjutraj telesno temperaturo, izmerjeno v ustih, višjo od 37,2 stopinje Celzija in popoldne višjo od 37,7 stopinje Celzija. Ženske, ki še imajo menstruacijo, imajo po navadi v obdobju dveh tednov pred ovulacijo nižjo jutranjo telesno temperaturo, ta potem naraste za približno 0,6 stopinje Celzija z ovulacijo in ostane povišana do konca menstruacijskega cikla. Hiperpireksija je vročina, višja kot 41,5 stopinje Celzija. Ta skrajno visoka telesna temperatura lahko nastane pri bolnikih s hudimi okužbami, še bolj pogosto pa pri krvavitvi v osrednji živčni sistem zaradi spremenjenega delovanja središča za uravnavanje toplote. Hipertermija pa je stanje, ko pri nespremenjenem (normotermičnem) delovanju središča za uravnavanje toplote pride do dviga telesne temperature zaradi neustreznega oddajanja/sprejemanja toplote. Hipotermija je stanje, ko pade temperatura jedra telesa pod 35 stopinj Celzija.

### Vročina

Vročina je eden od glavnih pokazateljev bolezni tako pri človeku kot pri živalih in že stoletja prepoznavni znak okužbe. Vendar so lahko vzroki vročine tudi neinfekcijske narave (na primer tumorji, sistemske bolezni vezivnega tkiva, zdravila). Vročino uvrščamo med pogostejše težave, zaradi katerih večina obišče družinskega zdravnika. Vročina je posledica zvišane temperature jedra telesa in pogosto del obrambnega odziva na vdor žive (mikroorganizmi) ali nežive snovi, ki jo gostitelj prepozna za tujo. Predstavlja kompleksen fiziološki odziv, ki obsega tvorjenje akutnih reaktantov vnetja ter aktiviranje številnih fizioloških sistemov (na primer endokrinih in imunskih). Območje normalne temperature se lahko med posamezniki precej razlikuje. Za klinično rabo se vročina običajno opredeli kot:

- jutranja temperatura, merjena v ustih, ki je višja od 37,2 stopinje Celzija ali višja od 37,8 stopinje Celzija kadarkoli čez dan,
- temperatura, višja od 37,2 stopinje Celzija, če je merjena v pazduhi (aksilarna temperatura),
- temperatura, višja od 38 stopinje Celzija, če je merjena v danki (rektalna temperatura) ali na bobniču (timpanična temperatura).

Vročina je pomemben kazalnik bolezni in pokazatelj uspešnosti zdravljenja, zlasti uspešnosti zdravljenja okužbe. Vročina pri najpogostejših virusnih okužbah mine približno po štirih dneh, pri mnogih ostalih okužbah pa se pojavijo novi simptomi in znaki, ki zdravnika dodatno usmerijo v diagnostične postopke in zdravljenje. Če vročina brez lokaliziranih simptomov in znakov vztraja dlje kot štiri ali pet dni, je treba posumiti na morebitno redkejšo okužbo.

## Vročinski krči

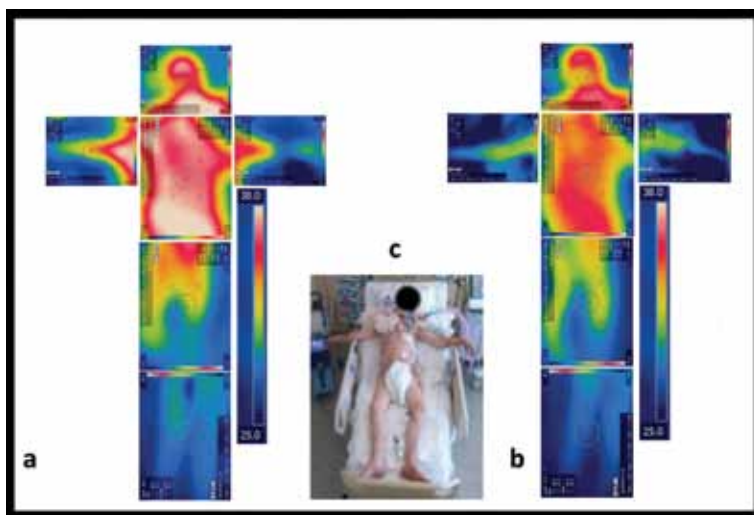
Vročinski krči so najpogostejša oblika krčev pri dojenčkih, pojavljajo pa se tudi pri malčkih in predšolskih otrocih do petega leta (pri dveh do štirih odstotkih otrok). Vzrok je genetska nagnjenost h krčem ob povišani telesni temperaturi pri določeni starosti. O vročinskih krčih lahko govorimo takrat, ko je otrok star od šest mesecev do pet let; ko gre za vročinsko stanje s hitrim porastom temperature nad 38 stopinj Celzija; ko je prisotna okužba, ki ni v osrednjem živčevju. V večini primerov (več kot 90 odstotkih) so vročinski krči preprosti in ne kompleksni. Razlika je v trajanju in prisotnosti nevroloških izpadov otroka. Otrok ob napadu postane otrpel, se trese/ima krče in lahko izgubi zavest. Napad traja večinoma manj kot pet minut. Pri otroku z vročino in krči vedno izključijo možnost meningitisa ali encefalitisa. V kolikor okužba ni znotraj osrednjega živčnega sistema, gre najpogosteje za virusno okužbo zgornjih dihal ali okužbo sečil. Kljub temu, da se vročinski krči lahko pojavljajo tudi v obliki epileptičnega statusa, zaščitnega zdravljenja s protiepileptičnimi zdravili ne uporabljajo, ker v takšnem primeru zdravila ne zmanjšajo verjetnosti ponovitve napadov ali epilepsije. Pri otroku z vročinskimi krči se začne s fizikalnimi

sredstvi takoj zniževati telesno temperaturo (kopel ali ovitki z mlačno vodo). Pri temperaturi, višji od 38 stopinj Celzija, se ob fizikalnih sredstvih lahko uporabijo tudi anti-piretiki v obliki rektalne svečke. V primeru, da krči trajajo več kot dve minuti, otroku dajejo zdravila za prekinjanje krčev: benzodiazepine (diazepam za rektalno uporabo, to je Stesolid v rektolah po pet miligramov in deset miligramov). Prognoza je pri vročinskih krčih dobra, tudi če se ponavljajo.

## Hipotermija

Kadar temperatura jedra pade pod 35 stopinj Celzija, govorimo o hipotermiji. To lahko glede na temperaturo še dalje delimo v blago (32 do 35 stopinj Celzija), srednjo (28 do 32 stopinj Celzija) in hudo (pod 28 stopinj Celzija). Pri blagi hipotermiji se pojavijo apatija, amnezija, zmedenost. Kadar temperatura pade pod 32 stopinj Celzija, se pojavi napredujoče zmanjševanje stopnje zavesti, upočasnjevanje srčnega utripa, motnje v delovanju ledvic in zmanjšana odzivnost refleksov. Kadar temperatura pade pod 28 stopinj Celzija, nastopijo koma, zniževanje krvnega tlaka, nastanek aritmij, odsotnost refleksov in podobno. Najnižja izmerjena temperatura pri posamezniku, ki so ga uspešno oživljali, je bila 16 stopinj Celzija.

*Inducirana (spodbujena) hipotermija. Posnetek bolnika z infrardečo kamero po srčnem zastoju: a) ob sprejemu, b) po 10 minutah, c) prikaz položaja bolnika. Avtor: Andrej Markota.*



Hipotermija se najhitreje pojavi pri starejših bolnikih in novorojencih. Glede na nastanek poznamo primarno akcidentalno hipotermijo (predhodno zdrava oseba, ki je bila izpostavljena hladu) in sekundarno hipotermijo, ki nastane zaradi hude sistemske bolezni.

Poznamo tudi inducirano (spodbujeno) terapevtsko hipotermijo. Uporabijo jo, kadar poskušajo zmanjšati poškodbo možganov po srčnem zastoju ali po poškodbi možganov ter pri kirurških posegih, ki jih opravljajo ob srčnem zastoju. Hipotermijo redno uporabljajo pri bolnikih po srčnem zastoju. Z ohlajanjem se zmanjša poraba energije in upočasni presnova. To deluje zaščitno in omogoča tudi začasno zaustavitev krvnega obtoka. Inducirana (spodbujena) hipotermija poteka v nadzorovanih razmerah in je reverzibilen proces (slika na prejšnji strani).

Podhlajenega posameznika zdravijo s pasivnim ali aktivnim segrevanjem. Pasivno segrevanje pomeni, da posameznika pokrijejo in premestijo v toplo okolje. Hitrost pasivnega segrevanja je po navadi od 0,5 do 2,0 stopinje Celzija na uro. Pasivno segrevanje je primerno za zdrave ljudi z blago primarno akcidentalno hipotermijo. Bolnik mora imeti zadostno zalogo glikogena (vira energije), da je sposoben endogene termogeneze. Aktivno segrevanje je potrebno pri temperaturi jedra pod 32 stopinj Celzija, pri srčno-žilni nestabilnosti, v skrajnih starostnih obdobjih, disfunkciji možganov, endokrini insuficienci in pri vsakem sumu na sekundarno hipotermijo. Obstaja več načinov aktivnega segrevanja jedra. Najboljši način zunanje aktivnega segrevanja dosežemo s kroženjem toplega zraka okoli bolnika (na primer z grelcem zraka, ki polni perforirano odejo). Manj učinkovito je segrevanje vdihanega zraka (od 40 do 45 stopinj Celzija), infuzija segrelih tekočin (od 40 do 42 stopinj Celzija) in segrevanje prek mehurja in želodca. Za hitro segrevanje je primerno tudi segrevanje pleuralnega prostora ali intraperitonealno segrevanje s toplo tekočino.

### Slovarček:

**Ektotermni organizmi.** Organizmi, ki so večinoma odvisni od zunanjih virov toplote in je ne proizvajajo sami v zadostni meri.

**Endotermni organizmi.** Organizmi, ki proizvajajo lastno toploto.

**Hibernacija.** V kolikor traja torpor dlje kot 24 ur, govorimo o hibernaciji ali zimskem spanju, pri katerem traja takšno stanje hipometabolizma, hipoaktivnosti in hipotermije dalj časa.

**Hipotalamus.** Predel možganov, ki z izločanjem hormonov uravnava mnoge življenjske pomembne funkcije.

**Hipotermija.** Stanje, ko pade telesna temperatura pod 35 stopinj Celzija.

**Homeotermija.** Homeotermni organizmi (grško *homeo*, podobno, enako) imajo stalno telesno temperaturo.

**Poikilotermija.** Poikilotermni organizmi (grško *poikilos*, spreminjajoče se, *thermos*, toplo) imajo spreminjajočo se telesno temperaturo telesa.

**Termogeneza.** Proizvodnja toplote.

**Torpor.** Torpor je specializirana oblika začasne heterotermije pri živalih in združuje hipotermijo (grško *hypo*, nizko; nizka temperatura), hipometabolizem in hipoaktivnost.

**Vazokonstrikcija.** Krčenje žil.

### Literatura:

Blix, A. S., 2016: *Adaptations to polar life in mammals and birds. Journal of Experimental Biology*, 219 (8): 1093 LP-1105.

Hall, J. E., Guyton, A. C., 2011: *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology. Vol. 12. Philadelphia: Elsevier Saunders.*

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

Marbl, M., Grubelnik, V., 2003: *Zakaj lahko pingvini stojijo bosi na ledu?. Proteus*, 66 (1): 24-27.

McCafferty, D. J., Pandraud, G., Gilles, J.,

Fabra-Puchol, M., Henry, P-Y., 2017: *Animal*

*thermoregulation: a review of insulation, physiology and behaviour relevant to temperature control in buildings.*

*Bioinspiration and Biomimetics*, 13 (1): 011001.

Mrowka, R., Reuter, S., 2016: *Thermoregulation. Acta Physiologica*, 217 (1): 3–5.

Stabentheiner, A., Kovac, H., Schmaranzer, S., 2007: *Thermal Behaviour of Honeybees During Aggressive Interactions. Ethology*, 113 (10): 995–1006.

Wilmer, P., Stone, G., Johnston, I., 2004: *Environmental Physiology of Animals, 2nd Edition. Oxford: Wiley-Blackwell.*

Spletni naslovi:

<https://www.nhs.uk/conditions/hypothermia/>. Opis stanja hipotermije pri človeku.

<https://www.khanacademy.org/science/biology/principles-of-physiology/metabolism-and-thermoregulation/a/animal-temperature-regulation-strategies>. Kratek pregled prilagoditvenih termoregulatornih mehanizmov živali.



