

# PROTEUS

junij 2018, 10/80. 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



*mesečnik za poljudno naravoslovje*



Iz zgodovine slovenske poljudne znanosti

Pavel Kunaver  
in njegova poljudna znanost

Fizika

O entropiji, neredu in razumevanju  
abstraktnih fizikalnih količin

Botanika

Navadni kaček (*Dracunculus vulgaris*)  
še vedno uspeva v Slovenski Istri



■ stran 439

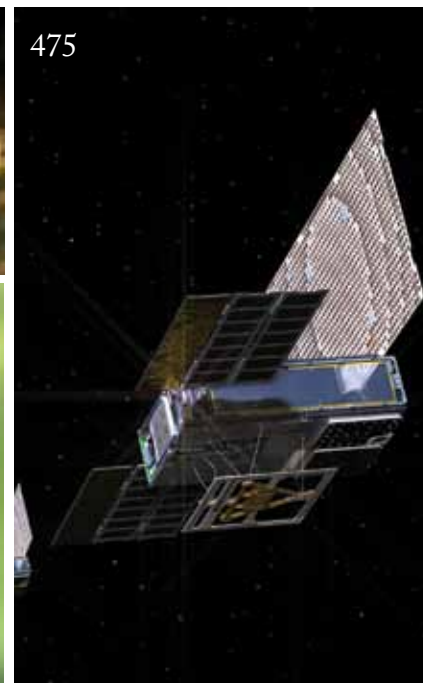
Iz zgodovine slovenske poljudne znanosti

## Pavel Kunaver in njegova poljudna znanost

*Jurij Kunaver*

Letos so pri založbi Mladinske knjige izšla pričevanja o Pavlu Kunaverju (1889-1988), vzgojitelju, geografu, alpinistu drenovcu, jamarju, skavtu, taborniku, astronomu, umetniku, naravovarstveniku in pisatelju. Pričevanja z naslovom *Pavel Kunaver - Sivi volk* je napisal njegov sin Jurij Kunaver, ki je o svojem očetu zapisal tudi te vrstice: »Pavel Kunaver je bil v eni osebi hkrati neumoren raziskovalec in občudovalec narave, njen varuh in razlagalec ter opisovalec, s čimer si je prizadeval prepričati in vzgajati čim širši krog mladih in odraslih. Bil je pravi poljudni znanstvenik, nedosegljiv v govorniškem in strokovnem žaru, s katerim je očaral vsakogar.«

V knjigi je poleg življenjske, strokovne in pedagoške poti častnega člana Prirodoslovnega društva Slovenije omenjeno tudi Kunaverjevo poljudnoznanstveno delo. Ni pa ga bilo mogoče toliko poudariti, kot bi zaslužilo. Pisec pričujočega članka kot avtor knjige se je odzval vabilu urednika *Proteusa*, da to predstavi v posebnem prispevku, saj že 110 poljudnoznanstvenih člankov Pavla Kunaverja, objavljenih v tej reviji od leta 1941 do leta 1982, vzbujajo pozornost in terja obravnavo.



436 Uvodnik  
*Tomaž Sajovic*

439 Iz zgodovine slovenske poljudne znanosti  
**Pavel Kunaver in njegova poljudna znanost**  
*Jurij Kunaver*

448 Fizika  
**O entropiji, neredu in razumevanju  
abstraktnih fizikalnih količin**  
*Rok Kaufman, Andrej Jamnik*

455 Letno kazalo

461 Botanika  
**Navadni kaček (*Dracunculus vulgaris*) še  
vedno uspeva v Slovenski Istri**  
*Jože Lango*

468 Obletnice  
**Četrto stoletje Slovenskega odonatološkega  
društva**  
*Damjan Vinko, Nina Erbida*

475 Naše nebo  
**Prvi mikrosateliti na poti proti Marsu**  
*Mirko Kokole*

478 Table of Contents



Naslovnica: *Kacji pastir*  
*Sympetrum nigrifemur*,  
 ki živi na Kanarskih otokih.

Foto: Matija Križnar.

## 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)

© Priradoslovno 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 Priradoslovno društvo Slovenije. Na leto izide 10 števil, letnik ima 480 strani. Naklada: 2.000 izvodov.

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

Cena posamezne številke v prosti prodaji je 5,50 EUR, za naročnike 4,50 EUR, za upokojence 3,70 EUR, za dijake in študente 3,50 EUR.

Celoletna 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.

### Uvodnik

*Cvetoci slak! / Ujel je vedro / Bom drugje prosila za vodo. Čijo-ni (1703-1775)*

V tem uvodniku bi se rad vrnil k razmišljanju v prejšnji številki, ki je pri bralkah in bralcih morda ustvarilo vtis, da med Zahodom in Vzhodom obstaja nepremostljiva razlika: Zahodu »vlada« razum - njegova »posvečena« dejavnost je znanost -, Vzhodu osebna izkušnja - njegova najbolj radikalna »religija« je zen budizem. Vendar je vtis preveč poenostavljen. Zahodna novoveška znanost je že na zahodu doživljala resno kritiko. Eden od kritikov, portugalski sociolog in filozof prava Boaventura de Sousa Santos, je v svojem *Razmišljanju o znanostih* (1992) zapisal, da ima »posvetitev« zahodne novoveške znanosti v zadnjih štiristo letih med drugim eno ključno posledico, ki se je človek morda sploh ne zaveda: naturalizirala je namreč »razlago resničnosti do te mere, da si resničnega ne moremo več predstavljati drugače, kakor nam ga ,kaže' znanost. Brez takih kategorij, kot so prostor, čas, snov in število - glavne metafore moderne fizike -, nismo več sposobni razmišljati, čeprav se nam počasi že svita, da so le konvencionalne, arbitrarne, metaforične kategorije.« Novoveška

znanost »kroji« človekove osebne izkušnje po svoji meri. In jih že od svojega rojstva v 17. stoletju potiska celo v »pozabo«, kot je v svoji knjigi *Vita activa* (1958, slovenski prevod 1996) zapisala nemško-ameriška politična teoretičarka Hannah Arendt (1906-1975): »Moderna fizikalna slika narave, katere začetke je mogoče najti pri Galileju in ki je nastala z dvomom v sposobnost človeškega čutnega aparata, da posreduje dejanskost, nam končno kaže na univerzum, o katerem ne vemo nič več kot to, da deluje na naše merske instrumente in da nam to, kar lahko preberemo z naših aparatov, o njegovih dejanskih lastnostih ne pove ni več [...] kot pove telefonska številka o tistem, ki se nam oglasi, potem ko jo zavrtimo. Z drugimi besedami, namesto z objektivnimi lastnostmi smo soočeni z aparati, ki smo jih izdelali sami in namesto narave ali univerzuma srečujemo ,nekako vedno le same sebe.« Novoveško »odtujitev od sveta« je Hannah Arendt povzela v stavek: »Če primerjamo moderni svet s svetovi, ki jih poznamo iz preteklosti, opazimo predvsem neverjetno izgubo izkustva v tem razvoju.«

Duhovna drža vzhodnega človeka je - se zdi -

popolnoma nasprotna duhovni drži zahodnega novoveškega človeka. Neizbriso jo zaznamuje zen budizem. Japonski profesor budistične filozofije Daisetz Teitaro Suzuki (1870-1966) je v knjigi *Zen budizem in psihoanaliza* (1960) zen budizem opisal s sledečimi besedami: »Zen emfatično priznava le osebno izkušnjo; če je kaj radikalno empiričnega, je to zen. [...] Življenje samo je treba dojemati sredi njegovega toka; če ga bomo ustavili, da bi ga lahko preiskovali in analizirali, ga bomo ubili. Ostalo nam bo samo še objemanje njegovega mrtvega trupla.«

Zen budizem je med drugim popolnoma prepočil tudi haiku pesništvo. Izredno poučen je sledeči odlomek iz Suzukijeve knjige:

»Ob koncu vladavine dinastije Tokugava je žive-la pesnica Čijo (1703-1775). Njeno polno ime je bilo Fukuda Čijo-ni. Rojena je bila v pokrajini Kaga, zato so jo imenovali tudi Kaga no Čijo. Njen najbolj znani haiku se v prevodu glasi:

*Cvetočni slak!*

*Ujel je vedro*

*Bom drugje prosila za vodo*

Haiku potrebuje pojasnilo. Nekega zgodnjega junijskega jutra je Čijo šla po vodo v vodnjak. Vedro na ograji je bilo obraščeno s cvetočim slakom. Tisti, ki so kdaj obiskali Japonsko, so prav gotovo opazili, kako čudovito se pred jutranjo zoro razcveti slak – cvet je videti tako svež, kopa se v jutranji rosi. Tega jutra, ko je Čijo šla po vodo, je ta lepota pesnico globoko presunila. Njegova eterična lepota jo je tako pretresla, da je za nekaj trenutkov obnemela, dokler ni končno dahnila: ‚Cvetočni slak!‘ Ta vzdih vsebuje vse, kar pesniški duh lahko reče o cvetu; vse, kar bi lahko dodal, bi bil le komentar, ki ne bi bistveno obogatil prvotnega vzdihja. Tako je tudi s pesničnima verzoma: ‚Ujel je vedro / Bom drugje prosila za vodo.‘ Čijo je ta verza pripisala samo kot nekakšen kontrast med čudovito stvarjo, ki ne pripada temu banalnemu svetu, in praktičnimi dejanji vsakdanjega življenja, kjer vladata uporabnost in koristnost. Pesnico je lepota tako prevzela, da je potrebovala kar nekaj časa, da je prišla k sebi. Kako globok vtis je nanjo naredila nezemeljska lepota cveta, je videti iz tega, da vzpenjalke z vedra niti ni poskušala odstraniti, kar bi zlahka lahko storila, ne da bi jo poškodovala.

Toda njen občutek poistovetenja z lepoto je bilo tako močan, da ji to še na misel ni prišlo; nebeške stvaritve ni hotela umazati z ničemer, kar bi spominjalo na vsakdanja opravila. Vendar je pesnica bila tudi žena, vaščanka, ki mora skrbeti za svojo družino, zato ji ni ostalo ničesar drugega, kot da gre k sosedu in ga prosi za vodo, ki jo potrebuje pri jutranjih opravilih. Takšno opozarjanje na relativnost življenja v tem svetu, takšno prebujanje iz stanja ekstatične presunjenosti od lepote v vsakdanje, ‚prozično‘ bivanje zaznamujeta našo neizbežno človeško usodo.«

Čijin haiku tenkočutno razkriva vse težave, ki jih ima Zahod z razumevanjem zen budizma, hkrati pa ga lahko beremo tudi kot pretanjeno kritiko Zahoda.

Zahod zen budizem pogosto razume kot mistično zamaknjeno doživljanje resničnosti, kot nekakšen beg iz vsakdanjega sveta. Vendar je to razumevanje popolnoma napačno. Zen ni nikakršna mistika, zavzema se namreč za neposredno spoznavanje brez izkrivljajočega intelekta, kot je zapisal ornitolog, pisatelj, pesnik in pravnik Iztok Geister (1945-) v svoji knjizici *Haiku* (1973). Nemški socialni psiholog in humanistični filozof Erich Fromm (1900-1980) je bil še izčrpejši: Zenovsko razsvetljenje je »stanje, v katerem je človek popolnoma usklajen z resničnostjo zunaj sebe in v sebi, stanje, v katerem se popolnoma zaveda te resničnosti [...]. Človek se zaveda – to pomeni – ne njegovi možgani ali kateri koli drugi del njegovega organizma, ampak on, celoviti človek. Človek se nečesa zaveda, toda ne kot nekega predmeta tam zunaj, ki ga spoznava s svojo *misljijo*, ampak nečesa – cveta, psa, človeka – v vsej njegovi resničnosti.« Toda kaj pomeni »spoznavati z *misljijo*?« Suzukijev odgovor je jasen: »Človekov um [...] ustvarja pojme, da bi z njimi razložil resničnost, problem pa je, da jih razume, kot da so resnično obstajajoče stvari. In ne samo to, um pojme, ki jih je sam ustvaril, razume kot zakone, ki so od zunaj vsiljene resničnosti in jih resničnost mora upoštevati, da bi se lahko razvijala. *Ta predpostavka intelekta pomaga umu, da naravo uporablja za svoje cilje, vendar se umu pri tem popolnoma izmika notranje delovanje življenja, zaradi česar ni sposoben, da bi življenje razumel.*« (Notranje delovanje življen-

ja bi z drugimi besedami lahko imenovali tudi »duh življenja«.) V ležeče zapisanem stavku je mogoče slutiti tisto temeljno razliko v doumevanju resničnosti, ki ločuje Zahod od Vzhoda. Geisterjev »aforistični« opis te razlike je sijajen: »Na vzhodu je duh *univerzalna svojina*, tako rekoč nikogaršnja stvar, na zahodu ga je človek privzel od boga in zdaj s tem tako pridobljenim duhom pooblaščen in izključno razpolaga. Francišek Asiški je ptice učil Kristusove besede, budistični menihi in pesniki pa so *poslušali* ptice in tako sprejemali Budov nauk.« Zahod želi *biti gospodar* narave in življenja nasploh, Vzhod - zen budizem je njegova morda najpristnejša duhovna dediščina – pa je le njun pozorni *poslušalec*, »neposredni spoznavalec duha *v vsem, kar je*«. Prav to »neposredno spoznavanje duha *v vsem, kar je*«, nas vrača k Čijinemu haikuju, ki ga bomo v zaključku uvodnika brali predvsem kot kritiko Zahoda. Tako branje pa ne bi bilo mogoče, če ne bi že sam haiku vseboval tudi nekaj »zahodnega«, nekaj, kar je Zahod v svojem iskanju eksotične mističnosti v haikuju in v duhovni kulturi Vzhoda nasploh ves čas spregledoval. Čijo je nezemeljska lepota cvetočega slaka, ki se je čez noč ovil okoli vedra, v resnici tako presunila, da pusti nedotaknjena ne samo cvetoči slak, ampak tudi vedro, v katerega bi morala zajeti vodo, ki jo potrebuje pri jutranjih opravilih. Cvetoči slak in vedro sta postala predmet Čijinega duhovnega zrenja. Postala sta umetniška instalacija. Vendar Čijo nikakor ni pozabila, da mora skrbeti za svojo družino: vodo si je izprosila pri sosedu. Vzhod torej nikakor ne pozablja na vsakdanje praktično življenje. Nasprotno, zelo ga ceni, samo vse poti, ki jih človek ubira v njem, niso enako dobre, na nekatere se niti napatiti ne smemo. Ali drugače: še tako »plemeniti« nameni ne posvečujejo sredstev. Preberimo le zgodbo, ki jo je napisal Čuang Ce, kitajski filozof in eden od utemeljiteljev daoizma iz 4. stoletja pred našim štetjem:

»Neki kmet je izkopal vodnjak in iz njega zajemal vodo za namakanje svoje posesti. Za zajemanje vode iz vodnjaka je uporabljal navadno vedro, kot to počnejo najbolj neizobraženi ljudje. Eden od mimoidočih je vprašal kmeta, zakaj ne uporablja naprave za zajemanje vode: prihranila mu bo trud in zajel bo lahko več

vode. Kmet pa mu odgovori: ‚Vem, da bi mi ta naprava prihranila trud, in prav zato je nočem uporabljati. Bojim se, da uporaba take naprave sili človeka, da postane odvisen od naprave. To pa povzroča brezdolje in lenobo.‘«

Vzhod ne zavrača tehnologije, samo odvisen neče biti od nje. Na to nevarnost pa opozarjajo tudi na zahodu. Martin Heidegger je leta 1955 v predavanju z naslovom *Sproščenost* zapisal nekaj zelo »vzhodnjaškega«:

»Za vse nas so tehnološke naprave in stroji v večji ali manjši meri nepogrešljivi. [...] Od tehničnih naprav smo odvisni; spodbujajo nas celo k vedno večjemu napredku. Toda nenadoma in neopazno se znajdemo tako trdno priklenjeni na te tehnične naprave, da postanemo njihovi sužnji. Kljub temu pa lahko ravnamo tudi drugače. Lahko uporabljamo tehnične naprave, s pravilno uporabo pa lahko vzpostavimo tako svobodno razmerje do njih, da lahko kadar koli pozabimo na njih. Lahko uporabljamo tehnične naprave, kot jih je treba, in se ne vežemo na njih. [...] Lahko priznavamo nepogrešljivost uporabe tehničnih naprav in hkrati tudi zanikamo njihovo pravico, da nam gospodujejo ter zmedejo in opustošijo našo naravo.

Toda ali ne bo zaradi tega, ker bomo tehničnim napravam rekli tako ‚da‘ kot ‚ne‘, naše razmerje do tehnologije protislovno in negotovo? Nasprotno! Naše razmerje do tehnologije bo postalo čudovito preprosto in sproščeno. Tehničnim napravam dovoljujemo, da vstopajo v naše vsakdanje življenje, hkrati pa jih puščamo zunaj. Tehnične naprave niso nič absolutnega, ampak ostajajo podrejene nečemu višjemu. To razmerje do tehnologije, ki ji hkrati pravimo ‚da‘ in ‚ne‘, bi imenoval *sproščenost do stvari*. S tako držo na stvari ne gledamo več na tehnični način.«

Vprašanje, ki se zastavlja, je: ali je sodobni človek še sposoben ekstatične presunjenosti nad tem, da vse na tem svetu predvsem je?