**Kristijan Skok** je diplomant medicine na Medicinski fakulteti v Mariboru.



**Andrej Markota** je specialist interne medicine v Univerzitetnem kliničnem centru Maribor in asistent na katedri za interno medicino na Medicinski fakulteti v Mariboru.



**Marko Gosak** je docent za predmetno področje fizike na Medicinski fakulteti in Fakulteti za naravoslovje in matematiko v Mariboru in se ukvarja predvsem s teoretično biofiziko in fiziko kompleksnih mrež.



# Pesticidi v pitni vodi

Natalija Bobinc, Urška Blaznik, Urška Rozman, Sonja Šostar Turk

Pesticidi so snovi ali mešanice snovi, namenjene za preprečevanje, uničevanje ali nadzorovanje katerihkoli škodljivih organizmov, vključno s prenašalci bolezni ljudi ali živali, neželenih vrst rastlin ali živali, ki povzročajo škodo ali na kateri drug način ovirajo proizvodnjo, obdelavo, shranjevanje, transport ali prodajo hrane, kmetijskih pridelkov, lesa in lesnih izdelkov ali krme.

V Evropski uniji se pesticidi delijo v fitofarmaceutska sredstva (sredstva za zaščito rastlin) in biocide (sredstva za uničevanje škodljivcev). Pesticidi vsebujejo najmanj eno aktivno snov, ki:

- deluje proti škodljivim žuželkam ali rastlinskim boleznim v času rasti in v času skladiščenja,
- se jih lahko da živalim za nadzor zajedavcev na njihovih telesih ali v njih,
- vpliva na življenjske procese rastline (na primer pospešuje rast),
- varuje in s tem vzdržuje rastlinske proizvode,
- uničuje ali varuje pridelke pred rastjo nezaželenih rastlin (na primer plevelov).

Navedene učinke imajo lahko kemikalije, rastlinski izvlečki, feromoni ali mikroorganizmi (vključno z virusi). Ljudje so za zaščito rastlin, ki so jih gojili za hrano, najprej uporabljali številne naravne strupene snovi. Prvi znani pesticid, ki ga je uporabljal človek, je bilo žveplo. Pare žvepla so uporabljali za zaščito pridelkov že v starodavni Kitajski pred tri tisoč leti. V 16. stoletju so Kitajci za zaščito svojih polj uporabljali arzen (arzenik,  $As_2O_3$ ), ki je strupen za vse žive organizme. V 17. stoletju je bila za zatiranje

glodavcev znana uporaba listov tobaka (ki vsebujejo nikotin) ali semen strihninovca (*Strychnos nux-vomica*). Proti žuželkam so v 19. stoletju uporabljali rotenon (pridobljen iz korenine *Derris eliptica*) ali piretrine iz dalmatinskega bolhača (*Chrysanthemum cinerariifolium*; družina krizantem). Oboji se uporabljajo še danes, tudi na nedovoljen način, saj uporaba rotenona zaradi velike strupenosti ni več dovoljena v Evropski uniji. Konec 19. stoletja za zatiranje plesni pričnejo uporabljati prvo kemikalijo, tako imenovano bordojsko mešanico, ki vsebuje bakrov sulfat, apno in vodo ter je v uporabi še danes. Nekaj desetletij kasneje se je kemičnim pripravkom pridružila spojina, imenovana pariško zelena. Gre za bakrov(II) acetoarzenit, ki je intenzivno zelene barve, zelo strupen in so ga uporabljali za zatiranje podgan v Parizu, od tod tudi ime. V kmetijstvu je bil učinkovito sredstvo za zatiranje koloradskega hrošča.

Doba sintetičnih pesticidov, kemijskih spojin z lastnostmi zatiranja žuželk, se je pričela po letu 1939 s trženjem diklorodifeniltrikloroetana (DDT). DDT je bil v tistem času velika novost, zelo učinkovit insekticid (na primer tudi v boju s komarji, ki prenašajo povzročitelje malarije, denge in rumene mrzlice) in enostaven za uporabo. Za njegovo sintezo je Paul Müller leta 1948 prejel Nobelovo nagrado za medicino, saj je bilo s to spojino rešenih na milijone življenj. Spodbudil je nastanek drugih sintetičnih pesticidov. Njihova uporaba je naraščala vse do leta 1980. Takrat so se okrepili dokazi, da se kljub temu, da DDT in večina organoklorinih pesticidov ni akutno strupenih, njihova dolgotrajna strupenost kaže pri vseh živih bitjih, tudi pri človeku. Uporaba starejših oblik pesticidov, med njimi so organoklorini pesticidi, je v razvitem svetu

prepovedana od osemdesetih let prejšnjega stoletja in so vse zaloge morale biti uničene. Vendar jih ponekod v svetu še vedno uporabljajo (na primer DDT za preventivo proti malariji), zato se zaradi globalizacije njihovo spremljanje v uradnem nadzoru nadaljuje. Glede na način delovanja so najbolj pomembne sledeče skupine pesticidov:

- **insekticidi** (za zaščito rastlin in živali pred škodljivimi žuželkami): organofosforni in organoklorni pesticidi, piretrini/piretroidi in drugi;
- **herbicidi** (za zaščito rastlin pred pleveli): klorofenoksi spojine, dinitrofenoli, dipiridili, karbamati, triazini, derivati sečnine, aromatski amidi;
- **fungicidi** (za zaščito pred neželenimi glivami): alkilživosrebrne spojine, klorirani ogljikovodiki, dialkil-ditiokarbamati, triazoli in organofosforne spojine.

Med drugimi poznamo tudi skupine *akaricidov* (za zatiranje pršic), *nematocidov* (za zatiranje parazitskih glist - ogorčic), *limacidov* (za zatiranje polžev) in *rodenticidov* (za zatiranje glodavcev).

### Kemijska struktura in način delovanja pesticidov

Glede na kemijsko strukturo pesticide lahko razdelimo v več skupin:

**Anorganske snovi.** Natrijev klorid (kuhinjska sol), bakrov sulfat (modra galica), žveplo in svinčev arzenit so primeri anorganskih spojin, ki se kot pesticidi uporabljajo že več sto let. Njihova strupenost za sesalce je različna, strupenost bakra je nizka, strupenost svinca pa zelo visoka. Različni so tudi mehanizmi delovanja.

**Organoklorne spojine.** V teh spojinah so atomi klora vezani na ogljikovodike, največkrat na aromatske obročje, kot je to na primer pri DDT-ju ali pri PCB-jih (poliklo-

rirani bifenili). Organoklorni pesticidi imajo dve pomembni podskupini:

- DDT in podobne spojine (DDT, TDE, rotan, metoksiklor, klorodekon),
- ciklodini in podobne spojine (aldrin, dieldrin, endrin, heptaklor, klordan).

Najbolj pomembna lastnost organoklornih pesticidov je, da so zelo obstojni in v okolju »odporni«<sup>1</sup> proti fizikalnim dejavnikom (vročini, soncu, vlagi) in biološkim dejavnikom (mikroorganizmom). Zaradi lipofilnega značaja (topnost v maščobah) se kopičijo v maščobnem tkivu, živčevju, jetrih, ledvicah in drugih tkivih ljudi in živali.

**Organofosforne spojine.** Tej skupini pesticidov pripadajo številni estri fosforne kisline. Sinteza organofosfornih pesticidov se je pričela že v času pred drugo svetovno vojno. Paration, malation in azinfos-metil so bile prve organofosforne aktivne snovi, njihovi predhodniki pa žal uporabljeni kot kemično orožje (na primer sarin). Organofosforni pesticidi so v kmetijstvu hitro nadomestili škodljive organoklorne pesticide. V organizmih se ne kopičijo, prav tako je hitra njihova razgradnja v okolju. Če so usmerjeni proti izbranim žuželkam, ne prizadenejo drugih živali. Uporaba organofosfornih pesticidov je v zadnjih petdesetih letih usmerjena v insekticidno delovanje v kmetijstvu in v bivalnem okolju, imajo pa tudi nematocidne, herbicidne in fungicidne značilnosti. Pri organofosfornih pesticidih je zelo pomemben odmerek, s pravilno rabo so ti pesticidi škodljivi samo za žuželke (insekte) in ne za druge živali in ljudi. Žuželke jih namreč pri presnovi aktivirajo v še bolj strupene metabolite, medtem ko je presnova pri sesalcih drugačna. Poleg odmerka je pri organofosfornih spojinah pomembna tudi pogostost izpostavljenosti.

Organofosforni pesticidi so sami po sebi strupene snovi. V organizem se absorbirajo preko dihal, prebavil ali kože, zato pome-

nijo neposredno tveganje za delavce v proizvodnji pesticidov in v kmetijstvu. Njihova strupenost je tako akutna kot tudi kronična. Akutna zastrupitev (nesreče, na primer zaužitje pesticidnega pripravka) se kaže v različnih simptomih prekomerno vzdraženega živčnega sistema (na primer slinjenje, znojenje, dušenje, tahikardija, povišan krvni tlak, krči v trebuhu, motnje vida, zmedenost, motnje zavesti). Nekateri organofosforni pesticidi imajo ob ponavljajoči se izpostavljenosti različne nepredvidljive učinke, od zakasnjene nevropatije (poškodbe, vnetje ali obolenje živcev) do v zadnjem času vedno bolj raziskovanih povezav s pojavom sladkorne bolezni tipa II pri izpostavljenih delavcih. Razvijajoči se možgani so še posebej ranljivi za učinke organofosfornih pesticidov in izpostavljenost se lahko v obliki bolezni izrazi šele v odrasli dobi. Epidemiološki podatki kažejo, da je izpostavljenost organofosfornim pesticidom pri otrocih v času pred rojstvom (na primer nosečnost matere, zaposlene v rastlinjakih) lahko povezana s povečanim tveganjem za nekatere razvojne motnje (avtizem, Aspergerjeva motnja), znižana raven kognitivnih sposobnosti ter motnje pozornosti. Pri otrocih in mladostnikih je izpostavljenost organofosfornim pesticidom (delo na poljih, bivanje ob poljih) lahko povezana z vedenjskimi problemi, slabšim kratkotrajnim spominom, motoričnimi sposobnostmi in daljšim reakcijskim časom.

**Karbamati.** Karbamati so derivati karbaminske kisline ( $\text{NH}_2\text{COOH}$ ). Karbamatne pesticide delimo v tri večje razrede: karbamate, tiokarbamate in ditiokarbamate. Prvi karbamat fizostigmin (angleško *physostigmine*) je bil izoliran iz izvlečka kalabarskega boba (*Physostigma venenosum*) že leta 1864. Kot sredstva za zaščito rastlin se karbamati v kmetijstvu uporabljajo kot fungicidi, insekticidi in herbicidi. Karbamati so akutno in kronično strupeni. Akutna strupenost se kaže v milejših oblikah, kot so bolečine v prsih, lahko pa prihaja tudi do resnih zapple-

tov s krči, komo in celo smrtjo.

**Triazini.** Triazini so po kemijski strukturi heterociklične organske spojine z ogljikom in dušikom. Najbolj značilni predstavniki te skupine so atrazin, metribuzin, prometon, simazin, prometrin. Triazini pri rastlinah zmotijo prenos elektronov pri fotosintezi ter na ta način preprečujejo rast in pospešujejo propad rastlin. Nekatere rastline aktivno snov presnovijo (na primer koruza), druge ne (na primer pleveli), zato so triazini eni od najstarejših in že dolgo uporabljenih herbicidov. Atrazin smo pri nas veliko uporabljajo pri pridelavi koruze. Dolgotrajna izpostavljenost (na primer preko pitne vode) višjim odmerkom atrazina ima škodljive posledice na zdravje ljudi in živali. Njegova uporaba je zato ponekod omejena oziroma prepovedana, saj je vodotopen in se spira v podtalnico. V Sloveniji ga ne uporabljamo že več kot deset let, a se žal njegovi presnovki (na primer desetilatrazin) občasno še vedno najdejo v vodi. Proces polnega očiščenja podzemnih voda bo verjetno trajal vsaj še kakšnih dvajset let.

**Piretroidi.** Piretroidi so sintetični estri krikantemske kisline (2,2-dimetil-3-(2-metil-1-propenil)-ciklopropanojska kislina) in podobni naravnim piretrinom. Te sproščajo nekatere rastline iz rodu *Chrysanthemum* - krizanteme (na primer *Chrysanthemum cinerariifolium*) – za obrambo pred insekti. Sintetizirali so jih že leta 1949 (na primer aletrin, dimetrin). Strupenost piretoridov za toplokrvne živali in ljudi je razmeroma nizka, prav tako so hitro biološko razgradljivi. Zanje pa so zelo občutljivi hladnokrvni živalski organizmi, na primer ribe, školjke, dvoživke, žuželke. Znan piretroid, ki se veliko uporablja v kmetijstvu, je permetrin.

## Strupenost pesticidov

Danes vemo, da imajo pesticidi povišano strupenost za ljudi in okolje, njihove biološko aktivne snovi pa so po naravi strupene za žive organizme. Učinki so lahko takojšnji (akutni) ali dolgotrajni (kronični) in odvisni od odmerkov (količine) in načinov izpostavljenosti (na delovnem mestu, preko hrane/

vode, iz okolja).

Uporaba pesticidov je dovoljena le na podlagi ocene njihovih potencialnih vplivov na zdravje ljudi in okolja, kar vključuje serijo testiranj, nekatera od njih so prikazana v tabeli 1. Odnos učinka od odmerka lahko kaže prag, pod katerim niso opazili statistično značilnih bioloških odzivov pri te-

<b>Akutna oralna strupenost</b>	Študija na testnih živalih z enim odmerkom, da se določi stopnja strupenosti (LD <sub>50</sub> ).
<b>Kratkotrajna strupenost</b>	Ponovljeni dnevni odmerki 14 do 28 dni na testnih živalih, indikator potenciala strupenosti, v povezavi z občutljivimi kliničnimi in patološkimi testi, lahko se uporabi za določitev ARfD.
<b>Subkronična strupenost</b>	Ponovljeni dnevni odmerki 90 dni na testnih živalih, nudijo informacije o tarčnih mestih strupenosti in učinkov, uporabni za zasnovo kroničnih študij, lahko se uporabijo za določitev ARfD ali ADI.
<b>Strupenost za genetski material</b>	Kratkotrajni testi, zasnovani na bakterijskih in sesalskih celičnih sistemih.
<b>Dolgotrajna (kronična) strupenost in raketvornost</b>	Ponovljeni dnevni odmerki eno leto oziroma dve leti pri glodavcih, podatki iz teh študij so običajno podlaga za oceno tveganja in določitev ADI.
<b>Reprodukтивna strupenost</b>	Ponovljeni dnevni odmerki pred brejostjo, med njo in po njej pri testnih živalih, za določitev učinkov na razvijajoči se zarodek, mladiča in možne podedovane učinke; lahko podlaga za določitev ARfD ali/in ADI.
<b>Strupenost za imunski sistem (imunotoksičnost)</b>	Raziskave na strukturah in delovanju tkiv in celic, odgovornih za delovanje imunskega sistema, testi vključeni v kratkotrajne ali subkronične študije, z njimi lahko določamo ARfD ali/in ADI.
<b>Strupenost za živčni sistem (nevrotoksičnost)</b>	Raziskave na strukturah in delovanju živčnega sistema, vključujoč vedenjske teste, razvojno nevrotoksičnost ter zakasnjeno nevrotoksičnost, testi vključeni v kratkotrajne ali subkronične študije, z njimi lahko določamo ARfD ali/in ADI.

Tabela 1: Toksikološki testi za ugotavljanje škodljivih učinkov pesticidnih aktivnih snovi pri ljudeh in živalih. Povzeto po Renwicku, 2002.

stnih organizmih. Za tako snov se podatki odmerek-učinek s testnih organizmov na ljudi ekstrapolirajo z uporabo tako imenovanih varnostnih dejavnikov. Genotoksični učinki (strupeni za genetski material, DNA ali kromosome) nimajo praga v odnosu odmerka-učinek, zato snovi s takim potencialom ne morejo dobiti dovoljenja za uporabo. Pri snoveh, pri katerih se da določiti mejo praga za učinek, ki je pomemben za ljudi, se strupenost običajno izrazi v dveh oblikah – toksikoloških referenčnih merah:

- ADI (angleško *acceptable daily intake*), sprejemljivi dnevni vnos: količina snovi, ki se lahko uživa vsak dan vse življenje in za katero je na podlagi doslej znanih podatkov malo verjetno, da se bo pojavil škodljivi učinek pri ljudeh;
- ARfD (angleško *acute reference dose*), akutni referenčni odmerek: količina snovi, ki se lahko uživa v enem obroku ali v enem dnevu in za katero je na podlagi doslej znanih podatkov malo verjetno, da se bo pojavil škodljivi učinek pri ljudeh.

Preden je določena aktivna snov dovoljena za uporabo, mora biti opravljena ocena tveganja, ki vključuje ocene izpostavljenosti za vse občutljivejše in bolj izpostavljene populacijske skupine (dojenčke, malčke, poklicno izpostavljene, starejše, kronične bolnike, posameznike s specifično prehrano in podob-

no). Opravijo tudi še številne študije vpliva na okolje (tako imenovane ekotoksikološke študije), kjer so vidni širši učinki na populacijska razmerja pri neciljnih organizmih v naravi.

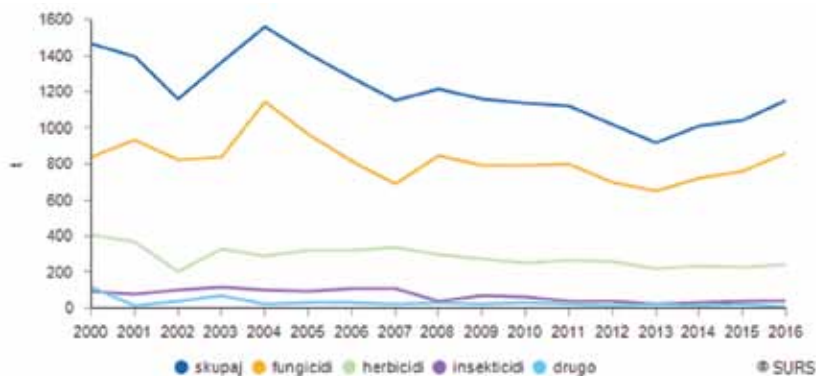
### Prodaja pesticidov v Evropski uniji in Sloveniji

Po podatkih Statističnega urada Republike Slovenije (SURS) je bilo v letu 2016 prodanih 1.156 ton pesticidov, od tega največ fungicidov, 860 ton ali 74 odstotkov. Herbicidov je bilo prodanih 247 ton (21 odstotkov), insekticidov 41 ton (4 odstotki) in drugih pesticidov 9 ton (manj kot odstotek). Prodaja pesticidov v Sloveniji v letih od 2000 do 2016 je prikazana na sliki 1.

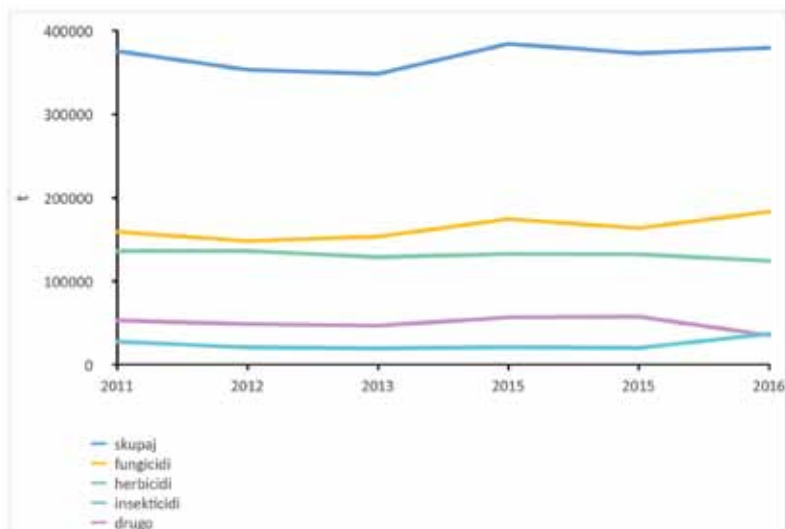
Po podatkih statističnega urada Evropske unije (Eurostat) je bilo v letu 2016 prodanih 379.624 ton pesticidov, od tega največ fungicidov, 183.256 ton ali 48 odstotkov. Herbicidov je bilo prodanih 124.298 ton (33 odstotkov), insekticidov 36.889 ton (10 odstotkov) in drugih pesticidov 35.181 ton (9 odstotkov). Prodaja pesticidov v Evropski uniji v letih od 2011 do 2016 je prikazana na sliki 2.

### Pesticidi v hrani in pitni vodi

S sodobnimi analitskimi tehnikami zaznavamo kemijske ostanke pesticidnih aktivnih snovi ter njihove metabolne, pretvorbene ali reakcijske produkte v tleh, vodi, hrani in v živih organizmih. Preko vseh naštetih virov



Slika 1: Prodaja pesticidov v Sloveniji v letih od 2000 do 2016. Vir: Statistični urad Republike Slovenije, Uprava za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin.



Slika 2: Prodaja pesticidov v Evropski uniji v letih od 2011 do 2016. Vir: Eurostat.

vstopajo tudi v človeka, zato mora biti njihova uporaba nadzorovana. Področje vsebnosti pesticidov v hrani je zakonsko urejeno z določitvijo seznama dovoljenih aktivnih snovi, določitvijo kombinacij aktivna snov/kategorija živila ter določitvijo največjih dovoljenih količin ostankov aktivnih snovi in njihovih metabolitov (maksimalna vrednost ostanka – MVO, angleško MRL). Direktiva 91/414/EEC določa, da smemo uporabljati le aktivne substance, ki so na seznamu pesticidov v Evropski uniji. Evropska zbirka podatkov o pesticidih je dostopna na spletnih straneh Evropske komisije: <http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=homepage&language=EN>.

Že od leta 1996 države članice Evropske unije sodelujejo v koordiniranem nadzornem programu glede vsebnosti ostankov pesticidov in njihovih razgradnih produktov v živilih. Slovenija je evropski koordinirani program nadzora pridružila nacionalnemu programu po vstopu v Evropsko unijo leta 2004. Podatke spremljanj v Evropi prikazuje Evropska agencija za varnost hrane (EFSA). Leta 2016 je več kot 96 odstotkov odvzetih in analiziranih vzorcev hrane glede vsebnosti ostankov pesticidov ustrezalo mejnim

vrednostim, 51 odstotkov odvzetih vzorcev hrane pa ni vsebovalo merljivih količin pesticidnih aktivnih snovi (glede na običajno koncentracijsko mejo 0,01 miligrama na kilogram).

Prav tako pa so območja z intenzivno razvitim kmetijstvom ogrožena zaradi prehajanja pesticidov v podzemno vodo in posledično tudi v pitno vodo. Z uveljavitvijo *Pravilnika o pitni vodi* je leta 2004 začela veljati v Evropski uniji predpisana najvišja dovoljena (mejna) vrednost 0,10 mikrograma v litru za posamezni pesticid in njegove produkte ter 0,50 mikrograma v litru za vsoto pesticidov. Za pesticide aldrin, dieldrin, heptaklor in heptaklorepoksid je dovoljena mejna vrednost 0,03 mikrograma v litru.

### Spremljanje pesticidov v pitni vodi v Sloveniji

Za preverjanje, ali pitna voda izpolnjuje zahteve *Pravilnika o pitni vodi* ter zlasti za mejne vrednosti onesnaževal, zagotavlja Ministrstvo za zdravje spremljanje pitne vode – tako imenovani monitoring pitne vode. S spremljanjem pitne vode preverjamo skladnost pitne vode z zahtevami, katerih namen je varovanje zdravja ljudi pred škodljivimi učinki zaradi kakršnegakoli one-

snaženja pitne vode. Program spremljanja opredeljuje mesta in pogostost vzorčenja, metodologijo vzorčenja, fizikalno-kemijske in mikrobiološke analize ter izvajalce vzorčenja in laboratorijskih preizkušanj. V skladu z določili *Pravilnika o pitni vodi* sta izvajalca spremljanja Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano in Nacionalni inštitut za javno zdravje. V okviru spremljanja pitne vode preverjajo koncentracijo 120 posameznih pesticidov in njihovih razgradnih produktov – metabolitov - ter kumulativno vsebnost pesticidov.