*Tomaž Sajovic*

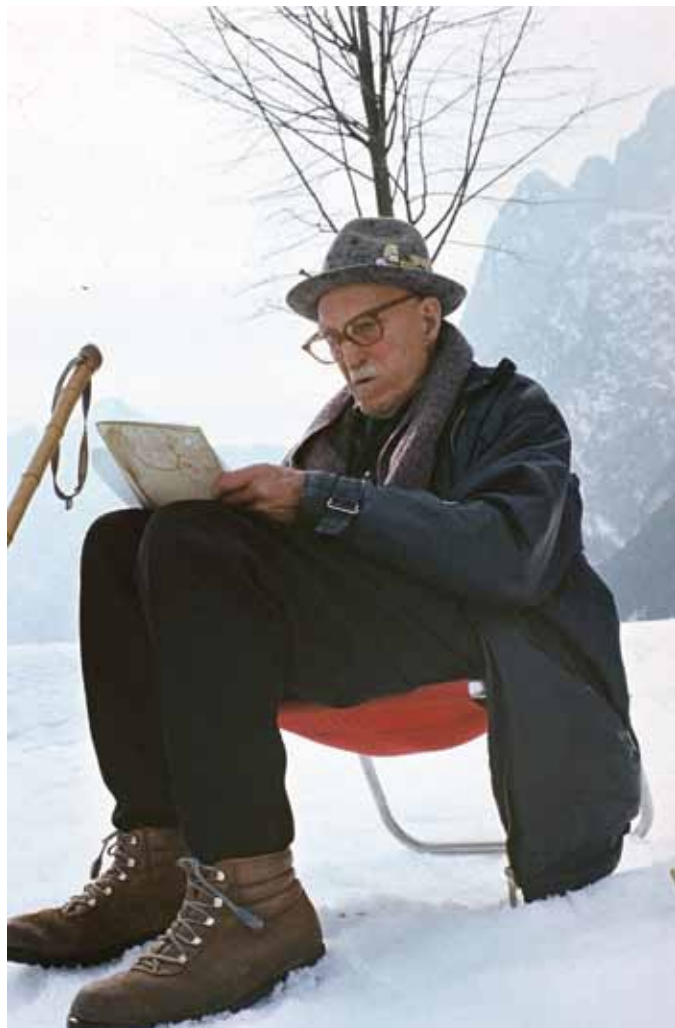
# Pavel Kunaver in njegova poljudna znanost

*Jurij Kunaver*

V knjigi *Pavel Kunaver – Sivi volk*, ki je letos spomladi izšla pri Mladinski knjigi, je poleg življenjske, strokovne in pedagoške poti častnega člana Prirodoslovnega društva Slovenije omenjeno tudi njegovo poljudnoznanstveno delo. Ni pa ga bilo mogoče toliko poudariti, kot bi zaslužilo. Tem rajši sem se kot avtor knjige o svojem očetu odzval vabilu urednika *Proteusa*, da to predstavim v posebnem prispevku, saj že 110 poljudnoznanstvenih člankov Pavla Kunaverja, objavljenih v tej reviji od leta 1941 do leta 1982, vzbuja pozornost in terja obravnavo.

O svoji knjigi na tem mestu le še nekaj besed, saj bralce *Proteusa* najbrž zanima predvsem področje poljudne znanosti. Večino vsebine predstavljajo objavljena in tudi neobjavljena besedila Pavla Kunaverja, ki sem jim dodal lastne komentarje. Poglobil sem se tudi v očetovo življenje, zlasti po posameznih obdobjih. Prej se marsičesa nisem zavedal niti nisem vedel, a ta vrsta pisanja in naprezanja, torej pripoved o lastni mladosti in o svojih starših ter mladostnih prijateljih, izkoplje iz pozabe različne vti-

se, doživetja in spoznanja. Še posebej, ker je bilo naše družinsko življenje močno povezano z vsakovrstnimi očetovimi dejavnostmi in zanimanji, zlasti s taborniško organizacijo. Za obravnavo in analizo so bili najkorišnejši njegovi številni dnevniki, vsega jih je več kot petdeset. To je najbolj avtentični vir



*Pavel Kunaver pri slikanju v Logu pod Mangrtom v osemdesetih letih.  
Foto: Jurij Kunaver.*

očetovih doživljajev, čustvovanj, pričakovanj in opisov lastne okolice, v prvi vrsti narave, kakršna se mu je v neprestanem spreminjanju prikazovala vsak dan. Naj bo to skozi stanovanjsko okno, ki mu je služilo kot položaj njegovega, v Sonce uperjenega daljnogleda, ali na hoji skozi gozd ali v gore ali pa sedeč na štoru, na kamnu ali v taboru, s slikarsko beležnico v eni roki, v drugi pa z obveznim enocevničnim lovskim daljnogledom. Zakaj enocevničnim? Zato ker je imel eno oko okvarjeno, a je z drugim kljub temu videl mnogo več kot večina ljudi z obema zdravima očesoma.

V knjigi je veliko dobesedno prepisanih besedil iz dnevnikov, a morda še premalo. Tudi odlomkov iz njegovih člankov ni malo. Mimogrede, vseh njegovih objav, zabeleženih v Cobissu, je 430, a po drugih virih naj bi jih bilo več kot 750, da ob tem ne

štejemo preštevilnih nastopov na radiu in v predavalnicah. In končno, te knjige ne bi bilo ali pa ne bi bila tako vsebinsko pestra brez sodelovanja številnih njegovih učencev, gojencev in članov različnih mladinskih organizacij in ne nazadnje tudi posameznikov, tudi novinarjev, ki so o njem pisali ob okroglih obletnicah ali po njegovi smrti. Knjiga je zrcalo, ki si ga je nastavil sam ali pa so mu ga drugi.

Od kod torej Pavlu Kunaverju (1889-1988), ki ni bil profesionalni znanstvenik, ampak meščanskošolski (1929-1945) oziroma gimnazijski učitelj geografije (1946-1962), zanimanje za toliko naravoslovnih področij? Od kod tudi sposobnost objavljanja številnih, dobro ilustriranih poljudnih sestavkov, ki so temeljili tako na lastnih opazovanjih kot na znanstvenih izsledkih?

Ole 11<sup>h</sup> 30' ~~na~~ gmo. bil: ropet na Kredarici, od koder smo šla s Jožetom na lednik. Ke blizu Kredarice se pričele opeke globoke razpoke. Fine razpoke so se slehke dali pod Triglav pa do spodnjega roba. Nad Trigl. steno, ne stonini pa je bil lednik divje razpokan in posamezne razpoke so morale do 3 m širine. Tu pa je bil lednik tudi v reznici gol. Ke številne plasti so ga trije. Ke in številne so bile stopnje modrine, ki so se karale v razpokah, slebovil in na površji ke rogu pod lednikom sem risal Parožje skupino in risal obenem prelepi razgled ter njegove barve. Ropet so se skivali nad vrhov: hramo oblikovani oblaki. -

Primer dnevniskega zapisa o obisku Triglavskega ledenika in njegovih značilnostih, 25. julija leta 1921.



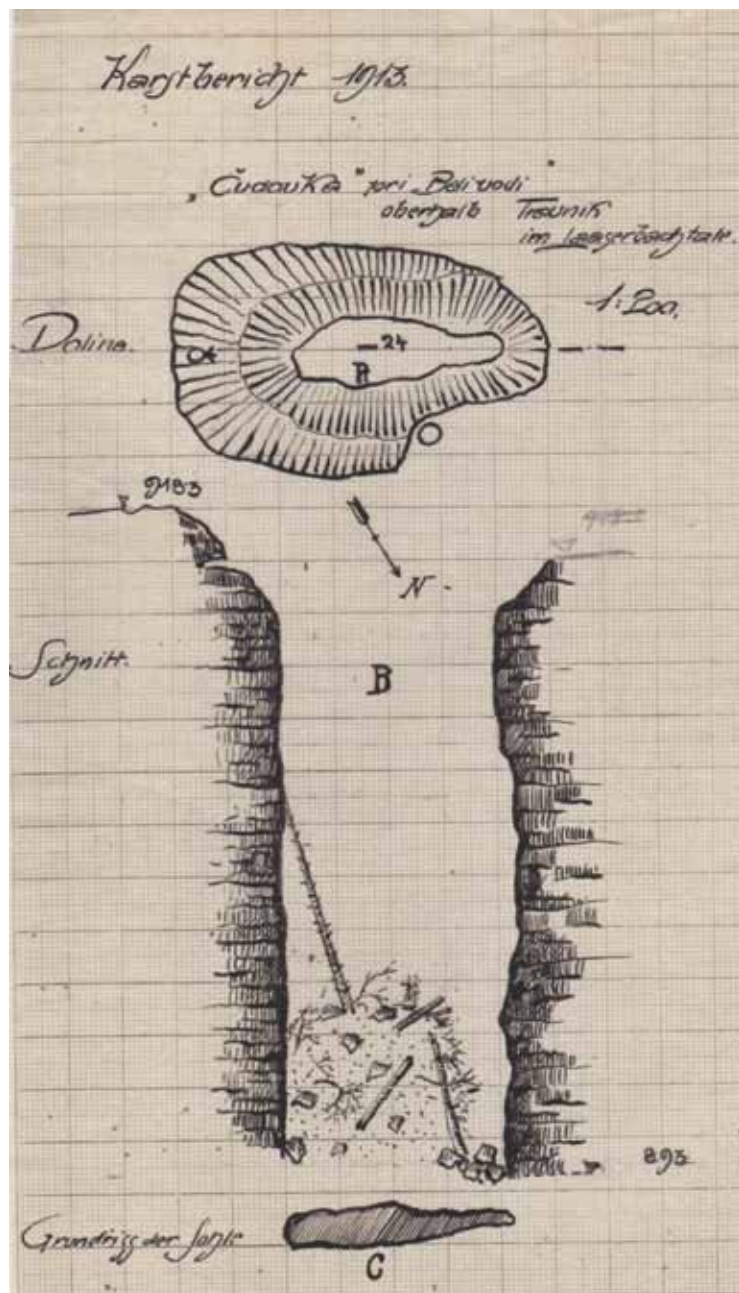
Svojo zanimivo in nadvse dejavno življenjsko pot je začel potem, ko je dokončal ljubljansko učiteljsko (1910). Že kakšni dve leti prej je s svojimi sošolci in prijatelji začel zahajati v gore, tam smučati in plezati, a ne samo poleti, tudi pozimi. To je bila znamenita neformalna skupina Dren - njen duhovni vodja je bil neprekosljivi fotograf Bogumil Brinšek -, ki je prinesla v slovensko planinstvo krepek prepah. V tej skupini so se odlikovali tudi drugi člani, na primer Rudolf Badjura kot dejanski začetnik športnega smučanja na Slovenskem, dr. Cerk kot geografski strokovnjak pa Josip Kunaver, Pavlov brat, prav tako eden od prvih slovenskih pokrajinskih in jamskih fotografov. Ostali člani Drena so se odlikovali kot dobri plezalci in uspešni raziskovalci jam, med njimi zlasti Ivan Michler. Leta 1910 je prišlo vabilo, naj se drenovci priključijo novoustanovljenemu Društvu za raziskovanje jam, s čimer se je začelo še eno novo poglavje v razvoju slovenskega športnega in znanstvenega ukvarjanja z jamami in krasom.

Najprej gore in smučanje, nato še jame, vse v sijajni družbi enakomiselnih prijateljev, so bili izzivi, ki se jim je Pavel Kunaver prilagajal na prav poseben način. Kot že povedano, je bil nadarjen pisec, med vsemi drenovci najboljši. Tudi njegov risarski oziroma slikarski opus ni bil kar tako. Že od vsega začetka je risal odlične jamske načrte, tudi med prvo svetovno vojno, ko sta z Michlerjem v Trnovskem gozdu in na Banjšicah raziskala več kot sto jam. Vse do izbruha prve svetovne vojne je Pavel Kunaver z veliko žlico požiral novo znanje, kjer je le bilo mogoče, tudi kot enoletni izredni študent geografije na dunajski univerzi (1913/1914). Svoje prve sestavke o planinskih turah in plezanju (kar enajst) je objavil v *Planinskem vestniku* (1911-1914), v približno istem obdobju pa tudi deset prispevkov o raziskovanju dolenskih jam v *Laibacher Zeitungu* (1912-1914). Saj bi jih objavil v takratnih slovenskih časopisih, a jih te vrste poročil niso zanimala.

Znanje in izkušnje, pridobljene v gorohodstvu ter jamarstvu pred prvo svetovno vojno in med njo, so Pavla Kunaverja po vojni naravnost silile, da se je odločil napisati o tem tri knjige, ki so pomenile popolno novost na takratnem slovenskem knjižnem trgu. Takega čtiva Slovenci takrat sploh še nismo imeli in Pavel Kunaver je imel dovolj znanja, razsodnosti in poguma, da je čisto planinskim spisom začel dodajati tudi strokovne vsebine. Knjiga *Na planine* (1921) je že pravi strokovni priročnik, ki planincu daje smernice, kako naj hodi v gore in kako naj jih doživlja, tudi vsebinsko, da bi iz njih odšel bogatejši. Pavel Kunaver je bil kot izjemen ljubitelj narave hkrati odličen opazovalec naravnih pojavov in njihov opisovalec, pogosto na meji pravega znanstvenika. A nikoli ni zapustil ali pozabil svojega pedagoškega poslanstva. Vedno je videl pred seboj nalogo, da bi poslušalca ali pa bralca o tem, kar je spoznal ali vedel, poučil, ga seznanil, mu razložil, mu pojasnjeval in mu s tem pomagal k boljšemu razumevanju narave. Temu se ni nikoli odrekel, ne samo zaradi obsežnega lastnega znanja in izkušenj, pač pa iz trdnega prepričanja, da ima prav in da tako ravna najbolj pošteno.

V omenjenem prvencu je na treh straneh objavil seznam takrat najbolj pomembnih, a ne najlaže dosegljivih del o planinstvu in o naravoslovju Alp. Med njimi je le sedem slovenskih naslovov, vseh ostalih 64 je bilo nemških. S tem najbrž ni imel namena samo dokazati, da je bilo njegovo pisanje strokovno neoporečno, pač pa, da v tujih jezikih že obstaja bogata literatura, ki je na razpolago vsakomur.

Da pa bi knjige, iz katerih je črpal svoje znanje, dobili v roke tudi bralci njegove knjige, je bilo predaleč od pričakovanj. Kako je cenil tuje znanje, izkušnje in širino in vse s pridom presajal na takrat še strokovno revna slovenska tla, dokazuje na primer članek *Planinec in angleščina* (*Planinski vestnik*, 1939). V njem se navdušuje nad angleško planinsko literaturo, ki naj bi jo



*Eden od jamskih načrtov Pavla Kunaverja, ko je o najzgodnejših jamarskih raziskavah drenovcev na Dolenjskem objavjal še v Laibacher Zeitungu.*

bralo čim več slovenskih planincev, saj, kot pravi, »je tudi planinsko literaturo najbolje brati v izvorniku, kot je tudi voda najboljša pri izviru«. Takrat so Angleži gospodarili še po skoraj vsem svetu in imeli dostop do najlepših gora ter o tem obširno objavljali.

Piše, kako je med »odličnimi (angleškimi) alpinisti ... cela vrsta planinskih pisateljev ... ki jih odlikujejo prvovrstni opisi ... objektivnost ... globok smisel za planinsko lepoto in veličino. Odlikuje jih tudi njihova nepristranost ... popolna odkritosrčnost ...

drugače kot pri drugih narodih ... ne delajo se junake ... v ospredju jim je mogočna narava sama ... V svojih opisih te povedejo na gore vsega sveta.«

Njegovo navduševanje nad angleško planinsko literaturo ni bilo prav nič anglofilsko, kot bi se morda zdelo. Takratna angleška planinska literatura je v resnici odpirala najširša obzorja, ne glede na to, da je angleščino potreboval tudi zaradi skavtske organizacije, ki se ji je posvetil med obema vojnama, ter se je zato lahko udeleževal mednarodnih skavtskih jamboreejev. A tudi branje Shakespearja v izvirniku, ki ga je priporočal in se nad njim navduševal, je bilo takrat bolj samoumevno kot danes. Naslonitev na angleško kulturno sfero po prvi svetovni vojni je nekako razumljiva tudi kot antipod prejšnji,

skoraj popolni prevladi nemške kulture in civilizacije med Slovenci. V tem času se je s strokovnimi članki vseh vrst največ oglašal v *Planinskem vestniku*. Prevladovali so tisti z vzgojno vsebino, s poudarkom na vrednotah planinstva in zlasti skavtizma kot takrat ene najbolj modernih in učinkovitih mladinskih organizacij. Že takrat pa je opozarjal na varovanje narave, gorske flore, zlasti planik, in na pomen zavarovanja Doline sedmerih jezer. Objavljal je tudi v drugih mladinskih revijah, a strokovno na nekoliko nižji ravni. Na področju poljudne znanosti se je Pavel Kunaver dobesedno razcvetel, ko je po drugi svetovni vojni kot učitelj geografije na Klasični gimnaziji v Ljubljani ustanovil prirodoslovni krožek, iz njega pa taborniško organizacijo in v njenem okviru organiziral na desetine dijaških izletov na kras in v gore. A je hkrati imel dovolj moči, da je vzporedno s tem intenzivno razvijal tudi amatersko astronomijo. Sestavek o Kometu 1941c (1941) je bil njegov prvi nastop v *Proteusu*. Upravičeno domnevamo, da je po vojni najbolj opozoril nase s sestavki o največjih slovenskih kraških znamenitostih, ki so nam bile vrnjene, kot so Rakov Škocjan, Postojnska jama, Predjamski grad z jamo in Škocjanske jame. Če k temu dodamo še Cerknjsko jezero in Triglav oziroma Triglavski ledenik, ki se jim je še posebej posvečal skoraj vse življenje, in da

### Seznamek planinskega slovstva.

- Planinski Vestnik Slov. plan. društva.  
 F. Seidl: Kamniške planine.  
 F. Seidl: Rastlinstvo naših Alp.  
 F. Orožen: Vojvodina Kranjska.  
 R. Badiura. Na Triglav.  
 Fr. Kocbek: Vodnik po Savinskih planinah.  
 Markirani poti Slov. plan. društva.  
 Purtscheller & Hess: Der Hochtourist.  
 Zeitschrift des D. u. Ö. A. V.  
 A. Schaubach: Die deutschen Alpen.  
 H. A. Berlepsch: Die Alpen in Natur und Lebensbildern.  
 F. Umlauf: Die Alpen.  
 F. Seidl: Das Klima von Krain.  
 I. V. Valvasor: Ehre des Herzogtums Krain.  
 F. Frech: Die Karnischen Alpen. (Zt. der Ges. f. Erdkunde.)  
 Fr. Teller: Exkursion in das Feistritztal bei Neumarkt. (Geologischer Führer 1903.)  
 E. Brückner: Eiszeitstudien in den Südöstlichen Alpen. (Jhrb. der Berner Geogr. Ges. 1891.)  
 K. Diener: Ein Beitrag zur Geologie des Zentralstockes der Julischen Alpen. (Jhrb. d. Geol. Reichsanstalt 1884.)  
 A. Gstirner: Die Julischen Alpen, westlicher Teil. (Ztschr. des Deutsch-Österr. Alp. Ver. 1900, 1901, 1905—07.)  
 J. Kugy: Die Julischen Alpen. (Ztschr. des D. Ö. A. V. 1883.)  
 A. Aichinger: Die Julischen Alpen. (Ztschr. des D. Ö. A. V. 1909.)  
 P. A. Patze: Die sieben Seen des Triglav. (Zeitschr. des D.-Österr. Alp. Ver. 1879.)  
 R. Lucerna: Gletscherspuren in den Steiner Alpen.  
 R. Sieger: Die Alpen. (Sammlung Göschen.)  
 Fr. Macháček: Die Alpen. (Sammlung: Wissenschaft und Bildung.)