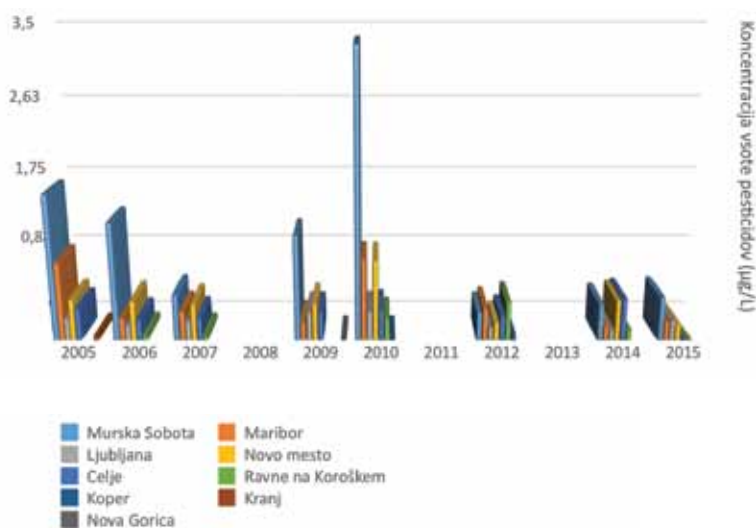
### Stanje pesticidov v pitni vodi v obdobju od leta 2005 do leta 2015 v Sloveniji

Opravili smo analizo podatkov spremljanja pesticidov v pitni vodi za obdobje od leta 2005 do leta 2015. Podatke smo pridobili s strani Nacionalnega laboratorija za zdravje, okolje in hrano ter na spletni strani Agencije Republike Slovenije za okolje. Pri analizi zbranih podatkov o vsebnosti pesticidov v pitni vodi smo ugotovili, da se povišane vrednosti pesticidov najpogosteje pojavljajo na območju pomurske regije (merilno mesto Murska Sobota), podravske regije (merilno mesto Maribor) in posavske regije (merilno mesto Novo mesto). Rezultati so skladni s

podatki Agencije Republike Slovenije za okolje, ki poroča, da je pitna voda najbolj onesnažena na območjih, kjer se izvaja intenzivno kmetijstvo. V Sloveniji je to v ravninskih predelih Slovenije, Murske in Dravske kotline. Na teh območjih je še vedno previsoka vsebnost pesticidov v podzemni vodi. Pojavljajo se tudi posamezna točkovna onesnaženja, ki so pogosto posledica nestrokovne rabe pesticidov. Pri analizi podatkov smo ugotovili, da se povišane vrednosti pesticidov pojavljajo tudi na območju Savinjske, osrednje Slovenije in Koroške ter v manjšem obsegu še na območju Savske kotline (slika 3).

Prav tako je v regijah Podravske, Pomurske in Savske kotline v uporabi najvišji delež kmetijskih zemljišč in njiv in znaša več kot 30 odstotkov glede na celotno površino regije. Delež njiv glede na celotno površino kmetijskih zemljišč v Pomurski regiji znaša 84 odstotkov, v Podravske regiji 57 odstotkov in v Posavski regiji 37 odstotkov (slika 4).

Pri analizi podatkov za Slovenijo smo ugotovili, da so bile na območju celotne Slovenije največkrat izmerjene povišane vrednosti atrazina in njegovega razgradnega produkta desetilatrazina. Najvišja vrednost atrazina



Slika 3: Najvišje izmerjene vrednosti vsote pesticidov v pitni vodi v obdobju od leta 2005 do leta 2015 na posameznih območjih v Sloveniji.

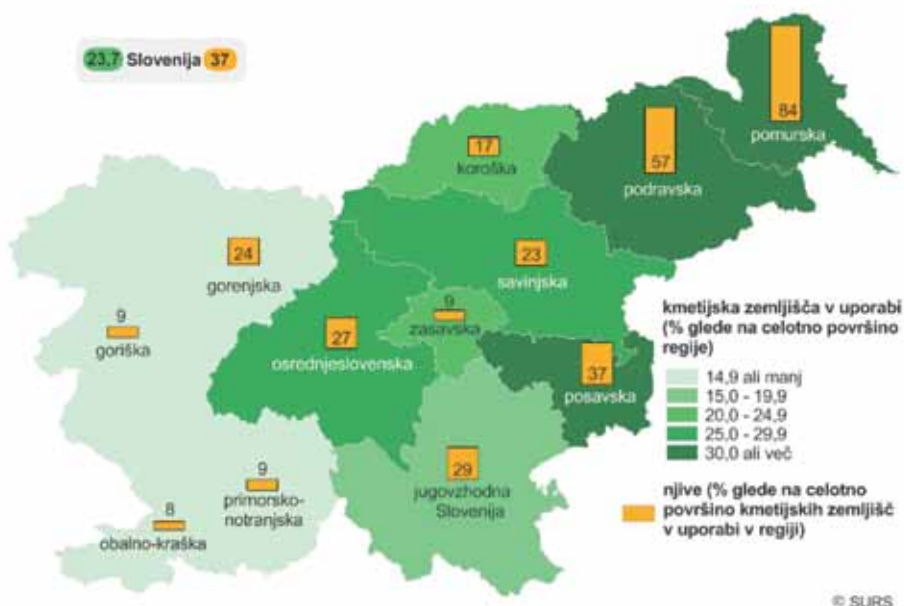
je bila izmerjena na merilnem mestu Novo mesto leta 2007 (0,3 mikrograma v litru), najvišja vrednost desetilatrazina pa leta 2013 (0,57 mikrograma v litru) na merilnih mestih Murska Sobota in Maribor. Najvišja vrednost v celotnem izbranem časovnem obdobju je bila izmerjena pri metabolitu herbicida metolaklor - ESA leta 2010 (3,2 mikrograma v litru) (slika 5).

V izbranem časovnem obdobju so bile izmerjene tudi povišane vrednosti vsote pesticidov, najvišja je bila izmerjena leta 2010 (3,4 mikrograma v litru) na območju Murske Sobotne (slika 6).

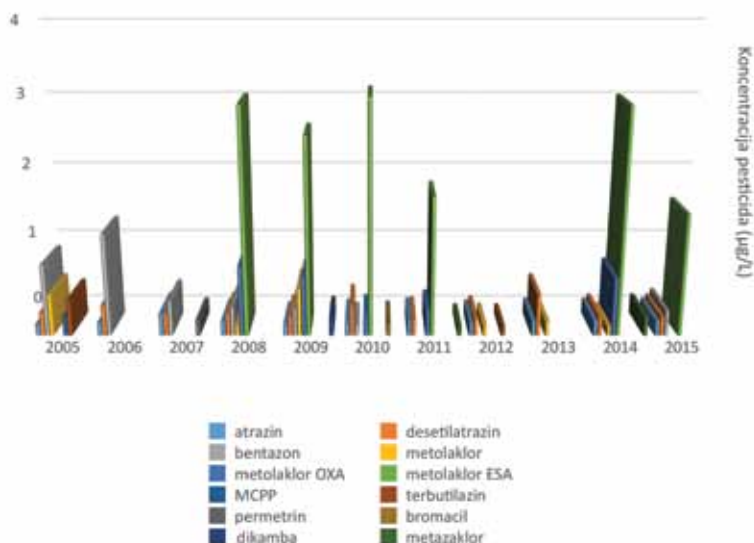
Pričakovali bi, da sta kakovost pitne vode in prisotnost ostankov pesticidov tesno povezani in skladni s porabo fitofarmaceutskih sredstev, ki se je v zadnjih dvajsetih letih prepolovila. Vsote ostankov sredstev za varstvo rastlin ter njihovih metabolitov kažejo na večini vodonosnikov v Sloveniji

trend zmanjševanja, kar je predvsem posledica zniževanja koncentracij atrazina in metabolita desetilatrazina. Zmanjšuje se tudi število posameznih aktivnih snovi in njihovih razgradnih produktov. Kljub omejitvam uporabe atrazina že leta 1996 in prepovedi leta 2003 pa je analiza podatkov o vsebnosti pesticidov v pitni vodi za Slovenijo pokazala najvišji delež preseganja mejnih vrednosti pesticidov na merilnih mestih prav za atrazin in še posebej za njegov metabolit desetilatrazin. Zato moramo poudariti, da se kljub prepovedi atrazin glede na podatke spremljanja še vedno občasno pojavlja, njegovi metaboliti pa bodo najbrž prisotni v pitni vodi še nekaj časa. Ob teh se v podtalnici pogosteje od drugih pojavljajo le še metolaklor in njegova metabolita ESA in OXA. Metolaklor je v Sloveniji ena od najpogosteje uporabljenih aktivnih snovi pri pridelovanju koruze.

Slika 4: Delež kmetijskih zemljišč v uporabi glede na celotno površino regije ter delež njiv glede na celotno površino kmetijskih zemljišč v uporabi po statističnih regijah v Sloveniji za leto 2016. Vir: Statistični urad Republike Slovenije, Geodetska uprava Republike Slovenije.





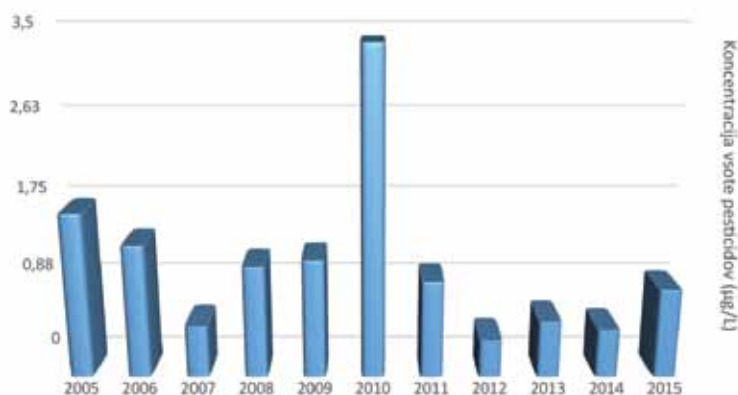


*Slika 5: Najvišje koncentracije posameznih pesticidov, ki so presegle mejne vrednosti na območju celotne Slovenije v obdobju od leta 2005 do leta 2015.*

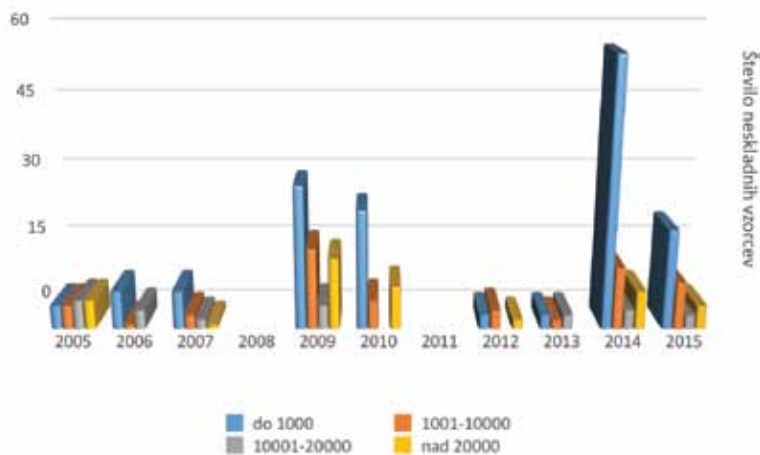
Največ neskladnih vzorcev pitne vode se pojavlja na območjih s tisoč prebivalci ali manj (slika 7) zaradi nestrokovnega upravljanja, neustrezne priprave pitne vode in nedoločenosti vodovarstvenih območij. Na teh območjih običajno ni težava v ostankih pesticidov, pač pa so slabši predvsem drugi parametri – mikrobiološki, saj je pogost problem manjših vodovodnih sistemov fekalna onesnaženost pitne vode. V program spremljanja pitne vode niso vključeni prebivalci, ki se oskrbujejo iz sistemov za oskrbo s pitno vodo za manj kot petdeset oseb.