*Del seznama »planinske« literature iz knjige Pavla Kunaverja Na planine (1921), ki priča o takratni prevladi nemške literature o Alpah pri nas.*



*Pavel Kunaver v »bojni« drži pred zazidano Veliko Karlovico leta 1969, ko je odločno zavrnil poskus stalne ojezeritve Cerkniškega jezera. Foto: Stane Peterlin.*

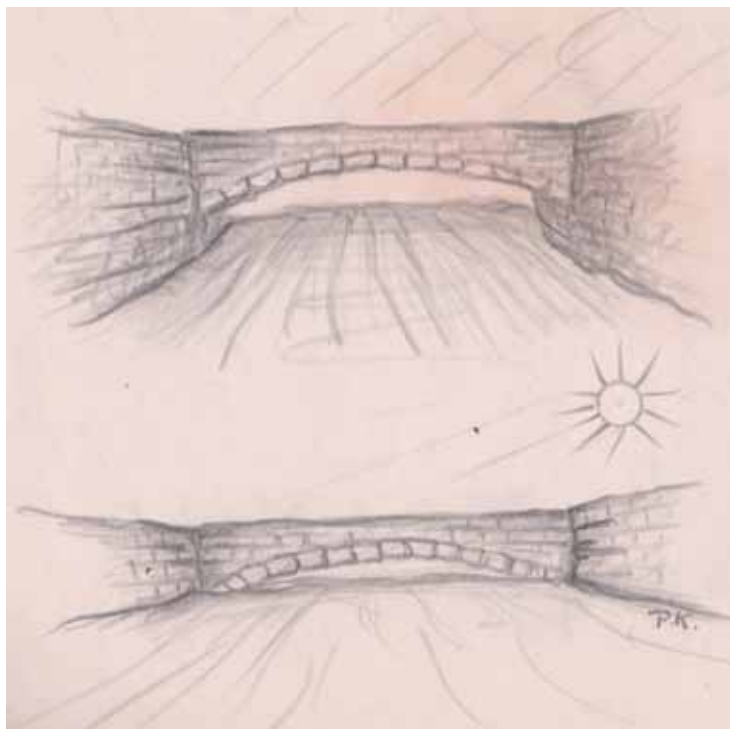
ne pozabimo na Kamniško-savinjske Alpe s Kamniško Bistrico pa Bohinj, je seznam Pavlu Kunaverju najbolj ljubih krajev nekako zaključen. Težko bi pri nas našli še koga, ki bi po vojni toliko pisal o teh naših biserih in naredil toliko dobrega za njihovo znanstveno, izobraževalno in naravovarstveno vrednotenje, ne samo v nacionalnih, ampak tudi v mednarodnih okvirih.

V *Proteusu* se je s poljudnoznanstvenimi prispevki oglašal celih štirideset let. To je bil poleg objavljanja v *Planinskem vestniku* sestavni del njegovega življenja in delovanja. Že navedeno število člankov je bilo presenečenje, kaj šele njihova raznovrstnost. Njegov prvi članek v *Proteusu* je bil že omenjen, leta 1982, v starosti 93 let, pa je objavil svojega zadnjega, z naslovom *V spomin Ivana Michlerja*. Prvemu je sledilo drug za drugim še šest astronomskih člankov, trije od njih o nebu v različnih mesecih. Potem je nastopil kulturni molk, ki se ga je *Proteus* dosledno držal, a Pavel Kunaver ni bil tako discipliniran in je nekaj njegovih objav v času druge svetovne vojne izšlo v *Planinskem vestniku*. K *Proteusu* se je vrnil takoj po vojni in svoje

snovanje prve »ljudske zvezdarne« je zaupal prav tej reviji. Do leta 1948 je svoje članke objavljaval izključno v *Proteusu*, kar 21, preden se je odločil tudi za objavljanje v *Planinskem vestniku*, pozneje pa še v *Pionirju* ter tu in tam še kje drugod.

Malo statistike: najbolj mu je bilo pri srcu Sonce, ker se je z opazovanjem njegovih peg in aktivnosti ukvarjal celih petdeset let. Ne preseneča, da je o tem in o Sončevih pa tudi Luninih mrkih v *Proteusu* poročal v 41 prispevkih. Astronomija je tako zastopana v polovici vseh njegovih objav v *Proteusu*, skupaj s poročili o astronomskih pojavih, zlasti o mesečnem stanju nebesnih teles ter o kometih in meteoritih ter prehodih planetov. Nekaj večje je le še število objav o notranjskih kraških biserih, kot so Rakov Škocjan ter Planinsko in Cerkniško polje, skupaj s problematiko njihovega varstva (10).

Posebej je poročal o Škocjanskih jamah (2), o ledu v jamah (3), o breznu Gradišnica, ki so ga 5. oktobra leta 1957 v veliki raziskovalni akciji obiskali slovenski jamarji, o Triglavskem breznu (1), o Modrem in Rdečem jezeru pri Imotskem (1), o prepadu Žiglovi-



*Nazorna risba ledeniške reke Arve, ki narašča in upada v ritmu vsakodnevnega topljenja snega oziroma ledu, kot jo je v Chamonixu videl Pavel Kunaver ob svojem obisku leta 1956.*

ca (1) in še o treh drugih breznic (1). Ob šestdesetletnici Društva za raziskovanje jam je prispeval tudi spominski članek.

Članke proteusovskega žanra je objavljala že precej prej, večinoma v *Planinskem vestniku*. Njemu tudi po drugi vojni ni obrnil hrbtna, a je tam objavljala bolj članke iz gorskega sveta, na primer tiste o nazadovanju Triglavskega ledenika. O tem je bilo doslej že veliko napisanega in objavljenega. Za zaključek naj se spomnim izvrstnega besedila o Dolini triglavskih jezer in serije člankov o montblanških ledenikih, oboje objavljeno v *Planinskem vestniku* (1956), o katerih sem pisal v svoji biografski knjigi. Iz nje sem si izposodil dva citata.

Prvi: »Iz članka ..., ki obsega kar štirinajst strani in je skoraj razprava, veje na eni strani občudovanje te imenitne pokrajine (Doline triglavskih jezer; opomba pisca), ki jo nekje imenuje 'dolino vseh dolin'. Na drugi pa se kaže poznavalsko in radovedno oko, ki opazi vse, kar je zanimivega. Do znan-

stvenosti manjkajo morda samo še citati iz starejših del, ki jih je najbrž poznal. Njegovega zanosnega in navdušujočega opisa lepot in zanimivosti te doline še nihče ni presegel. V tem je pač čar njegovega pisanja, ki bralca potegne za seboj, hkrati pa je v svoji razlagi razumljiv in privlačen. Članek o dolini je izvrsten primer, kako približati nekemu bralcu razmeroma odmaknjeno snov, geološki nastanek in razvoj zemeljske skorje in njenega površja. Brez oklevanja lahko trdimo, da se tudi v tem kaže sposobnost sinteze in izbrušen didaktični pristop.«

In drugi: »Kot pisec teh vrstic in raziskovalec ledeniških pokrajin si upam trditi, da spadajo zgornji opisi montblanških ledenikov med vrhunce poljudnoznanstvenega pisanja Pavla Kunaverja in tudi na splošno. Najbrž tega ni opazilo in bralo prav mnogo za to poklicanih slovenskih strokovnjakov, če sploh kdo izmed njih. Zgornji opisi imajo poleg vsega tudi nek umetniški in vzgojni pridih, so prava 'naravoslovna poezija'.«



*Pavel Kunaver se je vse življenje zanimal za ledenike in ledeniško geomorfologijo. Pri ledeniški mizi na ledeniku Pastirica pod Grossglocknerjem med obema vojnama. Foto: Josip Kunaver.*



*Srečni obrazi udeležencev smučarskega tečaja pod vodstvom Pavla Kunaverja na Kalu nad Hrastnikom januarja leta 1957. Med njimi so mnogi poznejši znani Slovenci.*



*Učenci Klasične gimnazije pod vodstvom Pavla Kunaverja v Škocjanskih jamah januarja leta 1956.*

*Eden prvih izletov Privadoslovnega krožka Klasične gimnazije okoli leta 1950.*



# O entropiji, neredu in razumevanju abstraktnih fizikalnih količin

Rok Kaufman, Andrej Jamnik

Z entropijo in z njo tesno povezanim drugim zakonom termodinamike se prvič srečamo pri srednješolski fiziki. Ker pa je entropija zelo abstraktna količina, se pri njeni interpretaciji navadno opiramo na poenostavljene razlage, ki pa pogosto ne osvetlijo njenega pravega pomena. Zaradi skorajda mističnega prizvoka se posledično v poljudni literaturi entropija pogosto razlaga preveč splošno kot neke vrste znanstvena mera za neurejenost, tudi kadar je takšna raba popolnoma neutemeljena. Članek osvetljuje zgodovinski razvoj razumevanja obeh tesno povezanih pojmov in prikaže nekaj primerov, kjer postane jasno, da nas laična predstava entropije kot mere za nered lahko zavede v napačno razlaganje meril za potek spontan procesov.

## Kako smo prišli do današnjega razumevanja entropije?

Teorijo toplotnih strojev in izkoristka v termodinamskih procesih, ki je na koncu vodila v formulacijo drugega zakona termodinamike, je v Franciji na začetku dvajsetih let 19. stoletja začel Sadi Carnot (1796–1832). Po njem danes imenujemo ciklične termodinamske procese z maksimalnim izkoristkom energije Carnotov cikla. Pomen Carnotovega dela je šele po njegovi prezgodnji smrti prepoznal Benoît Clapeyron (1799–1864), ki je njegovo delo povzel leta 1834 v članku *Mémoire sur la puissance motrice de la chaleur* (Razprava o gonilni moči toplote). Teorijo sta kasneje dodelala še William Thomson, po podelitvi plemiškega naziva poznan kot lord Kelvin (1824–1907), in Rudolf Clausius (1822–1888), ki je prepoznal pomen cikličnih sprememb za definicijo reverzibilnosti. V ta namen je uvedel novo količino, entropijo (iz grške besede *entropía*, »obrat proti«),

ki nastaja v ireverzibilnih procesih.

Definicija entropije je bila že od vsega začetka zelo abstraktna. Clausiusova definicija entropije in drugega zakona termodinamike še danes velja za osnovno definicijo, ki jo navaja tudi večina učbenikov. Ta se opira na pojem reverzibilnosti in cikličnih sprememb. Ključna količina Clausiusove formulacije entropije je razmerje med diferencialom izmenjane toplote in temperaturo, pri kateri ta (entropija) poteka. Drugi zakon termodinamike nato vpelje s pomočjo Clausiusove neenakosti, ki prepoveduje pretvorbe, pri katerih je po opravljeni ciklični pretvorbi (v matematičnem jeziku integral po zaključeni poti) ta količina negativna. Podobno vpelje tudi razliko entropije med dvema različnima stanjema kot skupno vrednost te količine po opravljeni reverzibilni pretvorbi iz začetnega v končno stanje. S pomočjo entropije lahko na ta način (v kolikor opazujemo izolirani sistem) tudi razlikujemo med začetnim in končnim stanjem za ireverzibilno pretvorbo, saj obe trditvi hkrati poskrbita, da pri ireverzibilni pretvorbi entropija narašča, pri reverzibilni pa kvečjemu ostane enaka. Čeprav se je takšna definicija pokazala kot uporabna pri analizi termodinamskih sistemov in pretvorb, je njeno bistvo težko razumeti. Clausius jo je poskušal preprosto razumeti kot neke vrste časovno puščico, s pomočjo katere lahko različna stanja sistema povežemo v smiselno sledje. V svojem članku *Ueber verschiedene für die Anwendung bequeme Formen der Hauptgleichungen der mechanischen Wärmetheorie* (O različnih za uporabo primernih oblikah osnovne enačbe mehanske teorije toplote) iz leta 1865 je koncept entropije in drugi zakon termodinamike povzel takole:

»Die Energie der Welt ist konstant; die En-



tropie strebt einem Maximum zu.« (»Skupna energija vesolja je konstantna, skupna entropija stremi k maksimumu.«)

Vsakemu možnemu stanju sistema lahko enolično določimo vrednost entropije, ki je neodvisna od načina, kako smo prišli do tega stanja. Zaradi te lastnosti pravimo, da je entropija funkcija stanja. Razlike v entropiji med različnimi stanji predstavljajo možnost spontane spremembe v izoliranem sistemu. Tako lahko formulacijo drugega zakona termodinamike osnujemo tudi iz trditve, da če poznamo dve različni stanji istega sistema, potem mora tisto z višjo entropijo kvečjemu slediti prvemu v časovnem razvoju. Entropija je zato eden izmed termodinamskih potencialov, katerih spremembe pri procesih, ki potekajo pri različnih konstantnih pogojih, predstavljajo merila za spontani potek teh procesov. Entropija, kot jo uporabljamo danes, je zato posebnost med potenciali, saj navadno potencial vpeljemo tako, da je v ravnotežnem stanju minimalen in ne maksimalen! Kljub temu, da je to zgolj posledica konvencije in da definicija entropije ne bi bila čisto nič manj smiselna z dodanim negativnim predznakom, je verjetno prav tendenca po nenehnem povečevanju entropije prispevala k skrivnostnosti entropije.

Zgodovinsko gledano pa se definicija entropije najpogosteje opira na mikroskopsko sliko sistema. Veja fizike, ki razlaga povezavo med obnašanjem delcev na mikroskopski ravni in pojavi, ki iz tega sledijo na makroskopski ravni, se imenuje statistična fizika. Začetke statistične fizike predstavljajo James Clerk Maxwell (1831–1879) in njegova članka iz leta 1860 *Illustrations of the dynamical theory of gases, Part I & II (Prikazi dinamične teorije plinov, 1. in 2. del)*, kjer je razloženo gibanje molekul plina. Pri statistični fiziki upoštevamo le statistiko gibanja molekul plina, saj je takšen sistem preprosto prevelik, da bi obravnavali vsak delec posebej. V statistični sliki se pokaže, da najvišja entropija sistema z dano energijo ustreza stanju, kjer gibanje molekul opišemo s tako

imenovano Maxwell-Boltzmannovo distribucijo, kot je pokazal Ludwig Boltzmann (1844–1906).

Hermann von Helmholtz (1821–1894) je na podlagi kinetične teorije plinov prvi razumel entropijo kot nered sistema. Stanju z Maxwell-Boltzmannovo distribucijo je pripisal največji nered, saj je ta distribucija značilna za sistem, v katerem se delci gibljejo popolnoma naključno. Nasprotno bi si kot popolnoma urejen sistem lahko predstavljali stanje, kjer se delci v sistemu gibljejo vsi na enak način.

Statistično pojem entropije definiramo v povezavi s količino informacije, ki določa stanje sistema. Boltzmann si je entropijo razlagal s pomočjo mikrostanj, ki ustrezajo nekemu danemu makrostanju. Če si plin predstavljamo kot veliko število (velikostnega reda Avogadrovega števila) molekul, ki se bolj ali manj prosto gibljejo po prostoru, nam mikrostanje predstavlja eno od možnih konfiguracij položajev, orientacij, hitrosti in rotacij molekul v prostoru. Zaradi velikosti sistema je natančno poznavanje mikrostanja nepomembno: eno makrostanje ustreza orjaški množici različnih mikrostanj, ki jih medsebojno ne moremo razločiti.

S pomočjo statističnofizikalnih prijemov je moč povezati oba pojma; pokaže se, da bi se za neskončno velike sisteme statistična entropija konfiguracije delcev v sistemu natančno ujemala s smiselno definicijo termodinamske entropije. Po Boltzmannu se entropija ujema kar z logaritmom števila možnih mikrostanj sistema, sorazmerno-stni konstanti pa pravimo Boltzmannova konstanta. Willard Gibbs (1839–1903) je to definicijo razširil še za primer, kjer mikrostanja niso enako verjetna. V tem primeru je treba sešteti produkte verjetnosti in njihovih logaritmov za vsa možna mikrostanja. Enako formulacijo je moč uporabiti tudi pri definiciji entropije v okviru kvantne mehanike, kar je leta 1932 kot prvi uporabil John von Neumann (1903–1957).

Statistično definicijo entropije je leta 1948

uporabil in razširil tudi Claude Shannon (1916–2001). Z Gibbsovo formulo si je pomagal pri definiciji količine informacije, ki jo dobimo o sistemu. Shannonova oziroma informacijska entropija je - za razliko od Gibbsove in von Neumannove entropije - nefizikalna količina. Če Gibbsova entropija predstavlja makroskopsko opazljivko sistema, nam Shannonova entropija predstavlja, koliko informacije dobimo o sistemu, če izvemo nekaj podatkov o njegovi konfiguraciji. Obratno si lahko Shannonovo entropijo predstavljamo kot manjkajočo informacijo o opazovanem sistemu. Če se povrnemo k sistemu molekul plina, bi Shannonova entropija predstavljala, za koliko se zmanjša nabor možnih mikrostanj v primeru, ko nekaterim molekulam točno določimo njihovo gibanje. Razumevanje entropije kot znanstvene mere za nered je bilo glavno učno pomagalo celo 20. stoletje. Večina ameriških (in posledično mednarodnih) učbenikov je bila opremljena na primer s sliko razmetane sobe, kar je bilo enačeno z visoko entropijo; nenehno povečevanje entropije pa je bilo razlagano s tendenco, da je soba s časom vse bolj razmetana. Pospravljanje sobe je bilo enačeno z delom, opravljenim na sistemu, ko zmanjšamo njegov nered. Razumevanje entropije kot mere za nered in stalnosti povečevanja nereda se je zato zažrl globoko v splošno razumevanje in pogosto se je z entropijo razlagalo tudi sisteme, ki jih na ta način ne moremo opisati - kot na primer pojem družbene neenakosti in težnje po degradaciji družbene ureditve.

V devetdesetih letih pa so se s strani nekaterih znanstvenikov začeli pojavljati pomisleki, ali je takšen pristop sploh smiseln in ali morda ne naredi več škode kot koristi za učence. Glasna zagovornika spremembe načina poučevanja pojma entropije sta Frank L. Lambert (1918-) in Arieh Ben-Naim (1934-). Kot problem sta prepoznala, da je nered preveč splošen pojem in da bi bilo bolje dejansko razumeti entropijo kot prostost sistema dostopati do različnih mi-

krostanj. Slika razmetane sobe je statična; če je soba razmetana v neki konfiguraciji, potem vsa ostala mikrostanja, ki si jih predstavljamo kot razmetano sobo, sploh niso dostopna, in zato razmetana soba nima nič večje entropije kot pospravljena soba. Prav tako je zaradi nepojmljive velikosti kemijskih sistemov količina možnih konfiguracij tolikšna, da ima na primer že sistem enega mola idealnega plina pri temperaturi nekaj kelvinov nad absolutno ničlo na voljo približno  $10^{10^{19}}$  različnih mikrostanj. Značilna entropija termodinamskega sistema je torej trilijone velikostnih stopenj (ne trilijonkrat, ampak trilijone velikostnih stopenj!) večja od značilnih statističnih entropij, s katerimi imamo navadno opraviti!

### **Kdaj je smiselno govoriti o entropiji?**

Ko se pri interpretaciji pojavov v resničnem svetu opremo na pojem entropije in drugi zakon termodinamike, se moramo zavedati, pri kakšnih predpostavkah je definiran drugi zakon termodinamike, sicer ga ne moremo pravilno uporabljati.

Kot prvo je pomembno razumeti, da načelo naraščanja entropije deluje le za strogo izolirane sisteme, ki z okolico ne smejo izmenjevati toplote, dela ali snovi. V nasprotju z izoliranimi sistemi imamo v termodinamiki navadno opraviti z zaprtimi sistemi, ki sledijo zakonu o ohranitvi mase, vendar pa z okolico lahko izmenjujejo energijo - v obliki toplote ali dela. Prav tako v termodinamiki zanemarimo vplive zunanjih polj, na primer gravitacijskega, katerih delo na sistem navadno označimo kot spremembo potencialne energije sistema. Izoliranost pomeni tudi radiativno izolacijo, ki je pri resničnih poskusih prav tako ne moremo doseči.

V resničnosti je edini strogo izolirani sistem vesolje kot celota. Ne glede na to, kako se trudimo izolirati sistem, nikoli ne moremo popolnoma onemogočiti pretoka toplote. Prav tako bi za ničelno mehansko delo potrebovali ničelno spremembo prostornine, kar ustreza neskončno togi zunanji meji sis-

tema - posodi, v kateri poteka proces -, ali pa odsotnosti zunanega tlaka, kar ustreza popolnemu vakuumu. Celo znotraj takšnega vakuumu pa bi se toplota še vedno lahko izmenjevala preko fotonov s sevanjem po Stefan-Boltzmannovem zakonu. Zato je za uporabo drugega zakona termodinamike v resničnih sistemih ključna uporaba Helmholtzove proste energije, ki je mera za celotno delo, ki ga sistem lahko opravi na okolico, in Gibbsove proste energije, ki se od Helmholtzove razlikuje za mehansko delo sistema proti zunanjemu tlaku.

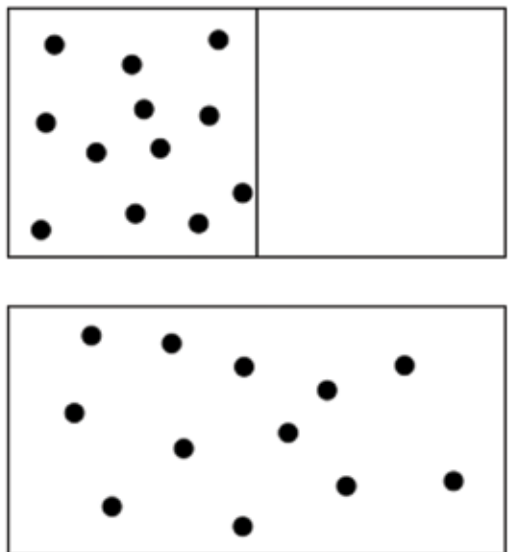
Helmholtzova prosta energija je termodinamski potencial za sisteme pri stalni prostornini. Če obravnavamo procese, ki potekajo v zaprtem prostoru, na primer znotraj posode, in želimo uporabiti Helmholtzovo prosto energijo, se moramo zavedati, da bo do napak prišlo že zaradi deformacij posode kot posledice razlik v tlaku.

V kemiji pa navadno obravnavamo termodinamične pretvorbe, ki potekajo pri stalnem zunanjem tlaku okolice. Proces, pri katerih se izmenjuje toplota, zato pomenijo spremembo entalpije (entalpijo definiramo kot vsoto notranje energije in produkta tlaka in prostornine sistema) in kot termodinamski potencial navadno uporabljamo Gibbsovo prosto energijo. Vendar, ali so pogoji za takšno obravnavo sistema dejansko izpolnjeni? V primeru, ko se sistem zelo hitro ekspandira (razteza), ni mogoče enačiti tlaka okolice in tlaka sistema. Okolica bi se morala na kakršnokoli spremembo prostornin ali zgolj oblike zaprtega sistema odzvati poljubno hitro, sicer lokalno pride do razlik v tlaku. Takšne spremembe v tlaku pa povzročijo nastanek longitudinalnih tlačnih valov v okolici, ki se širijo navzven od sistema in na ta način pomenijo dodatno oddajanje energije v okolico, ki je za neskončno počasen proces ne bi bilo. V kemiji se pogosto srečamo z reakcijami, pri katerih se to dejansko zgodi. Prepoznamo jih kot eksplozije, pri katerih sistem odda energijo v obliki udarnega vala, ki ga lahko slišimo.

Ker je Carnotov cikel natančno definiran le za primer, ko izmenjuje toplote z okolico poteka pri enaki temperaturi sistema in okolice, spet naletimo na težave pri uporabi teorije v resničnosti. Ko se toplota pretaka iz rezervoarja z višjo v rezervoar z nižjo temperaturo, je ta pretvorba ireverzibilna, kar lahko pokažemo z izračunom spremembe entropije. Ta je v seštevku pozitivna. Tudi iz vsakdanjih izkušenj nam je znano, da se toplota nikoli spontano ne pretaka v obratni smeri. Takoj postane jasno, da mora biti takšen proces neskončno počasen. Če sistem pripravimo, da v realnem času sledi Carnotovemu ciklu, bo ves čas nekoliko zunaj ravnovesja, ki bi ga lahko dosegel po neskončnem času, če cikel prekinemo. Ker pa sistem ni točno v ravnovesju, takšna ciklična pretvorba ne more biti reverzibilna in entropija okolice mora naraščati.

Ker je entropija smiselno definirana le za pretvorbe, pri katerih je sistem vedno v ravnovesnem stanju, Ben-Naim tudi razlikuje med Shannonovo mero informacije, ki je definirana za poljubno stanje, in entropijo,

*Slika 1: Spontana ekspanzija plina ob odstranitvi pregrade.*



ki je v njegovi interpretaciji smiselno definirana le za sistem v ravnovesnem stanju. Entropija se potemtakem ujema s Shannonovo mero informacije le v limiti, ko bi sistemu pustili, da se neskončno dolgo relaksira.

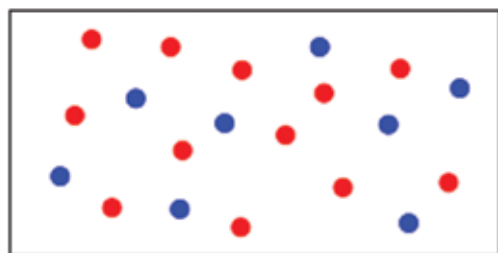
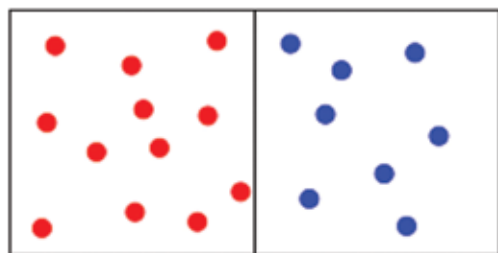
### V katerih primerih stanje z višjo entropijo ni videti bolj neurejeno?

Pri razumevanju entropije nekega stanja se pogosto opiramo na interpretacijo entropije, pri kateri opazujemo neurejenost molekul snovi. A če entropijo preveč strogo razumemo kot mero za nered in ne pomislimo, da je takšna oznaka zgolj prisposodba, nas takšno razumevanje lahko zavede in pripelje do napačnih rezultatov.

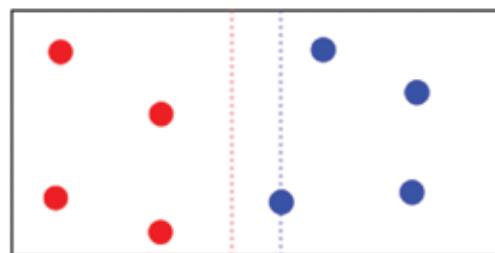
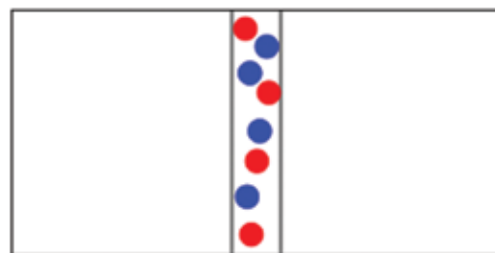
Eden od osnovnih šolskih primerov procesa, pri katerem pride do povečanja entropije, je ekspanzija plina, prikazana na sliki 1. Ko molekulam idealnega plina povečamo prosto prostornino gibanja, se bodo te spontano in ireverzibilno razpršile po celotnem prostoru. Če proces poskusimo razumeti z vidika statistične fizike, je jasno, zakaj ima takšno stanje višjo entropijo. Molekulam

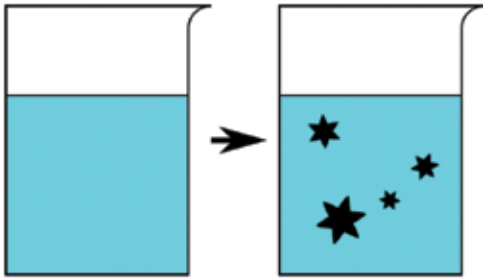
je na voljo večja prostornina in posledično je na voljo večje število razpoložljivih mikrostanj. Vendar pa takšen sistem ni videti nujno bolj neurejen. Molekule se še vedno na enak način kot pred ekspanzijo kaotično gibljejo po prostoru. Če neurejenost gibanja molekul razumemo kot posledico trkov med gibanjem, bi celo razumeli, da je gibanje molekul po večji prostornini bolj urejeno, saj je prosta pot molekul v tem primeru daljša. Podoben primer je proces mešanja dveh različnih idealnih plinov, med katerima kemijska reakcija ne poteka. Ko dva ločena rezervoarja z različnima plinoma spojimo, se bodo molekule obeh porazporedile po celotnem prostoru, kot je prikazano na sliki 2. Znova gre za spontani ireverzibilni proces. Ta proces je v svojem bistvu identičen vzporednima procesoma ekspanzije obeh plinov v nov povečan prostor, torej prejšnjemu primeru. Na sliki 2 rdeče molekule popolnoma ustrezajo primeru ekspanzije plina s slike 1. Za razliko od primera ekspanzije molekul enega plina pa v tem primeru, laično gledano, končno stanje res lahko razumemo kot

Slika 2: Spontano mešanje plinov ob odstranitvi pregrade.



Slika 3: Spontano razmešanje plinov skozi polprepustni membrani.





Slika 4: Spontana kristalizacija.

bolj neurejeno – navsezadnje so se molekule obeh plinov med seboj premešale.

Kot nadgradnjo tega šolskega primera pogledjmo še miselni poskus, ki ga v svoji knjigi kot prikaz neprimernosti razumevanja entropije kot nereda (ali pa tudi homogenosti sistema) navaja Ben-Naim. Kot začetno stanje si predstavljajmo rezervoar z mešanico dveh idealnih plinov A in B, kot je prikazano na sliki 3. Nato rezervoar povežemo z dvema ločenima praznima rezervoarjema, vendar poskrbimo, da sta povezavi polprepustni, tako da vsaka prepušča samo eno vrsto molekul. Prišlo bo do spontanega razmešanja plinov. V končnem stanju bodo v enem od prej praznih rezervoarjev samo molekule A, v drugem pa samo molekule B. V vmesnem prostoru bosta plina še vedno zmešana, od razmerja med prostorom, ki je izbirno dostopen samo eni vrsti molekul, in prostorom začetnega rezervoarja pa je odvisen delež razmešanja. V limiti, ko gre to razmerje proti neskončnosti, se tudi delež razmešanja približuje popolnemu razmešanju. Jasno je, da je ta proces prav tako identičen ekspanziji plina za vsak plin posebej. Jasno je tudi, da je tak proces spontan in ireverzibilen, tako da je moralo priti do povečanja entropije. Vendar končno stanje razumemo kot *bolj* urejeno od začetnega; navsezadnje se zdaj vsak plin nahaja v svojem rezervoarju. Vidimo lahko, da je pri interpretaciji entropije kot mere za nered potrebna previdnost.

Ker si je težko zamisliti pregrado, ki prepušča samo eno vrsto plina (mogoče bi bilo na primer napraviti porozno pregrado s porami, dovolj velikimi le za manjše molekule, izbirne prepustnosti za večje molekule pa na ta način ne bi mogli doseči), je prejšnji miselni poskus morda bolj razumljiv v primeru raztopin. Imejmo torej raztopino z molekulami dveh različnih topljencev ter polprepustni membrani, kjer vsaka prepušča le eno zvrst molekul. Takšne polprepustne membrane poznamo na primer iz bioloških sistemov. Iz začetne premešane raztopine lahko pripravimo razmešani čisti raztopini, pri čemer bi do razmešanja prišlo spontano in ireverzibilno. Primer spontanega procesa, pri katerem dobimo »bolj urejeno« stanje, je tudi spontana kristalizacija podhlajenih tekočin in prenasičenih raztopin. V primeru podhlajenih tekočin se pri faznem prehodu v trdno stanje razvije toplota. Po spontani kristalizaciji ima snov višjo temperaturo kot na začetku, tako da lahko spontanost razumemo kot povišanje entropije zaradi sproščene toplote. Ko pa imamo opravka s prenasičeno raztopino, pa je sproščena toplota odvisna od solvacijske in kristalizacijske entalpije topljenca. (Solvacijska entalpija pomeni razliko v energiji med sistemom izoliranih ionov in topila ter sistemom raztopine ionov. Kristalizacijska entalpija pomeni razliko v energiji med izoliranimi posameznimi ioni ter ioni, povezani v kristal. V obeh primerih pozitivna vrednost pomeni endotermnost oziroma porabljeno energijo, negativna vrednost pa eksotermnost oziroma sproščeno energijo.) Pri spontani kristalizaciji topljenca, za katerega je razlika med solvacijsko in kristalizacijsko entalpijo negativna, se toplota porablja. Primer takšnega sistema je na primer raztopina natrijevega sulfata, ki ima izrazito negativno solvacijsko entalpijo. Omenjena lastnost ima uporabno aplikacijo v hladilnih blazinicah, v katerih imamo prenasičeno raztopino natrijevega sulfata ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), ki se ob vzbuditvi kristalizacije ohladi. Seveda je sprememba entropije tudi v tem primeru

pozitivna, kot pri vseh spontanah procesih, kljub znižanju entropije okolice zaradi porabljenih toplote in temu, da končno stanje s kristali natrijevega sulfata lažje razumemo kot bolj urejeno od začetne raztopine. Če želimo entropijo razumeti kot nered, se moramo sprijazniti z interpretacijo, da je raztopina v tem primeru bolj urejena od ločenega sistema kristalov in topila zaradi urejanja molekul vode okoli raztopljenih ionov.