### Stanje pesticidov v pitni vodi v Evropi

Povišane koncentracije vsaj enega ali več pesticidov v pitni vodi je mogoče najti v številnih evropskih državah, pri čemer so najbolj onesnažena območja z intenzivnim kmetijstvom. Problem z onesnaženjem pitne vode se pojavlja v nižinskih rečnih območjih Belgije, Francije, na Nizozemskem in v Veliki Britaniji. Podobno imajo številne evropske države (Belgija, Francija, Nizozemska in Velika Britanija) povišane vrednosti vsaj enega ali več pesticidov v pitni vodi, med katerimi mejne vrednosti najpogosteje presegata atrazin in njegov metabolit desetilatrazin, med onesnaževalce pitne vode pa



*Slika 6: Najvišje izmerjene vrednosti vsote pesticidov na območju celotne Slovenije v obdobju od leta 2005 do leta 2015.*



*Slika 7: Število neskladnih vzorcev pitne vode glede na število uporabnikov pitne vode, vezanih na posamezni sistem, v obdobju od leta 2005 do leta 2015 v Sloveniji.*

sodijo tudi drugi pesticidi, med njimi izoproturon in MCPA (sredstva za zatiranje plevela). Tudi v drugih evropskih državah (Belgiji, Bolgariji, Češki, Danski, Nemčiji, Franciji, Italiji, Cipru, Avstriji, Poljski, Slovaški, Veliki Britaniji in Švici) sta najpogostejša onesnaževalca vode pesticida atrazin in njegov metabolit desetilatrazin. V Nemčiji, na Danskem in na Nizozemskem je s pesticidi prekomerno onesnaženih deset odstotkov podtalnice. V Franciji 96 odstotkov vzorcev površinskih voda in 61 odstotkov vzorcev podzemnih voda vsebuje ostanke vsaj enega pesticida, pri čemer skoraj tretjina vseh ostankov pesticidov presega dovoljeno mejo za pitje. Na Portugalskem so v sezonskem času na območjih intenzivnega kmetijstva v vodi prisotne sledi triazinov, kot so atrazin, simazin, terbutilazin in diuron. Pojavljajo se tudi drugi pesticidi, kot so diazinon, metolaklor in linuron. Najvišje vrednosti pesticidov so bile zabeležene v pomladnem obdobju po uporabi pesticidov na območjih intenzivnega kmetijstva (škropljenje oljk in vinske trte). Tudi v Grčiji so se v vodi pojavili atrazin, DEA, alaklor, prometrin, molinat, karbofuran, karbaril in diazinon. Povišane vrednosti so se pojavljale med obdobjem intenzivne uporabe pesticidov in v času intenzivnih padavin. Na Madžarskem, kjer so glavni onesnaževalci herbicidi, ki so

močno povezani s pridelavo koruze, pa se vrednosti prepovedanih pesticidov (atrazin) v vodi zmanjšujejo.

### Zaključek

Pitna voda je glede na podatke spremljanja najbolj onesnažena s pesticidi na severovzhodu Slovenije, predvsem zaradi intenzivne kmetijske dejavnosti ter tako posledično največje uporabe fitofarmaceutskih sredstev. Rezultati spremljanja pesticidov v pitni vodi kažejo, da njihova pravilna uporaba ne predstavlja večjega tveganja za kakovost pitne vode. Zaradi nestrokovne uporabe fitofarmaceutskih sredstev nastajajo posamezna točkovna onesnaženja pitne vode, kar je zaskrbljujoče. Menimo, da bi bilo v prihodnje treba nameniti več pozornosti predvsem izobraževanju in uzaveščanju uporabnikov o pravilni uporabi pesticidov, hkrati pa zagotoviti, da bi pristojni organi pravočasno ukrepali ob morebitnih primerih prekomernega onesnaženja pitne vode s pesticidi. Treba bi bilo zagotoviti boljši strokovni nadzor pri upravljanju manjših oskrbovalnih območij ter zagotoviti ustrezno pripravo pitne vode in določiti vodovarstvena območja na vseh oskrbovalnih območjih, saj so problem tudi drugi parametri, ki jih spremljajo v okviru monitoringa pitne vode. Prav tako

bi bilo treba v spremljanje vključiti prebivalce, ki se oskrbujejo iz manjših sistemov za oskrbo s pitno vodo (do petdeset oseb). Na območjih, kjer je voda že prekomerno onesnažena s pesticidi, bi bilo treba ljudi spodbuditi k izvajanju ekološkega kmetijstva in uporabi bioloških sredstev za zatiranje plevelov in škodljivcev. Slovenija je še vedno država, ki ima tako dobro ohranjene ekosisteme podzemnih voda, da skoraj vso pitno vodo pridobi iz naravnih vodonosnikov brez postopkov kemičnega čiščenja, kar v drugih državah z milijonskimi velemesti ni več možno.

### Slovarček:

**DNA (slovensko tudi DNK).** Deoksiribonukleinska kislina je molekula, ki je nosilka genetske informacije v vseh živih organizmih.

**Fitofarmacevtska sredstva.** Pripravki, ki jih v kmetijstvu uporabljajo za zaščito pred plevelom in za varstvo rastlin in pridelkov pred povzročitelji bolezni ter škodljivci.

**Kontaminacija, onesnaženje.** Prisotnost nezaželene snovi ali delcev v drugi snovi.

**Monitoring.** Sistem meritev stanja okolja (na primer vode).

**Pesticidi.** Umetno pripravljene organske spojine, namenjene zatiranju plevelov, mrčesa, škodljivih organizmov in povzročiteljev bolezni.

**Toksičnost, strupenost.** Lastnost kake snovi, da že v majhnih količinah povzroči škodljive učinke na živem organizmu.

### Literatura:

- Blažič, M., in sod., 2009: *Gradivo za usposabljanje prodajalcev FFS in izvajalcev varstva rastlin*. Ljubljana: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Fitosanitarna uprava Republike Slovenije.
- Evropska komisija. Pesticidi. Spletni vir: [http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/index_en.htm).
- Fatur, T., Hočvar - Grom, A., Perharič, L., 2006: *Genotoksičnost pesticidov, vključenih v spremljanje stanja pitne vode v Sloveniji*. Zdravniški vestnik, 45 (4): 186–190.

Grmek - Košnik, I., Ambrož, B., Blaznik, U., Otorepec, P., 2006: *Pesticidi v pitni vodi*. Zdravniški vestnik, 75 (9): 537–548.

Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano. Monitoring pitne vode. Spletni vir: <http://www.mpv.si/predstavitev>.

Pravilnik o pitni vodi. Uradni list RS, št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06, 25/09, 74/15 in 51/17.

Nielsen, E., Nørhede, P., Boberg, J., Krag Isling, L., Kroghsbo, S., Hadrup, N., 2012: *Identification of Cumulative Assessment Groups of Pesticides*. National Food Institute, Technical University of Denmark. Dostopno na: <http://www.efsa.europa.eu/it/search/doc/269e.pdf>.

Renwick, A. G., 2002: *Pesticide residue analyses and its relationship to hazard characterisation (ADI/ARfD) and intake estimations (NEDI/NESTI)*. Pest Management Science, 58: 1073–1082.

Uredba Evropskega parlamenta in Sveta (ES) št. 396/2005 z dne 23. februarja 2005 o mejnih vrednostih ostankov pesticidov v ali na hrani in krmi rastlinskega in živalskega izvora ter o spremembi Direktive Sveta 91/414/EGS. Spletni vir: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?uri=CELEX%3A32005R0396>.

Watson, D. H., 2004: *Pesticide, veterinary and other residues in food*. Cambridge: Woodhead Publishing.

# Dogodki in pojavi ob ekliptiki

*Marijan Prosen – Majo*

*Dragemu kolegu in prijatelju matematiku Cirilu<sup>1</sup>,*

*ki je srčno podpiral astronomijo in rad bral moje »poljudnice«.*

*Kranj – Zlato Polje, 21. januarja 2018.*

V vesolju se marsikaj dogaja. Na številne pojave in dogodke sploh ne pomislimo, da se dogajajo ob kakšnih značilnih točkah ali krivuljah na nebu. Ena taka značilna, zelo znana, a očem seveda nevidna krivulja na nebu je ekliptika - velika krožnica na nebesni sferi. Predstavlja navidezno letno pot Sonca. Ob njej se dogaja več pomembnih astronomskih pojavov. O njih bomo na kratko spregovorili v tem prispevku.

## Ekliptika

Izraz ekliptika je izpeljan iz grške besede *ékleipsis* (έκλειψις - izostanek, izpuščanje, mrk; *ekleiptikos* - mesto, kjer je izostanek,

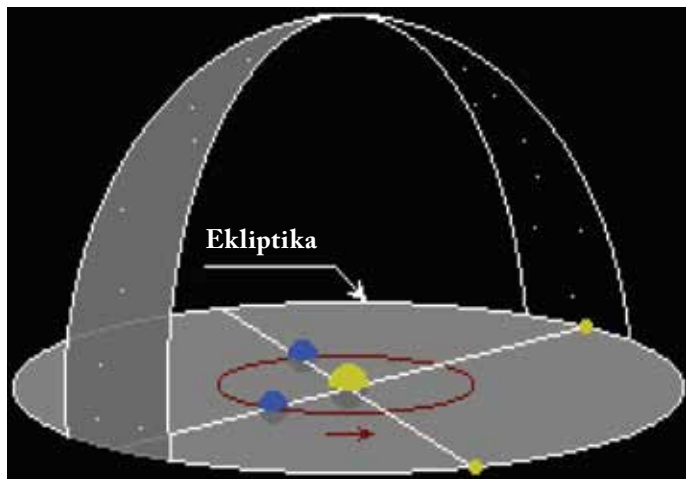
<sup>1</sup> *Ciril Velkovrh (1935—2017) je bil matematik, knjižničar, urednik revije Presek in Obzornik za matematiko in fiziko ter drugih matematičnih in fizikalnih publikacij, planinec in fotograf naravoslovne in kulturne dediščine.*

kjer se pojavi mrk). Tako je ekliptika neposredno povezana z mrki, z Luninimi in Sončevimi.

Mrki torej nastajajo na ekliptiki ali tik ob njej, na navidezni letni Sončevi poti. Pravzaprav se dogajajo hkrati na dveh Sončevih poteh, saj poznamo dve njegovi poti: dnevno in letno. Dnevno pot od vzhoda proti zahodu zaradi vrtenja Zemlje v nasprotni smeri in letno pot proti vzhodu zaradi kroženja Zemlje okrog Sonca. Prva, ki jo zlahka opazimo, se odigra v enem dnevu (v 24 urah), druga, ki jo težje opazimo, pa v enem letu (v 365 dneh).

Ekliptiko različno pojasnjujejo, celo z Zemljino krožno potjo v vesolju, kar ni prav. Ekliptika je samo na nebu. No, povezuva je že. Je projekcija Zemljine poti okrog Sonca na nebesno sfero. Tako posredno pridelamo veliko krožnico na nebesni sferi, ki predstavlja letno pot Sonca na nebu.

Definicija za ekliptiko je prav preprosta. To je navidezna letna pot Sonca ali letna pot Sonca na nebu ali letna pot Sonca glede na zvezde ali pot, ki jo na nebu naredi (opravi, opiše) Sonce v enem letu zaradi kroženja



**Nastanek ekliptike.** Z Zemlje (leva modra kroglica) projiciramo Sonce na nebesno sfero - kroglo (česar seveda ne vidimo, saj se to dogaja podnevi). Tako nastane navidezna lega Sonca na sferi, natančneje, na ekliptiki. Ker se Zemlja na svojem tiru okrog Sonca giblje oziroma premika (glej puščico) in mi stalno projiciramo Sonce na nebesno sfero, se navidezno, to je na nebu, premika tudi Sonce po ekliptiki. Ko Zemlja obkroži Sonce, tudi Sonce opiše svojo navidezno pot na nebesni sferi - ekliptiko. Sonce pride spet v svojo prvotno navidezno lego po enem letu, to je ravno v času, kolikor je obhodni čas Zemlje okrog Sonca.

Zemlje. Vse štiri opredelitve ekliptike so sprejemljive.

Čeprav mrki nastopajo na (ob) ekliptiki, jih tukaj ne bomo posebej obravnavali, saj je to preveč splošno znana in tako velikokrat obravnavana astronomska vsebina, da bi se lahko ponavljali in postali nezanimivi. Temu se bomo izognili. Povedali bomo le bistvo.

Pri mrkih so udeleženi Sonce, Luna in Zemlja. Seveda morajo biti izpolnjeni še določeni pogoji, da pride do njih. V Osončju najdemo satelite, ki krožijo razmeroma bližje okrog svojih matičnih planetov, kakor

kroži Luna okrog Zemlje, vendar ni nikjer tako čudovito lepih Sončevih mrkov kot pri nas. Vzrok Sončevih mrkov je znan. Njihova posebnost na Zemlji pa se kaže v tem, da sta zorni kot Sonca in zorni kot Lune skoraj enaka. Zaradi eliptičnih tirov Zemlje okrog Sonca in Lune okrog Zemlje se zorna kota malenkostno le spreminjata: zorni kot Sonca v mejah od 31,5 do 32,5 kotne minute, zorni kot Lune pa v mejah med 29,4 in 33,5 kotne minute. Take okoliščine pri planetih v Osončju so izpolnjene samo pri Zemlji. Zaradi tega lahko opazujemo popolne Sončeve mrke, ko Luna popolnoma zakrije

Sonce, ko je zorni kot Lune večji od zornega kota Sonca, in kolobarjaste, ko Luna popolnoma ne zakrije Sonca, ko je zorni kot Lune manjši od Sončevega.

Sončev mrk je zelo redek pojav za kak kraj na Zemlji. Za posamezno opazovališče pride na primer en popolni Sončev mrk približno na vsakih 350 let. Za Zemljo kot celoto pa so ti mrki razmeroma pogosti, saj se v ciklu 18 let zvrsti kar 43 različnih tipov Sončevih mrkov.

Toliko glede mrkov. Zdaj obrnimo naš pogled k pojavom, ki so podobni Sončevemu mrku in se prav tako dogajajo ob ekliptiki. Gre za *zakritja* ali okultacije in *navidezne prehode* ali navidezna prečkanja ali navidezne tranzite vesoljskih teles. Glavni igralci v teh obekliptičnih pojavih in dogodkih sta spet Luna in Sonce, pridružijo pa se jima še zvezde, planeti in vsa vesoljska družčina, ki biva ali pa kakorkoli in



*Popolni Sončev mrk in kolobarjasti Sončev mrk – edinstvena naravna pojava pri planetih v Osončju –, vidna samo z Zemlje.*

kadarkoli pride v neposredno bližino ekliptike. Glavni opazovalci teh pojavov pa smo mi - Zemljani.

### Zakritje

Zakritje ni samo nebesni, ampak je kar splošno življenjski pojav, ko opazujemo, da prvo (vesoljsko) telo zakrije ali okultira drugo. Prvo telo je med nami in drugim telesom, kar pomeni, da drugo, to je zakrito ali okultirano telo, leži od nas dlje kot prvo. Zakritega telesa ne moremo opazovati, saj ga ne vidimo. Ta pojav večkrat navajajo kot dokaz, katero od dveh vesoljskih teles pri zakritju je od nas bolj oddaljeno, ali prvo ali drugo.

Najpreprostejši primer zakritja je, da z roko zakrijemo Luno. Ni potrebna razlaga, kaj je dlje.

*Zvezda Spika 30. novembra 1994 zjutraj, tik pred Luninim zakritjem (levo zgoraj). To bo Lunino zakritje Spike (rečemo lahko tudi: To bo zakritje Spike z Luno.). Ko se Luna giblje na nebu, občasno pride pred kakšno zvezdo. Zakrije zvezdo in nam začasno prepreči, da bi jo opazovali. Ker Luna skoraj nima ozračja, ki bi počasi slabilo zvezdino svetlobo, zvezda v hipu zaide (izgine - zakritje) ali v hipu vzide (se pojavi - odkritje). Lunino mesečno gibanje glede na zvezde poteka v vzhodni smeri. Zato se zaid (izginotje) zvezde vedno dogodi na vzhodnem Luninem robu, vzid (pojav) zvezde pa na zahodnem.*



Luna pri svojem gibanju na nebu lahko zakrije zvezde, planete, planetoide, glave kometov, radijske vire in tako naprej. To, da jih zakrije, pomeni, da so vsa omenjena vesoljska telesa od nas bolj oddaljena kot Luna.

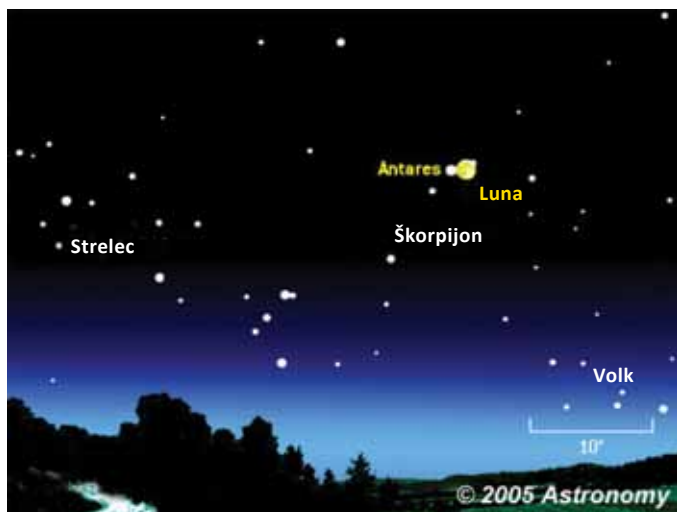
Tudi planeti lahko pri svojem gibanju po nebu zakrijejo zvezde, bližnji planeti celo zakrijejo oddaljeneje. Prvo se dogaja zelo redko, drugo pa še redkeje. Lahko bi navedli še kak drug primer, na primer kometno zakritje zvezde, a naj bo to za zdaj kar dovolj.

Najbolj znana, številna, raziskana in tudi pomembna so Lunina zakritja zvezd. Pri tem zakritju zvezda v hipu zaide za vzhodni Lunin rob in v hipu tudi vzide iz za zahodnega.

Lunino zakritje zvezde se zgodi v nekaj stotinkah sekunde. Pojav lahko posnamemo na filmski trak, s televizijsko kamero, fotočelico, posebnim fotometrom, videom. Zelo natančni pregledi teh posnetkov kažejo, da Luno obkroža skrajno redko ozračje, tako zelo redko, da bi lahko rekli, da ga sploh

*Luna je prišla med Venero in Zemljo. Venera je pravkar vzšla (prišla) iz za zahodnega Luninega roba. Pred kratkim se je zgodilo Lunino zakritje Venere (zakritje Venere z Luno).*





Zgoraj: Lunino zakritje zvezde Antares zgodaj zjutraj 24. maja leta 2005.  
Spodaj: Antares kmalu po tem zakritju.



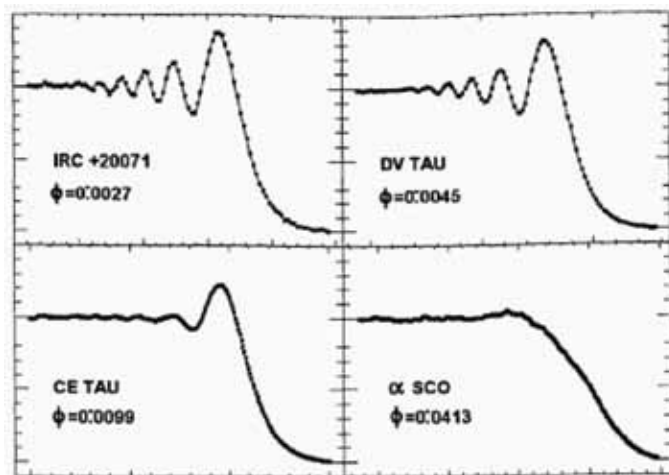
nima. Pri izredno skrbnem vidnem opazovanju sij zvezde dve do tri sekunde, preden izgine za Lunin rob, zelo narahlo oslabi, zvezda nekako šibko «zamigota» oziroma »obledi«, preden zaide za Luno.

Iz Luninega zakritja zvezd je mogoče celo izmeriti skrajno majhne zorne kote zvezd, nekaj stotink kotne sekunde, kakor na primer zorni kot 0,041 kotne sekunde za zvezdo Antares, in nato pri njihovi znani oddaljenosti izračunati njihove radije.

Kot zgled izračunajmo radij Antaresa v radijih Sonca  $R/R_0$ , če je izmerjeni zorni kot  $\alpha$  Antaresa  $\alpha = 0,041$  kotne sekunde, njegova oddaljenost od Zemlje  $r = 620$  svetlobnih let (1 svetlobno leto je  $9,5 \cdot 10^{12}$  kilometrov), radij Sonca pa  $R_0 = 7 \cdot 10^5$  kilometrov.

To izračunamo kar z osnovnošolsko matematiko šestege ali sedmega razreda. Ker je oddaljenost  $r$  zvezde zelo velika in zvezdo povrhu vidimo še v zelo majhnem zornem kotu  $\alpha$ , lahko upravičeno uporabimo enačbo za središčni kot  $\alpha$  in njemu pripadajoči lok, ki je kar enak tetivi  $t = 2R$ , pri krožnici z radijem  $r$ . Velja enačba:  $2R/2\pi r = \alpha/360^\circ$ , od koder sledi radij zvezde Antares v radijih Sonca:  $R/R_0 = \pi r \alpha / 360^\circ \cdot R_0 = \pi \cdot 620 \cdot 9,5 \cdot 10^{12} \text{ km} \cdot 0,041'' / 360 \cdot 60 \cdot 60'' \cdot 7 \cdot 10^5 \text{ km} \approx 840$ .

Zvezda Antares je rdeča nadorjakinja poznega spektralnega tipa, katere radij je približno 840-krat večji od radija Sonca in je med največjimi zvezdami v naši Galaksiji, kar jih poznamo. Je tako velika, da bi s svojim radijem dosegla skoraj Jupitrovo orbito, če bi Sonce postavili v njeno središče. Mimogrede omenimo, da je kot 0,041 kotne



*Prikazani so rezultati štirih meritev naraščajočega zornega kota ( $\phi$ ) zvezd, med njimi tudi zvezde Antares ( $\alpha$  Sco) z zornim kotom  $\phi = 0,0413$  kotne sekunde. Zorni kot zvezde ugotovijo iz značilne oblike svetlobne slike (uklonske krivulje) za posamezno zvezdo tik po zakritju zvezde. Čim manj bričkov in dolinic ima slika, večji je zorni kot zvezde. Antaresova slika jih sploh nima, zato ima Antares med zvezdami enega največjih zornih kotov. Ugotovijo ga kar iz izmerjenega skrajno kratkega časa zabajanja zvezde za Lunin rob, to je iz strmine krivulje. S tem načinom izmerijo zorne kote zvezd, manjše od tisočinke kotne sekunde.*

sekunde tako skrajno majhen, da v njem pri pravokotnem pogledu razločimo 2 milimetra dolgo daljico v oddaljenosti 10 kilometrov. Z Luninimi zakritji pa izmerijo še manjše zorne kote zvezd.

Medtem ko zvezda zaide ali vzide v hipu, pa planet kar nekaj časa zahaja (leze) za Lunin rob ali vzhaja (se počasi prikazuje) izza njega. Iz izmerjenega časa zahajanja planeta za Lunin rob je mogoče ugotoviti zorni kot

planeta in pri znani oddaljenosti izračunati še njegovo velikost – radij.

Z Luninimi zakritji zvezd ugotovijo tudi natančno lego Lune, za katero vemo, da ji je zaradi silno zamotanega gibanja zelo težko določiti, jo pa v raznih izračunih pogosto nujno potrebujejo. In Lunino zakritje zvezd je pravi način, ki to omogoča. Zakrite zvezde imajo namreč natančno izmerjeno ali izračunano nebesno lego. Natančna lega



*Saturn po Luninem zakritju počasi vzhaja izza Lune. Ponoči 14. maja leta 2014.*



središča Lune na nebu pa je od natančne lege zvezde tik ob zakritju oddaljena samo za zorni kot polmera kroga (diska, okrogle ploskvice), ki jo na nebu zavzema Luna, to je za kot  $\frac{1}{2} \cdot 0,5^\circ = 15'$ .

Za vsa Lunina zakritja je odločilno Lunino mesečno gibanje na nebu, ki poteka v nasprotni smeri od dnevnega gibanja Lune. Poteka od zahoda proti vzhodu (v levo, če gledamo proti jugu ali Luni in je na naši desni strani zahod) in zvezda ali planet zaide (izgine) za Luninim vzhodnim robom in vziđe (se pojavi) izza njenega zahodnega.

Pri planetnih zakritjih pa ni vedno tako. Planet se na nebu nekaj časa giblje v levo (proti vzhodu), potem ima zastoj, potlej se premika v desno, nato ima spet zastoj in se začne ponovno premikati v levo in tako naprej. Na nebu »dela« zanke oziroma, kot tudi rečemo, planet zanka. Tako lahko pride do planetnega zakritja zvezde na vzhodnem ali na zahodnem robu (strani) planeta. Enako velja za planetno odkritje zvezde.

Pri planetnem zakritju zvezde lahko pred zakritjem opazujemo, kako gre zvezda skozi planetovo ozračje in zvezdi slabi sij, s čimer lahko ugotavljamo značilne lastnosti ozračja. Približno enkrat na petsto let na primer Mars zakrije kakšno svetlejšo zvezdo, vidno s prostimi očmi. Pri jasnem vremenu bi lahko z daljnogledom opazovali, kako na enem robu planeta zvezda zaide, je nato nekaj minut zakrita, potem pa na nasprotnem robu vziđe.