Podobno nas lahko napačno razumevanje entropije kot nereda zavede tudi v primerih tekočih kristalov. Če razumemo tekočino kot zelo neurejeno stanje in kristal kot zelo urejeno stanje, lahko interpretiramo nematik kot manj urejen od smektika, saj so v nematiku molekule povsem prosto gibljive, medtem ko v smektiku tvorijo jasno definirane plasti. (V tekočem kristalu red dolgega dosega obstaja za orientacijo, a ne za položaj molekul. Nematik si lahko predstavljamo kot tekočino, v kateri so vse molekule obrnjene v približno isto smer, vendar so še vedno prosto gibljive. V nasprotju z nematikom se v smektiku molekule uredijo v plasti. Znotraj plasti je gibanje molekul še vedno neovirano, med različnimi plastmi pa imamo red dolgega dosega. Nematik zato razumemo kot strukturno bolj prostega od smektika.) Iz preprostega razumevanja bi tako pričakovali, da pri ohlajanju tekočine dobimo najprej nematik, nato smektik, nato pa trden kristal. Ko pa obravnavamo primer tekočih kristalov iz molekul heksiloksicijanobifenila (s kratico 6OCB), pa pri ohlajanju tekoče faze dobimo – po pričakovanju – najprej nematik, nato smektik, nato pa – v nasprotju z naivnimi pričakovanji – ponovno nematično fazo, preden dosežemo zmrzišče.


Vidimo torej, da lahko najdemo mnoge tako miselne kot laboratorijske poskuse, ki dokazujejo, da se naše razumevanje nereda ne ujema vedno s stanjem z večjo entropijo. Prav tako se je pri razlagah kemijskih procesov treba zavedati, da je drugi zakon termodinamike v najosnovnejši obliki definiran

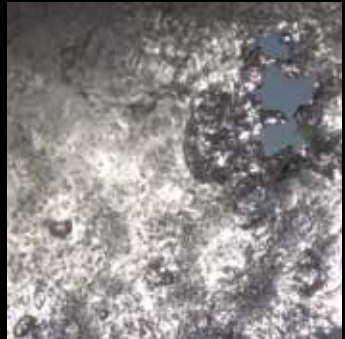
za zaprte in izolirane sisteme in da enakost termodinamskih in statističnih količin točno velja le za neskončno velike sisteme. Če pa sistemi niso izolirani ali vsaj zaprti, kar drži za večino sistemov, pa moramo biti natančni pri definiciji meje sistema in pri opisu njegove interakcije z okolico. Previdni moramo biti tudi pri tem, da so sistemi, ki imajo v resnici višjo entropijo, lahko na prvi pogled videti bolj urejeni, tako da je enačenje entropije z mero za nered lahko zavajajoče.

#### Literatura:

- Likar, A., 2013: *Entropija in nered. Obzornik za matematiko in fiziko*, 60 (1): 31–34.
- Lambert, F. L., 1999: *Shuffled Cards, Messy Desks, and Disorderly Dorm Rooms – Examples of Entropy Increase? Nonsense! Journal of Chemical Education*, 76 (10): 1385–1387. doi:10.1021/ed076p1385.
- Lambert, F. L., 2002: *Disorder – A Cracked Crutch for Supporting Entropy Discussions. Journal of Chemical Education*, 79 (2): 187–192. doi:10.1021/ed079p187.
- Haglund, J., Jeppsson, F., Strömdahl, H., 2010: *Different Senses of Entropy – Implications for Education. Entropy*, 12: 490–515. doi:10.3390/e12030490.
- Lieb, E. H., Yngvason, J., 2000: *A Fresh Look at Entropy and the Second Law of Thermodynamics. Physics Today*, 53 (4): 32–37. doi:10.1063/1.883034.
- Benguigui, L., 2013: *The different paths to entropy. European Journal of Physics*, 34 (2): 303–321. doi:10.1088/0143-0807/34/2/303.
- Baierlein, R., 1994: *Entropy and the second law: A pedagogical alternative. American Journal of Physics*, 62: 15–26. doi:10.1119/1.17732.
- Styer, D. F., 2000: *Insight into entropy. American Journal of Physics*, 68: 1090–1096. doi:10.1119/1.1287353.
- Ben-Naim, A., 2008: *Entropy Demystified: The Second Law Reduced to Plain Common Sense. Singapore: World Scientific. ISBN:9789812832252.*
- Ben-Naim, A., 2008: *A Farewell to Entropy: Statistical Thermodynamics Based on Information. Singapore: World Scientific. ISBN:9789812707062.*
- Ben-Naim, A., 2017: *Is Entropy Associated with Time's Arrow? arXiv:1705.01467.*
- Ben-Naim, A., 2017: *Can entropy be defined for and the Second Law applied to the entire universe? arXiv:1705.01100.*
- Ben-Naim, A., 2017: *Can entropy be defined for, and the Second Law applied to living systems? arXiv:1705.02461.*

# PROTEUS

letnik 80  mesečnik za poljudno naravoslovje  
[www.proteus.si](http://www.proteus.si)



# Letno kazalo

## Stvarno kazalo

### Članki

Ivica Kavčič, Martina Peljhan: Živo srebro v medicini 18

Marina Dermastia: Na sledi za afriškim divjim psom 27

Matija Križnar: Galapagos – otoki sprememb 34

Mateja Grašič, Alenka Gaberščik: Pomen silicija za življenje rastlin 54

Tea Romih: Raki lahko živijo tudi na kopnem: spoznajmo mokrice 59

Matija Križnar: Reunion – neznani raj sredi Indijskega oceana 66

Petra Bukovec, Renata Rajapakse: Splošni ukrepi prve pomoči 76

Zdravko Podlessek: Mobilni telefoni in skrito mikrobno sporočilo 82

Marko Dolinar: Pozni narcis na septembrskem popoldanskem sprehodu na Pelješcu 86

Martina Burnik Šturm: Konj przewalskega - zadnji divji konj evrazijske stepe 106

Tilen Genov: Novo odkritje slovenskih raziskovalcev: nova metoda identifikacije delfinov 114

Eva Horvat, Polona Pengal, Mihael J. Toman: Ikre sardele (*Sardina pilchardus*) in sardona (*Engraulis encarsicolus*) v slovenskem morju 120

Matija Gogala: Gorski škřžad sredi zime? 127

Uroš Grošel in Sebastijan Ričko: Vzpon in razcvet organokatalize 132

Petra Bukovec, Renata Rajapakse: Oživljam, torej sem 138

Branko Dolinar, Igor Paušič in Igor Daksobler: Ravnikova murka (*Nigritella ravnikii*) in košutina murka (*Nigritella kossutensis*), novi kukavičevki na slovenski strani Košute v Karavankah 212

Mirjan Žorž, Franc Stare, Cveto Gašpirc, Anja Lavtar, Igor Dolinar, Rafael Šerjak in Miha Jeršek: Kremenovi kristali s Cerovca na Dolenjskem 220

Boris Sket: Paberki o kozjenogem slaku in o cirkumtropskih rastlinah in živalih 228

Marko Dolinar: Pravi žafran – evolucija z napako 247

Daniel Rojšek: Novo nahajališče dvocvetnega žafrana (*Crocus biflorus*) na vznožju Sabotina v Šmavru 253

Tom Turk: Žabe podrevnice v tropskem deževnem gozdu Kostarike 258

Tjaša Goričan, Marko Novinec: Uravnavanje encimov s ciljanjem alosteričnih mest: primer katepsina K 265

Kristijan Skok, Lidija Kocbek: Oko – vrata v dušo in svet 272

Marjutka Hafner: Geoparki ohranjajo dediščino Zemlje in spodbujajo lokalni razvoj 296

Gerald Hartmann, Darja Komar, Mojca Bedjanič, Suzana Fajmut Štrucl, Primož Vodovnik: Skrivnosti, zapisane v kamninah 298

Alenka Drempečič, Lenka Stermecki: Geografija Geoparka Karavanke 306

Uroš Herlec, Darja Komar, Walter Poltnig: Geološki pregled 315

Bogdan Jurkovšek, Tea Kolar - Jurkovšek, Walter Poltnig: Fosili Geoparka Karavanke 327

Miha Jeršek, Mirjan Žorž: Minerali območja Geoparka Karavanke 335

Mirka Trajanova, Meta Dobnikar: Kamnine Železnokapelske magmatske cone 343

Polona Kralj: Vulkanske kamnine 350

Suzana Fajmut Štrucl, Karla Oder, Darja Komar: Rudniki in premogovniki 357

Uroš Herlec, Darja Komar: Nastanek svinčeve in cinkove rude mežiških rudišč 369

Martin Vernik: Živa narava Geoparka Karavanke 379



Karla Oder, Milan Piko: Kulturna dediščina Geoparka Karavanke 399

Primož Vodovnik, Gerald Hartmann, Suzana Fajmut Štrucl: Doživetja Geoparka Karavanke 413

Rok Kaufman, Andrej Jamnik: O entropiji, neredu in razumevanju abstraktnih fizikalnih količin 448

Jože Lango: Navadni kaček (*Dracunculus vulgaris*) še vedno uspeva v Slovenski Istri 461

### Iz zgodovine slovenske poljudne znanosti

Jurij Kunaver: Pavel Kunaver in njegova poljudna znanost 439

### Naravoslovna fotografija

Petra Draškovič Pelc: Rezultati natečaja naravoslovne fotografije za leto 2017 166

### Naše nebo

Mirko Kokole: Sonda Cassini veličastno zaključila z delovanjem 88

Mirko Kokole: 11/Oumuamua prvi odkriti medzvezdni obiskovalec 183

Mirko Kokole: Pomladansko nočno nebo in Jupitrovi cikloni 235

Mirko Kokole: Jupiter v opoziciji 284

Mirko Kokole: Prvi mikrosateliti na poti proti Marsu 475

### Nobelove nagrade za leto 2017

Aleš Mohorič: Gravitacijski valovi. Nobelova nagrada za fiziko za leto 2017 145

Samo Hudoklin: Krioelektronska mikroskopija in sorodne metode presevne elektronske mikroskopije. Nobelova nagrada za kemijo za leto 2017 151

Radovan Komel: Biološka ura – tudi zanjo je prišel čas za Nobelovo nagrado iz medicine 202

### Nove knjige

Zgodovina zdravstva in medicine na Slovenskem. Enciklopedična monografija prof. dr. Zvonke Zupanič Slavec 282

### Obletnice

Kazimir Tarman: Osemdesetletnica častnega člana Staneta Peterlina 104

Tomi Trilar: Ob osemdesetletnici akademika prof. dr. Matije Gogale 199

Damjan Vinko, Nina Erbida: Četrto stoletje Slovenskega odonatološkega društva 468

### Ob osemdesetem letniku Proteusa

Tomaž Sajovic: V poklon Pavlu Grošlju. Ob osemdesetem letniku Proteusa 5

Pavel Grošelj: Kako so odkrili človeško ribico? 11

### Odmevi

Jože Skumavec: Ob osemdesetletnici Staneta Peterlina 233

### Slovenska naravoslovna dediščina

Marija Mercina: Dediščina Frana Erjavca 160

### Spominska obeležja

Mitja Jančar: Preimenovanje ulice v Piranu po prof. dr. Ljudevitu Kuščerju 281

### V spomin

Mirka Trajanova: V spomin dr. Ani Hinterlechner Ravnik 44

Marijan Prosen: Profesor Bogdan Kilar. Spomin na ustvarjalnega in korektnega stanovskega kolega 180

### Uvodnik

Tomaž Sajovic 52, 100, 196, 244, 436

Gerald Hartmann, Suzana Fajmut Štrucl, Gerhard Visotschnig, Dušan Krebel, Darja Komar 293

**Prevodi**

Andreja Šalamon Verbič 46, 90, 186, 238, 286,  
423, 478

**Letno kazalo**

Tomaz Sajovic 455

**Kazalo avtoric in avtorjev**

Mojca Bedjanič 298

Petra Bukovec 76, 138

Martina Burnik Šturm 106

Igor Dakskobler 212

Marina Dermastia 27

Meta Dobnikar 343

Branko Dolinar 212

Igor Dolinar 220

Marko Dolinar 86, 247

Petra Draškovič Pelc 166

Alenka Drempetič 306

Nina Erbida 468

Suzana Fajmut Štrucl 293, 298, 357, 413

Alenka Gabersčik 54

Cveto Gašpirc 220

Tilen Genov 114

Matija Gogala 127

Tjaša Goričan 265

Mateja Grašič 54

Pavel Grošelj 11

Uroš Grošelj 132

Marjutka Hafner 296

Gerald Hartmann 293, 298, 413

Uroš Herlec 315, 369

Eva Horvat 120

Samo Hudoklin 151

Andrej Jamnik 448

Mitja Jančar 281

Miha Jeršek 220, 335

Bogdan Jurkovšek 327

Ivica Kavčič 18

Rok Kaufman 448

Lidija Kocbek 272

Mirko Kokole 88, 183, 235, 284, 475

Tea Kolar – Jurkovšek 327

Darja Komar 293, 298, 315, 357, 369

Radovan Komel 202

Polona Kralj 350

Dušan Krebel 293

Matija Križnar 34, 66

Jurij Kunaver 439

Jože Lango 461

Anja Lavtar 220

Marija Mercina 160

Aleš Mohorič 145

Marko Novinec 265

Karla Oder 357, 399

Igor Paušič 212

- Milan Piko 399  
Martina Peljhan 18  
Polona Pengal 120  
Zdravko Podlesek 82  
Walter Poltnig 315, 327  
Marijan Prosen 180
- Renata Rajapakse 76, 138  
Sebastijan Ričko 132  
Daniel Rojšek 253  
Tea Romih 59
- Tomaž Sajovic 5, 52, 100, 196, 244, 436, 455  
Boris Sket 228  
Kristijan Skok 272  
Jože Skumavec 233  
Franc Stare 220  
Lenka Stermecki 306
- Andreja Šalamon Verbič 46, 90, 186, 238, 286,  
423, 478  
Rafael Šerjak 220
- Kazimir Tarman 104  
Mihael J. Toman 120  
Mirka Trajanova 44, 343  
Tomi Trilar 199  
Tom Turk 258
- Martin Vernik 379  
Damjan Vinko 468  
Gerhard Visotschnig 293  
Primož Vodovnik 298, 413
- Mirjan Žorž 220, 335

# *Proteus*

*Izbaja od leta 1933*

*Mesečnik za poljudno naravoslovje*

*Izdajatelj in založnik: Prirodoslovno društvo Slovenije*

**Odgovorni urednik:**

*prof. dr. Radovan Komel*

**Glavni urednik:**

*dr. Tomaž Sajovic*

**Uredniški odbor:**

*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. Mibael Jožef Toman*

*prof. dr. Zvonka Zupanič Slavec*

*dr. Petra Draškovič Pelc*

**Lektor:** *dr. Tomaž Sajovic*

**Oblikovanje:** *Eda Pavletič*

**Angleški prevod:** *Andreja Šalamon Verbič*

**Priprava slikovnega gradiva:** *Manjan 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*

© Prirodoslovno društvo Slovenije, 2018.

*Vse pravice pridržane.*

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

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

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

# Navadni kaček (*Dracunculus vulgaris*) še vedno uspeva v Slovenski Istri

Jože Lango



*Navadni kaček na uničenem nahajališču nasproti zaselka Rožnik pred Ankaranom in kaček na nadomestnem nahajališču na Debelem Rtiču.*

Pred 65 leti je Josip Ukmar v naši reviji poročal o najdbi navadnega kačka - imenuje ga zmajevec ali visoki štrkovec (*Dracunculus vulgaris*) - pri Krkavčah in Koštaboni in to je bila do nedavna zadnja potrditev uspevanja te v Sloveniji zelo redke in zavarovane vrste. Opisujemo njeno novo nahajališče pri Ankaranu, ki je žal uničeno, in način, kako smo jo 11. avgusta leta 2017 prenesli na zanjo primerno nadomestno rastišče na Debelem Rtiču.

Navadni kaček (*Dracunculus vulgaris*) je avtohtona vrsta flore Slovenije, vendar je do nedavna bila letnica njene zadnje potrditve

1953: Koštabona in Krkavče (Ukmar, 1953; T. Wraber in Skoberne, 1989: 134). Na rdečem seznamu (Anonimous, 2002) ima oznako E (prizadeta vrsta). Sodi v družino kačnikovk (*Araceae*), kamor sodijo tudi v Sloveniji uspevajoči rodovi: kačnik (*Arum*), kačunka (*Calla*) in vodna solata (*Pistia*). V to družino je bil včasih razvrščen tudi kolmež (*Acorus*). Je zelnata trajnica s podzemnimi gomolji, visoka do enega metra. Steblo je olistnato z golimi dolgopecljati in stoplasto deljenimi listi. Krpe imajo cel rob, so sprva ploske, pozneje pa rob postane valovit ali zavihan. Spodnji del peclja je svetlo vijolično pegast, mesnat in nožničasto objema

steblo. Zato ima rastlina navidezno vijoličasto pegasto steblo in je olistnata le na vrhu. Ovršno socvetje je mnogocvetno, podaljšano v koničasti jalovi podaljšek. Cvetovi so enospolni, ženski so razporejeni pri dnu socvetja, moški pa nad ženskimi. Socvetje lijasto obdaja ovršni list ali spata, ki je dolga do 60 centimetrov, na spletu smo zasledili tudi navedbe o rekordnih 130 centimetrov pri rastlini, visoki okoli dva metra. Spata je zunaj zelena, znotraj pa temno škrlatno rdeča, njen koničasti jalovi podaljšek čokoladne barve štrli iz nje in je skoraj enako dolg kot ona. Plodovi so rdeče jagode z nekaj semeni. Opraševalci so muhe, ki jih rastlina privablja z vonjem po gnilem mesu, zato je kaček ponekod dobil vzdevek smrdljivka. Gojitelji jo razmnožujejo s semeni ali z delitvijo gomoljev. Uspeva na humusnih in dobro odcednih tleh, na sončnih legah, prenese pa tudi občasno ali delno zasenčenost.

Kaček turisti poznajo predvsem z otoka Krete, kjer je precej razširjen. Prvotna domovina je vzhodno Sredozemlje od Grčije,

jugozahodne Turčije do Balkana z Bolgarijo in jadransko obalo, s severno mejo v Slovenski Istri in italijanski provinci Vicenza. Na ostale sredozemske obale Italije, Francije, Španije, severne Afrike in na Portugalsko so jo najbrž zanesli. Doslej znana nahajališča v Istri so bila Barkovlje pri Trstu, Krkavče, Kaštel in Buzet (Rottensteiner, 2014, 2018, pisno sporočilo), pri čemer nahajališče pri Trstu novejša pregledna dela o flori Trsta in Furlanije ne omenjajo. Wulfen ga je, sodeč po njegovih delih, v drugi polovici 18. stoletja opazil tudi na Sveti Gori (Skalnici) (Praprotnik, 2016: 32).

### **Najdba**

Ob cesti Koper–Ankaran je uspevalo grmovje - živa meja. Ko so v letih 2008 in 2009 na mestu tik pred nekdanjo »bolnico Ankaran« opravili posek obcestnega grmovja in izvedli nasutje za obcestno parkirišče, so se kački prikazali med nizkim rastjem na doslej še nepoznanem nahajališču. Opazil sem jih 19. junija leta 2010, in sicer šest

*Nahajališče teden dni po prvi najdbi. Vidimo tri skupine cvetočih kačkov, dve sta že odcveteli, največje socvetje so med tem časom že odrezali, ostalo je samo steblo.*





*Iz robide in sroboti so temu lepotcu štrleli le listi in velikanska spatja.*



skupin (Lango, 2016). V posamezni skupini je bilo različno število rastlin. Skupine so bile od roba »parkirišča« različno oddaljene, od dva metra do štirih metrov, in vzdolžno razporejene v dolžini okoli deset metrov. Zaradi goste in neprehodne poraščenosti nismo mogli preveriti, če se je v grmovju in rastju skrivala še kakšna skupina. Obrobje »parkirišča« pa je kmalu postalo divje odlagališče gradbenega materiala in se je zato polagoma, a nezadržno širilo in ogrožalo kačke. Tako je bila parkirišču najbližja skupina zasuta že leta 2014, še druga pa leta 2015.

*Socvetje je skrito v spati, ženski cvetovi so spodaj, moški zgoraj, vse skupaj pa se podaljšuje v jalovi podaljsek.*



*Stopalasto deljeni in dolgopecljati listi.  
Pecelji na dnu nožničasto objemajo steblo.*

*Druga skupina kačkov je bila v polnem  
razcvetu čez en teden.*



17.06.2015





*Kački so preživel pet let, kljub nenehni nevarnosti, da jih zasujejo ali potrgajo.*

na nasprotni strani na terenu v smeri proti parkiriščem za avtomobile Luke Koper. Žal tega nahajališča nisem fotografiral pred posegom v prostor, saj tam nisem pričakoval kakšne posebne najdbe.

V obcestni samonikli živi meji, ki se je vila vzdolž ceste na tem odseku in je bila visoka dva do dva in pol metra, so rasli navadni derak (*Paliurus spina-christi*), rdeči dren (*Cornus sanguinea*), robida (*Rubus* sp.), kanela (*Arundo donax*), navadni srobot (*Clematis vitalba*), japonsko kosteničevje (*Lonicera japonica*) in še nekatere druge vrste, ki pa jih nisem določil. Po poseku te žive meje sem kačke opazil na zaraščenem terenu pretežno med robido, rdečim drenom in srobotom.

### Reševanje kačka

Takoj po odkritju najdbe še leta 2010 sem poskušal poiskati strokovno pomoč ali proreti do medijev, da bi novico razširil in prišel v stik s strokovno ustanovo, s katero bi redko rastlino lahko zaščitili. V začet-

### Nahajališče

Nahajališče v kvadrantu 0448/2 se nahaja ob cesti Bivje (križišče)–Ankaran, približno kilometer pred Ankaranom, točno nasproti cestnega odcepa za zaselek Rožnik,

*Grafična ponazoritev obcestne žive meje pred posekom in nasutjem parkirišča.*



ku sem bil neuspešen. Nasutje se je zaradi vztrajnega nasipavanja nezadržno približevalo kačkom in jim grozilo, da jih bo zasulo. Šele po včlanitvi v Botanično društvo Slovenije sem prišel leta 2016 v stik z urednico *Trdoživa* Branko Trčak, ki me je napotila na pravi naslov, na Zavod Republike Slovenije za varstvo narave, njegova podružnica je tudi v Izoli. Po šestih letih smo začeli z vsemi potrebnimi dejavnostmi pod strokovnim vodstvom Barbare Vidmar iz Zavoda Republike Slovenije za varstvo narave. Spomladi leta 2017, ko so rastline odgnale liste, smo štiri šope rastlin, ki so še ostali, označili z markerji. Tako smo v poznem poletju, ko so rastline že mirovale, ko so plodovi že dozoreli, z lahkoto poiskali mesta za izkop gomoljev.

Na žalost smo avgusta našli le še tri markerje in tri skupine kačkov 11. avgusta leta 2017 uspešno presadili na varnejše nahajališče na Debeli Rtič (kvadrant 0448/1). Sku-

pno smo presadili več kot trideset gomoljev ali njihovih delov v treh vrčih. Ostali so žal ostali pod nasipom.

K uspešnosti naše akcije pa so znatno prispevali tudi direktorica zdravilišča Debeli Rtič Ana Žerjal, Občina Ankaran, njen župan Gregor Strmčnik in direktor občinske uprave Iztok Mrmolja, vodja vrtnarjev Marjetice Koper Mirjan Kocjančič, vrtnar Mirjan Valenčič in uslužbenca iz zdravilišča Debeli Rtič Nataša Brlek in Egidij Grabar, z nasveti pa nam je pomagal dr. Peter Glasnovič z Univerze na Primorskem.

Vsi udeleženci te akcije smo nestrpno pričakovali pomlad, da bi videli, kako smo bili pri reševanju kačka uspešni.

Na nadomestnem nahajališču je lepo odgnal. Dragocen pa je podatek, da se je ohranil tudi na prvotnem nahajališču pri Ankaranu. Njegovi gomolji so očitno razširjeni na večji površini, kot smo opravili izkope.

*Od prvotnih šestih so ostale samo še štiri skupine kačkov.*





Nadomestno nahajališče kačka na Debelem Rtiču.



Sotrudniki po opravljeni presaditvi.



*Jože Lango* je po poklicu kemik, doma iz Ilirske Bistrice, živi v Izoli. Že v času službovanja je v prostih koncih tedna rad zabajal v naravo in spoznaval rastlinstvo. Več in tudi v širšem slovenskem prostoru se mu je lahko posvetil po upokojitvi. Kot naravovarstvenik deluje v domačem okolju s članki v krajevnih časopisih in z osebnimi stiki s pohodniškimi skupinami tudi na terenu. Je odličen fotograf in zelo dejaven član Botaničnega društva Slovenije.

*Avtor članka si po sedmih letih lahko končno oddahne.*

*Literatura:*

*Anonymous, 2002: Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam. Uradni list RS 82/2002.*

*Lango, J., 2016: Navadni kaček v Sloveniji še ni izumrl. Trdoživ, 5 (1): 47.*

*Praprotnik, N., 2016: Seznam praprotnic in semenk ter njihova nahajališča na Slovenskem v delih Franca Ksaverja Wulfena. Scopolia (Ljubljana), 86: 1–143.*

*Rottensteiner, K. W., 2014: Exskursionsflora für Istrien. Klagenfurt: Verlag des Naturwissenschaftlichen Vereins für Kärnten, 1014 str.*

*Ukmar, J., 1953: Zmajevac ali visoki štrkovec. Proteus, 15 (8): 230–231.*

*Wraber, T., Skoberne, P., 1989: Rdeči seznam ogroženih praprotnic in semenk SR Slovenije. Varstvo narave (Ljubljana), 14–15: 1–429.*

# Četrto stoletje Slovenskega odonatološkega društva

Damjan Vinko, Nina Erbida

Kačji pastirji že dolgo navdušujejo ljubitelje narave, biologe, ekologe in znanstvenike. V 17. stoletju je nekaj njihovih grafičnih podob otel pozabi polihistor J. V. Valvasor, v 18. stoletju sta jih na našem ozemlju občudovala N. Poda in I. A. Scopoli, v 19. stoletju so njihova telesa zbirali in jih popisovali F. Brauer, F. Low, F. J. Schmidt in J. Gspan, v prvem desetletju 20. stoletja so s tem nadaljevali F. Klapalek, R. Pusching in G. Strobl. Nakar je za njih zavel neugoden veter, saj pol stoletja njihova sporočila niso nikogar zanimala, dokler ni nadobudni Boštjan Kiauta objavil prvi seznam kačjih pastirjev Slovenije (Geister, 1994). Kiautovo diplomsko delo *Prispevek k poznavanju odonatne favne Slovenije* (1959) je predstavljalo tudi temelj za razvoj moderne odonatologije na Slovenskem. Tri desetletja kasneje se je »s povečano skrbjo za vodne habitate prebudilo tudi širše zanimanje za te prekaljene prebivalce voda«. S tako popotnico je bilo pred četrto stoletje ustanovljeno Slovensko odonatološko društvo.

Pred dobrimi 25 leti je skupina biologov, študentov biologije in drugih ljubiteljev narave podala pobudo za ustanovitev društva z namenom združevanja vseh, ki jih v Sloveniji zanimajo kačji pastirji. S podpisi 15 ustanoviteljev (vrstni red enak kot v zapisniku: Alja Pirnat, Mladen Kotarac, Margareta Guček, Matjaž Bedjanič, Iztok Geister, Tone Wraber, Ciril Krušnik, Marianne Kiauta, Stanislav Gomboc, Borut Štumberger, Karmen Špilek, Andrej Sovinc, Boštjan Kiauta,

Jurij Kurillo, Ali Šalamun) je tako 23. oktobra leta 1992 v gostilni Keršič v Ljubljani potekala ustanovna seja društva. Glavni trije pobudniki za ustanovitev so v mislih tudi že imeli prve društvene projekte, ki so bili na ustanovni seji tudi že začrtani: glasilo *Exuviae*, odonatološki atlas Slovenije in svetovno odonatološko srečanje.

Prve mesece je (še neregistrirano) društvo nosilo ime *Slovenska sekcija Mednarodnega odonatološkega združenja (S. I. O)*. Še danes aktualno ime *Slovensko odonatološko društvo* je bilo potrjeno kasneje, na izredni seji skupščine društva februarja leta 1993. Ker slovenski pravni red še ni poznal oblike slovenskega predstavništva tuje nevladne organizacije in ker prvotni statut ni vseboval dveh obveznih organov društva, je bilo namreč treba prvotni statut dopolniti, da bi se društvo lahko v skladu z zakonodajo tudi registriralo. Dopolniti pa je bilo treba tudi osebne podatke ustanoviteljev, pri čemer se je nato dopolnitvi predalo seznam le desetih od ustanoviteljev (vrstni red enak dokumentu: M. B., I. G., M. G., M. K., C. K., J. K., A. P., A. S., B. Š., K. Š.). Po usklajenih nepravilnostih in dopolnitvi je takrat pristojno Ministrstvo za notranje zadeve 15. julija leta 1993 potrdilo Statut Slovenskega odonatološkega društva, 31. julija leta 1993 pa je bilo društvo tudi registrirano. Današnji državni poslovni register pri Ajpesu sicer navaja za leto dni napačno leto registracije (31. julij 1992), ko se ustanovna seja društva sploh še ni zgodila.

Prva slovenska »javna« objava z imenom društva izvira iz majsko/junijske izdaje revije *Proteus* (Kotarac, 1993a), v dveh predhodnih objavah pa se je pojavljalo še z imenom slovenske sekcije – leta 1992 (Kotarac, 1992) in januarja leta 1993 nepodpisano in



Znak Slovenskega odonatološkega društva od leta 1994 predstavlja stilizirani koleselj kačjih pastirjev.



*V okviru praznovanja 25. obletnice Slovenskega odonatološkega društva smo izdelali jubilejne majice, ki jih lahko po ceni 10 evrov naročite na elektronskem naslovu nina.erbida@gmail.com in tako prispevate k delovanju društva. Ženski in moški model majice kaki barve na hrbtu krasi veliki studenčar (Cordulegaster heros), spredaj je na srčni strani znak društva.*

*Izdelal: Simon Zidar.*

nenaslovljeno (*Proteus*, 55, 5: 169). Vest o ustanovitvi društva se je hitro razširila tudi v druge države, saj so bila samostojna odonatološka društva redkost. Marca leta 1993 se je o ustanovitvi sekcije že pisalo tako v nemškem kot angleškem jeziku (Kotarac, 1993b, 1993c).

Društveni naslov je bil vedno na naslovu enega od aktivnih članov. Sprva je bilo registrirano v Naklem na Pokopališki poti 13, kasneje prestavljeno v Ljubljano na Vošnjakovo 4a, danes pa poštni predal še domuje v prestolnici, na Verovškovi 56. A naslovu navkljub je društvo vselej delovalo na celotnem območju Slovenije in se hkrati povezovalo v mednarodnem prostoru. V vseh teh letih so se v društvo včlanili 104 člani iz Slovenije (85), Hrvaške, Bosne in Her-

## Obvestilo

Ljubitelji in raziskovalci kačjih pastirjev so v svetu organizirani v mednarodno organizacijo odonatologov (**Societas Internationalis Odonatologica – S.I.O.**), ki jo je pred več kot 20 leti ustanovil in jo zelo uspešno vodi naš rojak dr. Boštjan Kiauta. V okviru S.I.O. izhaja več strokovnih publikacij. Eno od prihodnjih števil *Odonatoloških zabeležk (Notulae Odonatologicae)* namerava dr. Kiauta posvetiti Sloveniji. Zato vabi vse, ki bi želeli in mogli pri tem sodelovati, da se oglasijo na naslov:

**Dr. B. Kiauta  
S.I.O. Central Office  
P.O.Box 256  
3720 AG BILTHOVEN  
The Netherlands**

Tematika ni omejena samo na biološki okvir, zelo dobrodošli so tudi prispevki s področja imenoslovja, uporabe kačjih pastirjev v umetnosti ali s kateregakoli področja, kjer se pojavljajo.

Vse, ki jih kačji pastirji zanimajo tudi obveščamo, da smo začeli pojavljanje teh žuželk kartirati tudi v Sloveniji. Uporabljamo UTM mrežo (po sistemu EIS – Raziskovanja evropskih nevretenčarjev) z osnovnim kvadratom 10 x 10 km. Vse, ki bi želeli pri tem sodelovati ali samo pomagati s svojimi podatki vabim, da se za dodatne informacije in gradivo (popisni list itd.) obrnejo na naslov:

**Mladen Kotarac  
Marohovih 11  
62000 MARIBOR  
Tlf.: (062) 631-709**

*Prva omemba organiziranega odonatološkega udejstvovanja na Slovenskem iz leta 1992 (Kotarac, 1992). Januarja leta 1993 smo prav tako v Proteusu (55, 5: 169) že vabili na prve delavnice o določevanju kačjih pastirjev. Danes društvo v tisku opozarja na svoje aktivnosti predvsem v biltenih Erjavca in Trdoživ.*


cegovine, Srbije, Nizozemske, Makedonije, Italije, Nemčije in Švedske.