Tako je na primer Venera 11. julija leta

1825 zakrila zvezdo Delta Bika podnevi in zakritje ni bilo vidno, bo pa vidno Venerino nočno zakritje zvezde Regul 11. oktobra leta 2044.

Medsebojno zakrivanje planetov je še mnogo redkejše od planetnih zakritij zvezd. Venera je zakrila planet Mars 13. oktobra leta 1590, kar je opazoval Keplerjev učitelj, nemški astronom Michael Maestlin (1550–1631) iz Heidelberga. 21. avgusta leta 2104 bo Venerino zakritje planeta Neptun, Merkur pa bo zakril Neptun 15. julija leta 2067. Navedli smo le nekaj podatkov o medsebojnih zakritjih planetov, in to le zato, da bi opozorili, kako zelo, zelo redki pojavi in dogodki so ta vrsta zakritij.

### Navidezni prehod

Obrnimo zdaj pozornost še k navideznemu prehodu (prečkanju, tranzitu) nebesnega telesa. Tudi ta pojav ni samo astronomski, ampak ga dobro poznamo iz navadnega življenja. Mi ga bomo obravnavali na astronomski način.

Navidezni prehod se zgodi, ko gre prvo vesoljsko telo navidežno čez drugo, ko prvo telo navidežno prehodi (preide) ali prečka drugo. Prvo vesoljsko telo vidimo v majhnem zornem kotu, drugo vesoljsko telo pa v velikem (vsekakor v večjem kotu kot vidimo prvo). Z Zemlje opazujemo, kako prvo vesoljsko telo, ki ga vidimo v manjšem zornem kotu kakor drugo, navidežno gre (potuje, leze) čez (preko) drugega. Prvo telo projiciramo na drugo. V tem primeru nam



*Jupiter pravkar zakriva velik del Saturna, kmalu pa bo zakril še dve zvezdi. Ali je to mogoče? Je. Naslednje Jupitrovo zakritje Saturna bo po nekih računih leta 7541.*

je prvo telo bliže kakor drugo.

Razlikujemo navidezne prehode notranjih planetov Merkurja in Venere čez svetlo Sončevo navidezno okroglo ploskvico (disk), kjer je zorni kot drugega telesa neprimerno večji od zornega kota prvega, in navidezne prehode planetov med seboj, kjer so razlike v zornih kotih prvega in drugega telesa manjše. Pri medsebojnih navideznih prehodih planetov imamo različne situacije, tako kot pri medsebojnih zakritjih planetov. Pomembno vlogo ima zorni kot vesoljskega telesa. Samo kadar ima prvo vesoljsko telo manjši zorni kot kakor drugo vesoljsko telo in ga projiciramo na drugo telo, se dogodi navidezni prehod, to je, da gre lahko prvo telo navidezno čez (prečka) drugo. Če je zorni kot prvega telesa večji od zornega kota drugega telesa, pride že do zakritja. Oba pojava, zakritje in prehod, sta torej odvisna od zornih kotov, v katerem sta telesi vidni z Zemlje. Tudi Sončev mrk je v bistvu zakritje. (Opomba: Ne more na primer priti do navideznega prehoda Jupitra čez Sonce ali Neptunovega prehoda čez Jupiter, lahko pa do Marsovega navideznega prehoda čez Jupiter. Vsak primer posebej obravnavamo in obdelamo, če je mogoč.). Tako bo na primer 11. avgusta leta 2079 navidezni prehod Merkurja čez Mars (ponoči) in 7. aprila leta 2094 navidezni prehod Merkurja čez Jupiter

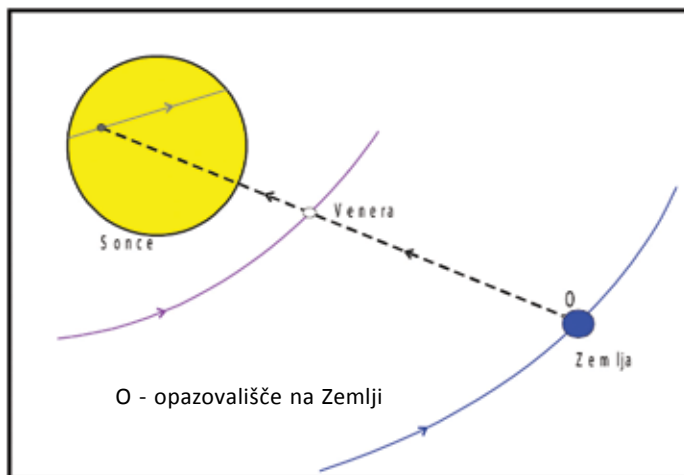
(podnevi). Toliko podatkov samo mimogrede.

### Navidezni Venerin in Merkurjev prehod čez Sonce

Pred kratkim, leta 2004 in leta 2012, sta se zgodila dva zaporedna navidezna Venerina prehoda ali prečkanji čez Sonce. Zato posebej obravnavajmo ta tip prehoda. Kar spoznamo za prehod Venere čez Sonce, velja tudi za Merkur. Le zorni kot Merkurja ob prehodu je veliko manjši kot Venerin. V določenem časovnem razdobju se zgodi tudi veliko več Merkurjevih kot Venerinih prehodov (pomislite, zakaj).

Venera je notranji planet. To pomeni, da kroži okrog Sonca v razdalji, ki je manjša od razdalje Zemlje od Sonca. Zelo, zelo redko se zgodi, da pride Venera na svoji krožni poti okrog Sonca natanko med Sonce in Zemljo. Ko pa se to dogodi, opazovalec *O* na Zemlji projicira Venero na Sonce in lahko opazuje, kako Venera kot majčkena okrogla temna pega (okrogel madež, packa) v smeri od vzhoda proti zahodu navidezno prečka svetlo Sončevo krožno ploskvico. Ta pojav imenujemo *navidezni Venerin prehod (prečkanje ali tranzit) čez Sonce*. Pojav lahko traja več ur. Opazovati ga je mogoče s površja Zemlje kot tudi iz vesolja, na primer iz vesoljskih sond. Najbolj varno za oči je, da

*Shematični prikaz navideznega prehoda Venere čez Sončevo okroglo ploskvico. Venero projiciramo na Sonce. Kot drobna temna okrogla pega se počasi premika po tetivi svetle Sončeve okrogle ploskvice. Pojav se začne, ko se okrogla Venera z zunanje strani navidezno dotakne okrogle Sončeve ploskvice, nato »Venerina pega« leze in zleze v Sončevo ploskvico, po njej navidezno leze (potuje) nekaj ur, ko jo z zunanjim dotikom s Sončevo ploskvico končno zapusti. Skica: Maja Prosen.*





*Najbolj varno opazovanje navideznega prehoda, v tem primeru Venere, čez Sonce je na zaslonu daljnogleda. Fotografija je nastala 8. junija leta 2004 na Osnovni šoli Šenčur.*

*Foto: Stana Prosen.*

ga opazujemo na belem zaslonu daljnogleda (glej sliko).

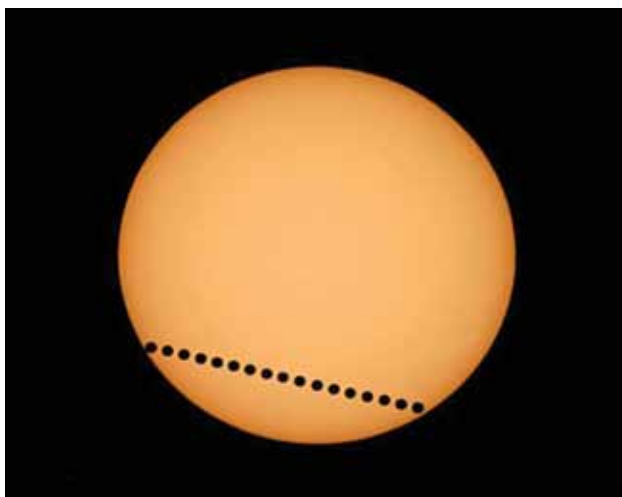
Podobno poteka navidezni Merkurjev prehod čez Sonce, le da se Merkur prikazuje kot veliko manjša temna pega na Sončevi ploskvi kakor Venera.

Do danes so opazovali le sedem navideznih Venerinih prehodov čez Sonce, in to v letih 1639, 1761 in 1769, 1874 in 1882, 2004 in 2012. Zadnja dva smo množično opazovali tudi iz Slovenije. Naslednji, viden iz naših krajev, bo 10. decembra leta 2117. Le redki danes živéči ga bodo lahko opazovali. Merkurjevih prehodov je zabeleženih veliko več in jih vseh ne morem tukaj naštet. Nimam celotnega pregleda. Vendar to sploh ni po-

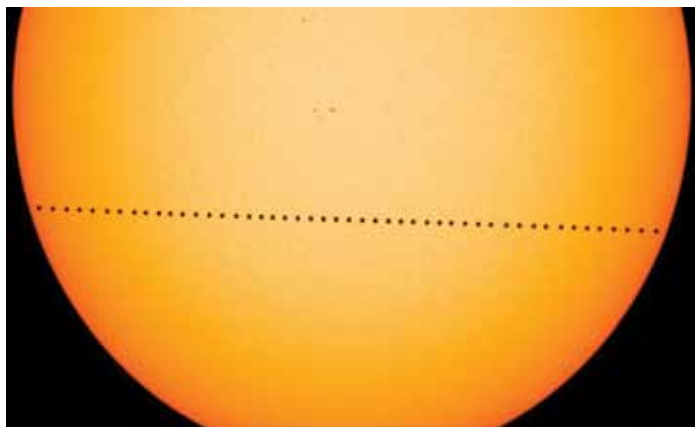
membno za razumevanje samega pojava.

S prvim opazovanjem Venerinega prehoda čez Sonce je povezana prav zanimiva zgodba o angleškem amaterskem astronomu Jeremiasu Horrocksu (1618-1641) in njegovi veliki natančnosti. Bil je duhovnik in domači učitelj v vaseh blizu Liverpoola. V svojem kratkem življenju se je zanimal za številna vprašanja astronomije. Kot samouk je preučil vsa temeljna astronomska dela preteklosti in tudi svoje sedanosti.

Bil je marljiv opazovalec nebesnih pojavov. Natančno je pregledal Keplerjeve tablice planetnih gibanj, v njih našel napake, jih popravil in s tem povečal njihovo natančnost. Ponovno je izračunal elemente plane-



*Zadnji navidezni prehod Venere preko Sonca junija leta 2012. Zorni kot Venere ob prehodu čez Sonce je približno ena kotna minuta, tako da je približno 30-krat manjši od zornega kota Sonca 0,5 kotne stopinje (ocena).*



*Navidezni prehod Merkurja čez Sonce 9. maja leta 2016. Zorni kot Merkurja ob prehodu je približno 12 kotnih sekund in je približno 150-krat manjši od zornega kota Sonca (ocena).*

tnih tirov, med njimi tudi Venere. Iz računov je pravilno napovedal čas nastopa navideznega Venerinega prehoda čez Sončevo ploskvico v začetku decembra leta 1639, kar je slavni Kepler spregledal. Tako je bil Jeremiah skupaj s svojim prijateljem prvi, ki je opazoval ta pojav.

Prvo opazovanje Venerinega navideznega prehoda čez Sonce pri nas pa je opravil jezuit, matematik in astronom Janez Schöttl (Steyer, 1724–1777), ki je jeseni leta 1759 prišel poučevat v Ljubljano in tu 6. junija leta 1761 opazoval navidezni prehod Venere čez Sonce. O tem opazovanju je zapustil rokopis *Observationes Veneris per discum Solis an. 1761 die 6. Juni transeuntis factae Labaci*. To opazovanje mu je prineslo priznanje številnih pomembnih evropskih astronomov, celo s pariške akademije znanosti.

Oba navidezna Venerina prehoda čez Sonce, leta 1761 in leta 1769, je opazoval s pekinškega astronomskega observatorija tudi veliki slovenski astronom in misijonar iz Mengša, Ferdinand Avguštin Hallerstein (Ljubljana, 1703–Peking, 1774). O obeh opazovanjih je prav tako zapustil tiskani dokument.

### **Zaključek**

Človek skoraj ne more verjeti, kaj vse se v vesolju skriva in hkrati dogaja ob ekliptiki, če ne bi vsega tega, vseh teh pojavov: mrkov, zakritij, prehodov in še marsikaj druge-

ga, sam tudi opazoval, občudoval, doživljal, podoživljal, o njih razmišljal, se jih pogosto spominjal in, na koncu, o njih še celo pisal. Res, veliko teh opazovanj sem doživel. In se jih z vso dušo in srcem globoko in radostno spominjam. Ta svoja razmišljanja in prijetna občutja ob tem sem želel v tem prispevku čim bolj živo in pisano prikazati. Koliko mi je to uspelo, ne vem in ne morem soditi. Vse je relativno. Ampak dobra volja je bila. Vse to vedeti, videti, opazovati, zbrati, urediti, pojasniti in napisati ni kar tako nekaj, je pa nekaj čudovitega. Vesolje ostaja mogočno, prijazno in lepo. Vendar razumeti ga, je najlepše. Vsaj zame. Tako se mi zdi.

*Tudi Cirilu bi se zdelo tako.*

# Gremo na Merkur

*Mirko Kokole*

Soncu najbližji planet je Merkur, ki je tudi najmanjši izmed notranjih planetov. Okoli Sonca potuje po orbiti z veliko polosjo, ki znaša le 0,387 astronomske enote (to je razdalje med Soncem in Zemljo). Ekscentričnost ali sploščenost njegove orbite je kar 0,20. Ko je v periheliju ali prisončju, se Soncu zato približa na razdaljo 0,30 astronomske enote. Najdlje pa je oddaljen od Sonca v afeliju ali odsončju, ko je njegova oddaljenost kar 0,46 astronomske enote. Ima tudi posebnost, da je v orbitalni resonanci 3 : 2, kar pomeni, da se v dveh obhodih okoli Sonca trikrat zavrti okoli lastne osi. Poleg tega je njegova os vrtenja skoraj popolnoma pravokotna na ravnino orbite. Nagnjena je le za 0,03 stopinje, to pa pomeni, da obstajajo polarna območja, kjer nikoli ne posveti Sončeva svetloba. Posledica teh

dejstev je, da je Merkur planet skrajnosti. Na njem najdemo območja, ki so izjemno vroča - temperatura tam doseže kar 427 stopinj Celzija -, pa tudi območja, ki so izjemno mrzla, s temperaturami okoli -173 stopinj Celzija.

Kljub temu, da je Merkur izjemno zanimiv tako z vidika teorije o nastajanju planetov, geologije in nastanka magnetnih polj planetov, je eden od najmanj raziskanih planetov. Do sedaj sta ga obiskali le dve vesoljski sondi: Mariner 10 konec sedemdesetih let in Messenger, ki je končal opazovanje leta 2015. To se bo marsikomu zdelo nenavadno, saj je Merkur od nas navsezadnje oddaljen le 0,7 astronomske enote, sonde pa pošiljamo tudi na skrajni rob Osončja, ki je od nas oddaljen več kot 30 astronomskih enot. Razlog najdemo prav v njegovi bližini Sonca. Vesoljska sonda, ki potuje z Zemlje, mora tako izgubiti veliko svoje vrtilne količine, ker bi sicer le švignila mimo planeta. Mi pa si navsezadnje želimo, da bi se utirila v stabilno orbito okoli planeta. Kako izvesti tak potovalni manever, ne da bi pri tem porabili izjemno velike količine goriva, je predlagal italijanski znanstvenik, matematik in inženir Giuseppe »Bepi« Colombo (1920–1984). Problem je rešil z vrsto kompleksnih manevrov, ki izkoristijo načelo gravitacijske frače - oziroma v tem primeru zaviranja - ob bližnjem srečanju vesoljske ladje z vsemi tremi planeti na svoji poti - Zemljo, Venero in



*Umetnikova predstava Merkurjevega planetnega orbiterja in Mia, ki sestavljata sondo BepiColombo, ob prihodu k Merkurju.*

*Foto: ESA/ATG medialab; Mercury: NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington.*

Merkurjem. Zato se po »Bepiju« Colombu imenuje tudi najnovejša vesoljska sonda, ki bo opazovala planet Merkur.

Sondo BepiColombo sta s skupnimi močmi izdelali Evropska vesoljska agencija (ESA) in Japonska vesoljska agencija (JAXA), ki sta vsaka prispevali svoj modul (oziroma samostojno sondo), ki skupaj sestavljata sondo BepiColombo. Sonda BepiColombo je bila izstreljena 20. oktobra letos in že uspešno potuje proti Merkurju. A njena pot bo dolga in bo trajala kar sedem let. V Merkurjevi orbiti bo šele 5. decembra leta 2025. Gravitacijsko zaviranje bo sonda naredila enkrat pri Zemlji, dvakrat pri Veneri in kar šestkrat pri Merkurju, preden se bo ustalila v stabilno orbito.

Sondo BepiColombo sestavljajo trije deli. Prvi je pogonski modul, imenovan MTM (Mercury Transfer Modul, Modul za prehod do Merkurja). Ta vsebuje sončne celice in do sedaj najmočnejši ionski pogon. Pogon

je sposoben maksimalnega potiska 290 milinewtonov, kar se sliši izjemno malo, a ker pogon deluje stalno, je na koncu sprememba hitrosti, ki jo doseže, zelo velika. Sončne celice skupaj proizvedejo od 7 do 14 kilowattov moči, kar zadostuje tako za ionski pogon kot za vso ostalo elektroniko. Ko se bo BepiColombo utiril okoli Merkurja, bo pogonski modul odvrigel in nato uporabljal le majhne kemične pogone.

Drugi del sonde je MPO (Mercury Planetary Orbiter – Merkurjev planetni orbiter), ki je težak 1.150 kilogramov in vsebuje enajst znanstvenih inštrumentov: kamere in spektrometre, ki merijo vse od infrardeče svetlobe do žarkov gama, tudi nevtronski spektrometer, laserski višinomer ter detektorje delcev. Tako bomo v orbiti Merkurja prvič imeli popoln nabor merilnikov, ki bodo pokazali vse lastnosti tega planeta - od površinskih značilnosti in sestave do notranje zgradbe. Merkurjev planetni orbiter in njegove inštrumente so izdelale večinoma ustanove in podjetja iz Evropske unije.

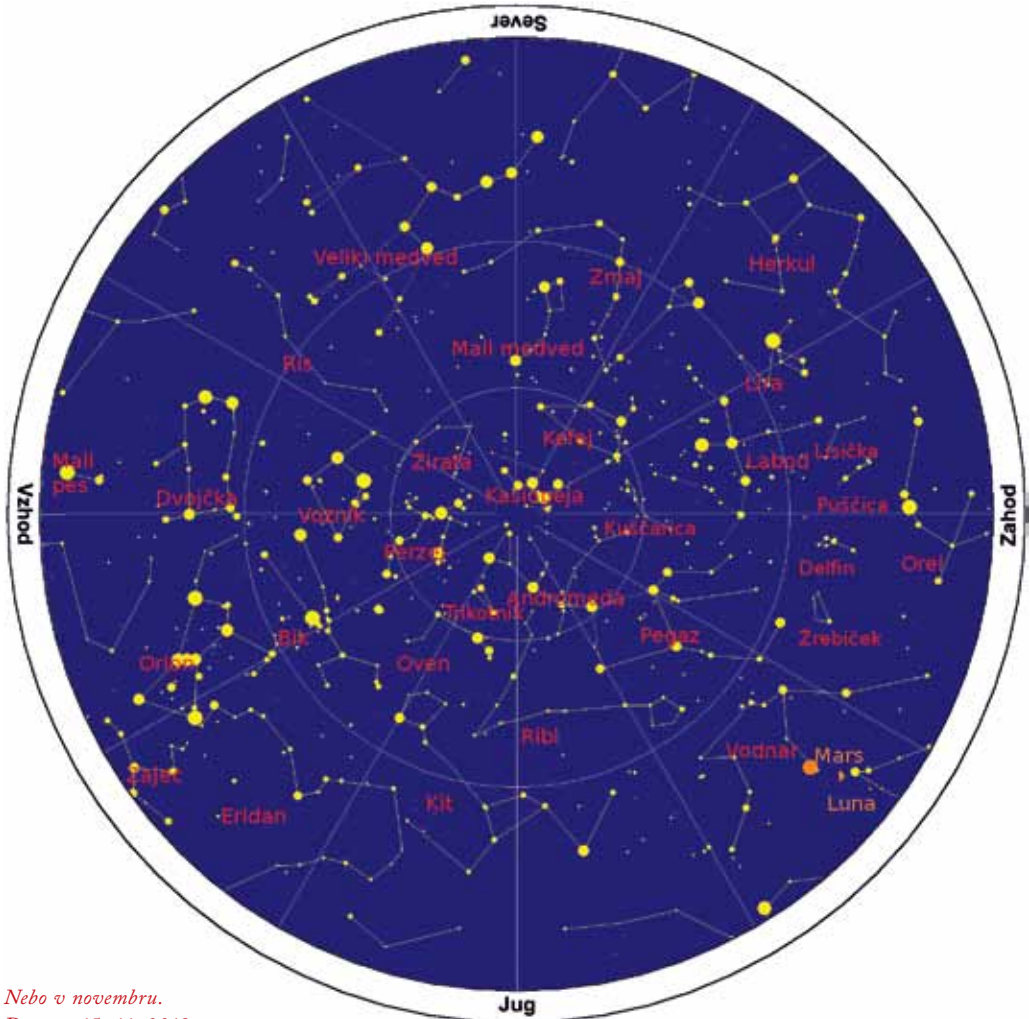
Zadnji modul sonde BepiColombo je Mio (MMO, Mercury Magnetospheric Orbiter, Merkurjev magnetosferski orbiter), ki so ga zasnovali in izdelali na Japonskem. Mio ni kratica, ampak japonska beseda za vodno pot, po kateri potujejo ladje, in tako simbolizira pot raziskovanja in želje za uspešno prihodnost. Namen modula Mio, ki bo okoli Merkurja krožil po drugačni orbiti kot Merkurjev planetni orbiter, je preiskovanje Merkurjevega magnetnega polja in njegove magnetosfere. Vsebuje inštrumente za merjenje magnetnega polja in različnih nabitih delcev, ki jih najdemo v magnetosferi. Morda lahko pričakujemo največ zanimivih re-



*Uspešna izstrelitev sonde BepiColombo na pogonski raketi Ariane 5 z izstrelišča Kourou v Francoski Gvajani.*

zultatov prav iz tega modula, saj je Merkurjevo magnetno polje izjemno zanimivo. Prvo je že samo dejstvo, da ima Merkur Zemlji podobno magnetno polje, kar je nenavadno za planet, ki se zelo počasi vrti okoli lastne osi. Poleg tega je središče magnetnega polja zamaknjeno proti enemu od tečajev planeta, zaradi česar je nastanek magnetnega polja še večja uganka. Ker je Merkur Soncu zelo blizu, v njegovo magnetosfero prihaja tudi

večje število delcev Sončevega vetra. Tako imamo skupaj s Sončevim magnetnim poljem izjemno zanimiv in dinamičen sistem. Ni dvoma, da bo sonda BepiColombo prinesla veliko novih odkritij in tudi novih neznank in ugank. Lahko si le želimo, da bo svojo dolgo sedemletno pot opravila brez težav.



*Nebo v novembru.  
Datum: 15. 11. 2018.  
Čas: 22:00.  
Kraj: Ljubljana.*

# NOVOLETNA SRBIJA ZA GURMANE

29. december 2018 – 1. januar 2019



Srbija je dežela, ki je znana po svoji kulinariki, ki je vse prevečkrat posplošena in podcenjena, saj izbor srbske hrane Slovenci pogosto zožimo na čevapčiče, pleskavice, sarme, polnjene paprike in pasulj. Od pijač poznamo slivovico, morda smo slišali tudi za katero od vin, potem pa se zgodba počasi konča.

Lanskoletno novoletno gastronomsko potepanje zato letos nadaljujemo z novim

programom, ki bo navdušil še tako izbirčne brbončice, želodec pa bo lahko počival ob ogledu nekaterih manj znanih kulturnih zanimivostih.

## S KRPLJAMI PO ARMENSKEM VIŠAVJU

18. – 27. januar 2019



*Armenija postaja vedno bolj zanimiva tudi za tuje turiste in večina se ob kratkem obisku Armenije posveti le obiskovanju številnih starih samostanov. Država, ki poleg bogate zgodovine ponuja tudi neokrnjeno naravo na visokih vulkanskih planotah, ni zanimiva le poleti, saj je mogoče tudi v zimskem času doživeti lepo in neokrnjeno pokrajino. Tokrat se bomo s krpljami podali na pohode po valovitem armenskem višavju in v spremstvu izkušenega gorskega vodnika uživali v zimski idili.*

ISSN 0033-1805



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