Do leta 2015 so društvo zastopali njegovi tajniki (najdaljši mandat je imel Ali Šalamun), v času obstoja pa so mu predsedovali Iztok Geister (1992–1995), Mladen Kotarac (1995–1997), Matjaž Bedjanič (1997–1999), Marko Sameja (1999–2000), Ali Šalamun (2000–2003), Alja Pirnat (2003–2015) in Nina Erbida (2015–).

Slovensko odonatološko društvo vabi v letošnjem poletju vse, ki jih kačji pastirji zanimajo na naslednje ekskurzije:

Okolica Ljubljane, 23. 6. 1993. Zbor ob 14 uri pri ZOO Ljubljana.  
Murske šume (mrtvice Mure), 17. 7. 1993. Zbor ob 10 uri v gostilni pri mejnem prehodu Petišovci / Petesháza.  
Bloška planota, 24. 7. 1993. Zbor ob 10 uri pri bencinski črpalki v Novi vasi na Blokah.  
Globočaj, 28. 8. 1993. Zbor ob 10 uri na železniški postaji v Sežani.

Udeležencem priporočamo vodotesno obutev. V primeru močnejšega predhodnega deževja ekskurzije odpadejo.



*Prvi »javni« zapis Slovensko odonatološko društvo izvira iz revije Proteus (55, 9–10: 365), ko je bila javnost vabljena na prve terenske aktivnosti društva. V uporabi je še prvotni znak društva, znak Mednarodnega odonatološkega združenja (S. I. O.).*



*Že od samih začetkov smo SODOvci tudi povezovalci odonatologov širše regije. Del tega uresničujemo tudi z organizacijo Mednarodnega srečanja odonatologov Balkana (BOOM). Na sliki udeleženci 7. srečanja, ki je (tako kot prvič) potekalo v Sloveniji, 10. avgusta leta 2017. Foto: Rudi Kraševac.*

15. aprila 2015 smo se s podelitvijo častnega članstva Slovenskega odonatološkega društva prof. dr. Boštjanu Kiauti zahvalili tudi za njegov prispevek k začetku in obstoju društva. Sočasno s podelitvijo je julija istega leta M. Bedjanič moderiral pogovor, zapisan kot intervju (Kiauta, 2015).

Društvo od ustanovitve deluje neprekinjeno, a razumljivo, z različno stopnjo intenzivnosti. Vse od leta 1995 izdajamo strokovno-poljudni bilten *Erjavecia*, oktobra leta 2017 je izšla že 32. zaporedna številka. V začetkih je *Erjavecii* z osmimi izdajami v letih od 1994 do 2001 delalo družbo še glasilo *Exuviae*, ki je bilo namenjeno objavi strokovnih in znanstvenih odonatoloških člankov iz prostora Alpe-Jadran. V njem je bil pod okriljem društva objavljen tudi članek s spevnimi slovenskimi imeni kačjih pastirjev (Geister, 1999), ki so od takrat v veljavi. Že v zgodnjih letih je društvo organiziralo priložnostna srečanja, predavanja, izlete in delavnice za določanje kačjih pastirjev. Leta

1994 je društvo organiziralo prvi odonatološki simpozij za območje Alpe-Jadran in julija leta 1997 XIV. svetovni odonatološki simpozij, oba v Mariboru. Leta 1997 smo sodelovali v akciji *Rastlina, žival in biotop leta*, ki sta jo za mlade naravoslovce osnovnih in srednjih šol organizirala Prirodoslovno društvo Slovenije in Slovenski sklad za naravo – žival leta so bili ploščci (Libellulidae).

Leta 1997 je v založništvu Centra za kartografijo favne in flore (CKFF) izšla osrednja monografija dela članov društva – *Atlas kačjih pastirjev (Odonata) Slovenije z Rdečim seznamom: projekt Slovenskega odonatološkega društva* (Kotarac, 1997). Delo je bilo eden prvih atlasov za kačje pastirje v Evropi in tudi eden prvih atlasov posamezne skupine živali ali rastlin pri nas. V sodelovanju s Centrom za kartografijo favne in flore so bila leta 2003 pripravljena tudi *Strokovna izhodišča za vzpostavljanje omrežja Natura 2000 – kačji pastirji (Odonata)* (Kotarac in



*Pasastega kamenjaka (Sympetrum pedemontanum) od preostalih kamenjakov zlabka ločimo po obarvanosti kril.*  
Foto: Ana Krišelj, arhiv Dijškega biološkega tabora.

sod., 2003), ki so bila potrebna za izpolnjevanje zahtev ob vstopu Slovenije v Evropsko unijo. Vsa leta skupnega sodelovanja s Centrom za kartografijo favne in flore bogatimo tudi s podatkovno zbirko, ki danes šteje skoraj 40.000 podatkov o pojavljanju kačjih pastirjev Slovenije (Kotarac in Šalamun, 2017), še veliko pa jih čaka na prepis iz terenskih beležnic. Bogati smo tudi z objavami. Začeni s preglednim prispevkom Kiaute (1994) in rednimi nadaljevanji v *Erjavecii* od Kotarca (1995) dalje se posodablja tudi *Odonatološka bibliografija Slovenije*, ki danes šteje že več kot tisoč sto del (Bedjanič, 2017). Mnoga dela so po zaslugi prof. dr. Kiaute že sproti vključena tudi v *Odonatological Abstracts*, ki izhajajo v reviji Mednarodnega odonatološkega združenja (S. I. O.). V zadnjih desetih letih smo v društvu nadaljevali s tradicionalnim delovanjem, organizirali pa smo tudi številne nove projekte. Od leta 2011 vsako leto poteka Mednaro-

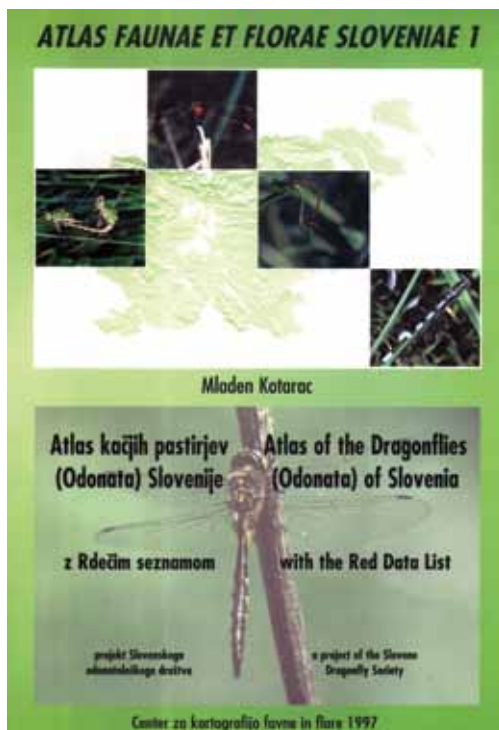
dno srečanje odonatologov Balkana (Balkan Odonatological Meeting – BOOM), ki smo ga v društvu pričeli organizirati, od takrat dalje pa pri njegovi izvedbi vsako leto najmanj sodelujemo (Vinko, 2017). Njegov namen je raziskovanje kačjih pastirjev na Balkanu in povezovanje balkanskih odonatologov, deljenje znanja, izobraževanje mladine in pridobivanje novih navdušencev. Srečanje smo poleg v Sloveniji izvedli še v Srbiji, na Hrvaškem, v Bosni in Hercegovini ter Makedoniji, v letu 2018 pa se odpravljamo na Kosovo. Kot nadgradnjo mednarodnega sodelovanja smo v letu 2017 organizirali tudi petdnevno delavnico določevanja ličink in levov kačjih pastirjev z mednarodno udeležbo. Tesneje smo povezani tudi z drugimi organizacijami z odonatološko vsebino z Balkana, saj smo bili kot društvo že od samega začetka pobudniki ali podporniki povezovanj, kar je razvidno tudi iz organizacije več naših projektov. Zaradi tega, do-



*V Slovenskem odonatološkem društvu smo vedno podpirali tudi sodelovanje med nevladnimi organizacijami. Na sliki štirje člani SOD na prvem dogodku BioBlitz Slovenija maja leta 2017 v Dragi pri Igu med določevanjem levov. Z leve: D. Vinko, A. Šalamun, K. Koselj, M. Bedjanič. Foto: Nino Kirbiš.*

bre energije in rezultatov smo povsod lepo sprejeti.

Z izobraževalno-ustvarjalnimi delavnicami smo nadaljevali sodelovanje na festivalu Lent, razširili pa smo jih še v Živalski vrt Ljubljana in na Biotehniško fakulteto, kjer smo delavnicam pridali še nekaj več ustvarjalne note. Uvedli smo bralni krožek *uSODno branje*, v okviru katerega se zunaj terenske sezone pogovarjamo o člankih na izbrano temo. Od leta 2014 imamo Facebook stran *Slovensko kačjepastirsko društvo*, namenjeno popularizaciji kačjih pastirjev in obveščanju javnosti o društvenih dejavno-



*Naslovnica Atlasa kačjih pastirjev (Odonata) Slovenije z Rdečim seznamom: projekt Slovenskega odonatološkega društva (Kotarac, 1997), ki je bil eden prvih atlasov za kačje pastirje v Evropi. Njegova zasnova je bila začrtana že ob ustanovitvi društva. Njegova prepotrebna posodobitev še čaka na novo delovno vneto in potrebno podporo.*

stih. Že (pre)dolgo pa si obljubljam preno-vo spletne strani. Prva je bila izdelana v letu 1996, današnja podoba pa je iz leta 2003, ko smo oblikovali tudi seznam za obveščanje po elektronski pošti.

Skupina za kačje pastirje je redno delovala na številnih raziskovalno-izobraževalnih taborih, kot so na primer raziskovalni tabori študentov biologije, Ekosistemi Balkana, dijaški biološki tabori (kar nekaj smo jih tudi organizirali), biološki raziskovalni mladinski tabori in v zadnjih dveh letih tudi Biološko-ekološki raziskovalni tabor. Naši člani se redno udeležujejo tudi mednarodnih ali



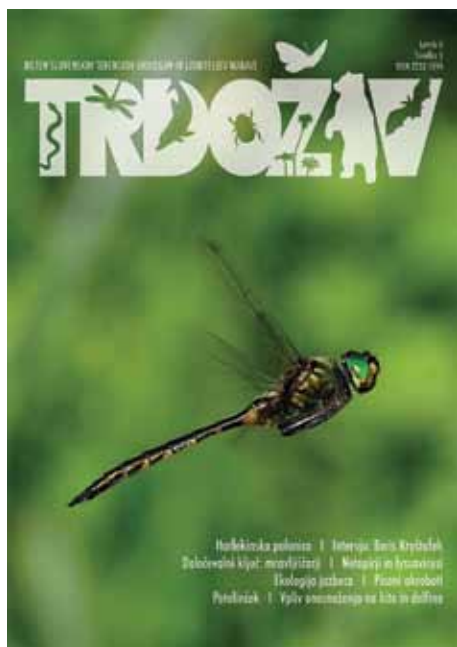


*Kačji potočnik (Ophiogomphus cecilia) je v Sloveniji zavarovana vrsta in uvrščena na Prilogi II in IV Direktive o habitatih. Foto: Damjan Vinko.*

regionalnih srečanj, na primer svetovnega Mednarodnega odonatološkega kongresa in Evropskega odonatološkega kongresa. Na letošnjem evropskem srečanju pa je bilo odločeno, da bo prihodnji evropski kongres (leta 2020) potekal prav v Sloveniji, s čimer je evropska odonatološka skupnost izrazila društvu priznanje za ves doprinos k proučevanju in varstvu kačjih pastirjev in povezovanju evropskih odonatologov, ki ga s svojim strokovnim, a prostovoljskim delom ustvarjamo.

Za vse, ki si časovno ne morejo privoščiti raziskovanja kačjih pastirjev na taborih ali pa so kljub temu željni še več skupnih terenov, organiziramo tudi terenske konce tedna. Poleg terenskih koncev tedna se odpravljamo tudi na enodnevne terene; v maju imamo že več let tradicionalni teren v Vipavski dolini. V letih 2013 in 2016 smo organizirali fotografski natečaj *Pisani akrobati*, ki je bil namenjen popularizaciji kačjih

pastirjev. V letih 2014 in 2015 smo izvedli projekt *Kačji pastirji Ljubljane*, rezultate smo med drugim predstavili na 4. evropskem odonatološkem kongresu na Švedskem leta 2016, kjer je D. Vinko prejel nagrado za najboljšo predstavitev plakata na kongresu. V letu 2018 pa simbolno v času 25 let od registracije društva medsebojno tekmujemo v popisovanju kačjih pastirjev (več na Facebook strani društva). V letih 2014 in 2015 smo z Društvom BIO.LOG iz Sarajeva sodelovali pri popisih kačjih pastirjev Hercegovine. V letih 2017 in 2018 smo kot partner Herpetološkega društva (*Societas herpetologica slovenica*), s katerim tesno sodelujemo že od same njihove ustanovitve (leta 1996), sodelovali pri organizaciji dogodka *BioBlitz Slovenija*, ki namerava postati tradicionalni dogodek terenske biologije. Redno sodelujemo tudi z drugimi sorodnimi organizacijami, predvsem društvu – na primer pri izdajanju *Trdoživa: biltena slovenskih*



*Društvo je eden od osmih izdajateljev Trdoživa, biltena slovenskih terenskih biologov in ljubiteljev narave, ki izbaja dvakrat letno od leta 2012 dalje. Na sliki naslovnica četrte izdaje. Foto: Saša Aleksander Vilfan.*

terenskih biologov in ljubiteljev narave, ki ga od leta 2012 v tiskani in spletni različici izdajamo v osmih društvih in katerega urednik prihaja iz naših vrst, tisku stenskega koledarja, izvedbi terenskih aktivnosti Društva študentov biologije in različnih naravovarstvenih akcijah. S Prirodoslovnim muzejem Slovenije smo v letu 2016 sodelovali pri opisih kačjih pastirjev za *Podatkovno zbirko fotografij nevretenčarjev*. V letu 2018 smo se povezali z Društvom študentov naravoslovja pri preučevanju kačjih pastirjev Maribora. Naši člani redno pomagajo pri izdelavi študijskih del in pri določitvah kačjih pastirjev na podlagi fotografij, zasebno ali preko fotografskih forumov. Poleg na nekaj terenskih koncih tedna z Zavodom Republike Slovenije za varstvo narave sodelujemo tudi na tradicionalnem dogodku *24 ur z reko Muro*, ki poteka od leta 2015 v Veržeju. V letu 2017 smo pridobili status društva v

javnem interesu na področju ohranjanja narave in se pridružili mrežam *Plan B za Slovenijo* ter *CNVOS*, leto prej smo se vpisali v razvid prostovoljskih organizacij.

Društvo še danes združuje tiste, ki verjamejo, da so kačji pastirji najlepše in najzanimivejše izmed žuželk. Brez njih ne bi bilo našega društva, a brez našega društva ne bi bilo enote, okrog katere bi se zbirali, preučevali te pisane akrobate in o njih izobraževali zainteresirano javnost. Vsi, ki jih zanimajo kačji pastirji, vabljeni k SODElovanju.

#### Literatura:

- Bedjanič, M., 2017: *Dodatek h Gradivu za Odonatološko bibliografijo Slovenije XXXII. Erjavecia*, 32: 87–90.
- Geister, I., ur., 1994: *Exuviae 1 (1) – glasilo Slovenskega odonatološkega društva*. Ljubljana: SOD, 16 str.
- Geister, I., 1999: *Seznam slovenskih imen kačjih pastirjev (Odonata)*. *Exuviae*, 5 (1): 1–5.
- Kiauta, B., 1959: *Prispevek k poznavanju odonatne favne Slovenije*. Diplomsko delo. Ljubljana: Oddelek za biologijo, Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani, 16 str., tabeli 1 in 2 zunaj.
- Kiauta, B., 1994: *Gradivo za odonatološko bibliografijo Slovenije*. *Exuviae*, 1 (1): 9–15.
- Kiauta, B., 2015: *Interju: BOŠTJAN KLAUTA*. *Trdoživ*, IV (2): 23–28.
- Kotarac, M., 1992: *Obvestilo*. *Proteus*, 54 (8): 301.
- [Kotarac, M.], 1993a: *Slovensko odonatološko društvo*. *Proteus*, 55 (9/10): 365.
- Kotarac, M., 1993b: *Gründung der Slowenischen Sektion der S. I. O. Hagenia*, 5: 1.
- Kotarac, M., 1993c: *Founding of Slovene Section of S. I. O. Selysia*, 22 (1): 3.
- [Kotarac, M.], 1995: *Dodatek k odonatološki bibliografiji Slovenije I. Erjavecia*, 1: 12.
- Kotarac, M., 1997: *Atlas kačjih pastirjev (Odonata) Slovenije z Rdečim seznamom: projekt Slovenskega odonatološkega društva*. Miklavž na Dravskem polju: Center za kartografijo favne in flore, 205 str.
- Kotarac, M., Šalamun, A., 2017: *Pregled znanega števila vrst za nekatere skupine*. *Trdoživ*, VI (2): 39.
- Kotarac, M., A. Šalamun, Weldt, S., 2003: *Strokovna izhodišča za vzpostavljanje omrežja Natura 2000: Kačji pastirji (Odonata) (končno poročilo)*. Naročnik: Ljubljana: MOPE, ARSO, Miklavž na Dravskem polju: Center za kartografijo favne in flore, 104 str.
- Vinko, D., 2017: *BOOM 2017: 7<sup>th</sup> Balkan Odonatological Meeting – 7. Mednarodno srečanje odonatologov Balkana*. Slovenija, 4.–11. avgust 2017. *Erjavecia*, 32: 29–40.



**Damjan Vinko** (1984) je aktivni član Slovenskega odonatološkega društva, ki od leta 2007 preučuje kačje pastirje tudi na različnih izobraževalnih in raziskovalnih taborih, kjer mlade poučuje o biologiji kačjih pastirjev. Pri svojem odonatološkem delu je predan tudi povezovanju med odonatologi Balkana, kjer med drugim od leta 2011 vodi ali sodeluje pri organizaciji letnih mednarodnih srečanj odonatologov Balkana. Od samega nastanka biltena Trdoživ je tudi njegov urednik, k večjemu sodelovanju slovenskih terenskih biologov in ljubiteljev narave pa si prizadeva pri vrsti projektov in različnih aktivnostih. Študij na Univerzi v Ljubljani je zaključil z diplomsko nalogo Favna kačjih pastirjev (Odonata) Vipavske doline. Po izobrazbi je biolog in profesor biologije.



**Nina Erbida** (1988) je leta 2016 z magistrsko nalogo Populacijska dinamika koščičnega škratca (*Coenagrion ornatum*) na izbrani lokaciji na Ljubljanskem barju zaključila študij ekologije in biodiverzitete na Oddelku za biologijo Biotehniške fakultete v Ljubljani. Svojo terensko pot je začela v Društvu študentov biologije, pridobljeno znanje pa študentom še vedno posreduje naprej, danes predvsem v mariborskem Društvu študentov naravoslovja. Od leta 2008 je članica Slovenskega odonatološkega društva, od leta 2015 pa je tudi njegova predsednica.

Prvi mikrosateliti na poti proti Marsu • Naše nebo

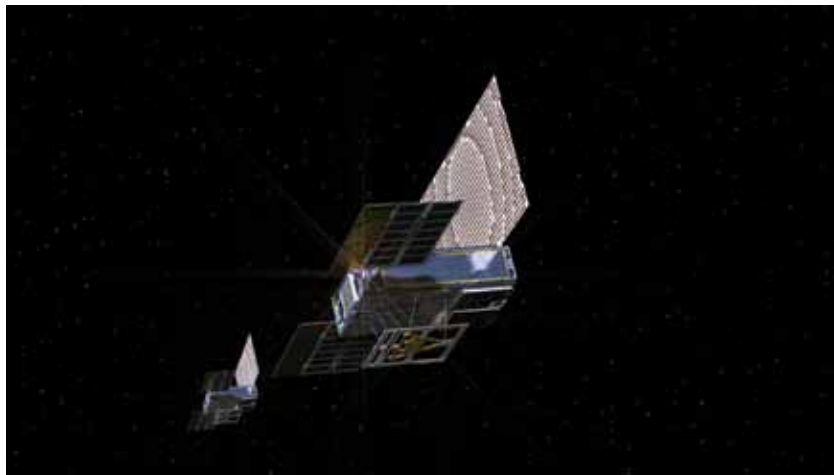
## Prvi mikrosateliti na poti proti Marsu

*Mirko Kokole*

Minili sta dve desetletji, od kar so si inženirji zamislili miniaturne satelite, ki jih danes imenujemo mikro- in nanosateliti. To so majhni sateliti, ki imajo maso le nekaj kilogramov ali manj. Bolj natančno, mikrosateliti imajo maso od deset do sto kilogramov, nanosateliti pa od enega do deset kilogramov. Trenutno najbolj popularni so nanosateliti tipa *CubeSat*, ki so težki okoli enega kilograma in veliki približno desetkrat desetkrat deset centimetrov. Ti sateliti so tako majhni in tako poceni, da jih lahko izdelajo študenti na univerzah sami, kar je bil osnovni namen njihovih idejnih pobudnikov. Danes take satelite izdelujejo v svoje namene tudi posamezniki in manjša podje-

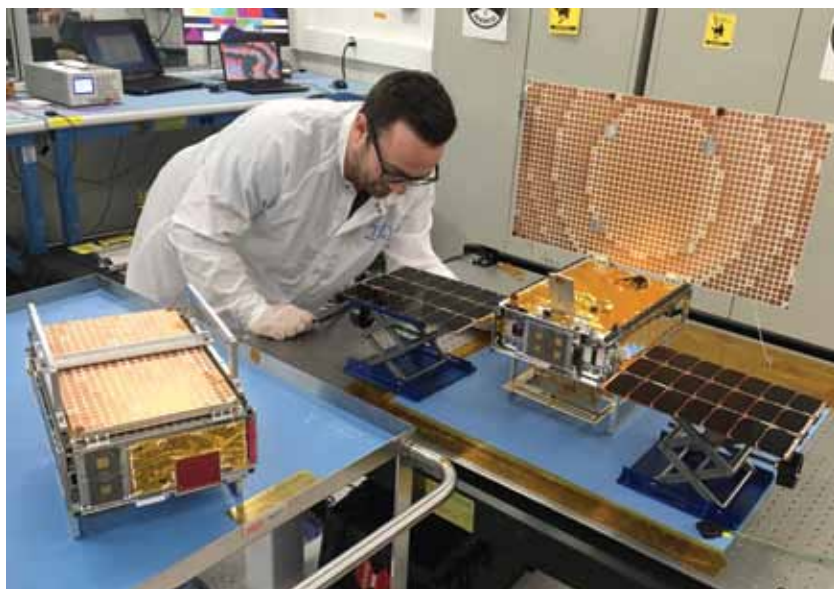
tja. Večino jih izstrelijo kot dodatni tovor na okviru izstrelitev večjih satelitov ter odprav na mednarodno vesoljsko postajo. Lansko leto so ti sateliti zaživel izjemen razcvet, saj so jih izstrelili kar 295, od katerih jih je velika večina tudi uspešno delovala. Cena najbolj preprostih modelov je približno 50.000 evrov.

Letos maja pa sta bila izstreljena prav posebna mikrosatelita, imenovana *MarCO-A* in *MarCO-B*. Delujeta v okviru vesoljske odprave *InSight*, ki bo prva raziskovala notranjost Marsa z merjenjem seizmičnega gibanja. Satelita *MarCO* sta dva enaka mikrosatelita vrste *CubeSat* velikosti 6U, kar



*Računalniško ustvarjena slika mikrosatelitov MarCO-A in MarCO-B na poti proti Marsu.*

*Foto: NASA/JPL-Caltech.*



*Satelita MarCO ob montaži sončnih celic v prostorih Laboratorija za reaktivni pogon (JPL). Na sliki vidimo tudi odprto anteno, preko katere bo satelit pošiljal podatke proti Zemlji s hitrostjo 8 kilobitov na sekundo (8kbit/s).*

*Foto: NASA/JPL-Caltech.*

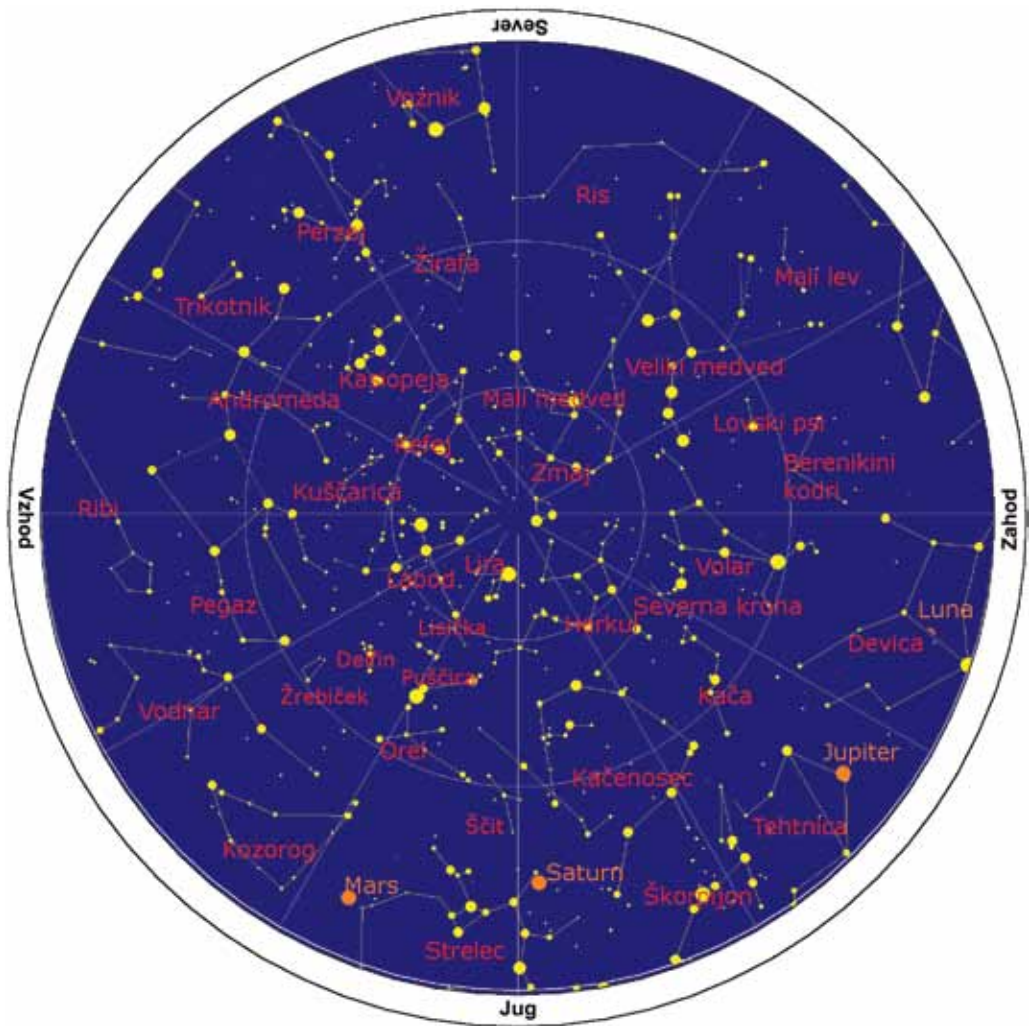
pomeni, da ju sestavlja šest osnovnih enot velikosti deset krat deset krat deset centimetrov. Ime je okrajšava za njuno polno ime *Mars Cube One (Mars kocka ena)*, izdelali pa so ju v ameriškem Laboratoriju za reaktivni pogon (Jet Propulsion Laboratory, JPL). Z njima skušajo ugotoviti, ali tehnologija *CubeSat* preživi dolgo pot do Marsa ter lahko tam tudi uspešno deluje.

Satelita *MarCO* sta velika trideset krat deset krat dvajset centimetrov in tehtata trinajst in pol kilograma. Opremljena sta s baterijami, sončnimi celicami ter UHF (ultra

visoke frekvence)- in X-pasovnim radijskim oddajnikom in sprejemnikom. S sondo *InSight* bosta komunicirala po UHF-kanalu, na Zemljo pa bosta pošiljala podatke po X-pasovnem kanalu. Če bosta satelita, ki sta se od matične ladje odcepila takoj po izstrelitvi 5. maja letos, preživela pot do Marsa, bosta tam delovala kot posrednika komunikacije med pristajalno sondo *InSight* in Zemljo. To pomeni, da bomo lahko z Zemlje spremljali pristonek, ne da čakali več ur, kot je to potrebno sicer.

Če bosta mikrosatelita *MarCo-A* in *MarCo-B* ob prihodu do Marsa delovala, kar bomo izvedeli novembra letos, bo to zelo velik uspeh in pomemben napredek v tehnologiji

mikrosatelitov. To bo pomenilo, da bo raziskovanje bolj oddaljenih objektov našega Osončja kmalu dostopno tudi manjšim organizacijam in raziskovalnim ustanovam.



*Nebo v avgustu.*  
*Datum: 15. 8. 2018.*  
*Čas: 22:00.*  
*Kraj: Ljubljana.*

## Editorial

*Tomaž Sajovic*

From the history of Slovenian popular science

**Kunaver Pavel and His Popular Science**

*Jurij Kunaver*

Published this spring by Mladinska Knjiga publishers, the book *Pavel Kunaver - Sivi volk (Pavel Kunaver - Grey Wolf)* discusses not only Kunaver's life, and professional and educational career of the Natural History Society of Slovenia's honorary member, but also his contribution to popular science. It was impossible, however, to present the many aspects of his personality and work to the extent that would do him justice. As the author of the book the author of this article about his father took up the invitation of *Proteus*'s editor to shed more light on Kunaver's life and work in a special paper. The fact alone that Pavel Kunaver wrote 110 articles on popular science for this journal between 1941 and 1982 is inspiring and deserves closer attention.

## Physics

**About Entropy, Disorder and Understanding of Abstract Physical Quantities**

*Rok Kaufman, Andrej Jamnik*

Our first encounter with entropy and the closely related second law of thermodynamics occurs at high school physics lessons. But since entropy is a very abstract quantity, its interpretation usually relies on simplified explanations that more often than not fail to illustrate its true meaning. Owing to its almost mystical implications, popular science books frequently explain entropy as a sort of scientific measure of disorder, even when such application is completely unjustified. The article illustrates the historical development of understanding of both closely related concepts and offers several examples that demonstrate how lay understanding of entropy as a measure of disorder can easily

mislead us into misinterpreting the criteria for the direction of spontaneous processes.

## Annual Table of Contents

## Botany

**Dragon Lily (*Dracunculus vulgaris*) Still Growing in Slovenian Istria**

*Jože Lango*

It was 65 years ago that Josip Ukmar reported in *Proteus* the find of the dragon lily (*Dracunculus vulgaris*) at Krkavče and Koštabona, which was, until recently, the last confirmation of the occurrence of this rare and protected species in Slovenia. We describe its new, now already destroyed locality at Ankaran, and the way we transferred it to a suitable substitute site at Debeli Rtič on 11 August 2017.

## Anniversaries

**Quarter Century of Slovenian Odonatological Society**

*Damjan Vinko, Nina Erbida*

Dragonflies have delighted nature lovers, biologists, ecologies and scientists alike for ages. In the 17<sup>th</sup> century it was polyhistor J. V. Valvasor, who saved some of their images from oblivion, and in the 18<sup>th</sup> century they were admired in our territory by N. Poda and I. A. Scopoli; in the 19<sup>th</sup> century dragonflies were collected and inventoried by F. Brauer, F. Low, F. J. Schmidt and J. Gspan, whose work was continued in the 1910s by F. Klapalek, R. Pusching and G. Strobl. For next half a century their messages remained largely unheard as there was hardly anyone interested to listen, until the prolific Boštjan Kiauta published the first list of dragonflies of Slovenia (Geister, 1994). Kiauta's graduation thesis *Contribution to the knowledge of odonate fauna of Slovenia* (1959) was the basis for the development of contemporary odonatology in our country. Three decades later, the »increasing concern for water habitats stirred interest in

these astute water dwellers also among the wider public«. With this legacy, the Slovenian Odonatological Society was founded a quarter of a century ago.

Our sky

### First Microsatellites on Their Way to Mars

*Mirko Kokole*

It's been two decades since engineers conceived miniature satellites known today as micro- and nanosatellites. These tiny satellites weigh no more than a few kilograms or less. To be more precise, microsatellites weigh 10 to 100 kilograms and nanosatellites only one to ten. The most popular at the moment are nanosatellites *CubeSat*, which weigh around one kg and measure ten times ten times ten centimetres. This May, however, two very special microsatellites called *MarCO-A* and *MarCO-B* were launched in the framework of *InSight* space mission, the first to explore Mars's interior by taking seismic readings. Satellites *MarCO* are two identical 6U *CubeSat* microsatellites, which means they are composed of six basic 10 x 10 x 10 cm units. Their name stands for *Mars Cube One* and they were made in NASA's Jet Propulsion Laboratory (JPL). Their aim is to determine whether *CubeSat* technology can survive the long trip to Mars and successfully fulfil its mission.

Table of Contents

# STEZA PETIH PRSTOV, SEVERNI CIPER

28. september – 6. oktober 2018



Gorovje Kyrenia (grško Pentodactylos, turško Beşparmak) se razteza v dolžini 120 km vzdolž severne obale Cipra in po njem vodi delno označena pohodniška pot, ki poteka od skrajnega zahodnega rta Koruçam do skrajnega vzhodnega rta Zafer, in večinoma poteka po gorovju Kyrenia. Tokrat se bomo podali po zahodni polovici poti, ki je na trenutke groba in strma, delno poteka po blagih gričevjih in ob obali, skozi gozdove in

travnike, mimo klifov ter križarskih gradov in v gozdovih skritih samostanov. Bogato rastlinstvo in živalstvo ter čudoviti razgledi vzdolž pogorja na obalo, stari oljčni nasadi in sadovnjaki s citrusi so vsekakor privlačni v vseh letnih časih.

## KRETA

20. – 27. oktober 2018



Kreta je otok, ki privlači na različne načine - spomladi je tu raj za ljubitelje rastlin in pohodnike, ki uživajo v osvajanju visokih vrhov ali potepanju po številnih soteskah, v poletni vročini in čudovitih plažah ob morju tu lahko svoj raj na Zemlji najdejo številni počitnikarji, nikakor pa se ne moremo izogniti sledovom dolge, pestre in zelo bogate zgodovine, ki priča že o najzgodnejši človeški poselitvi, napredni minojski

civilizaciji, ostankih grške in rimske poselitve in pestri paleti narodov, ki so v kasnejših obdobjih tudi na tem otoku pustili svoj pečat. V spremstvu arheologa bomo odkrivali starodavne skrivnosti in jih ponovno obudili v življenje.

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).