

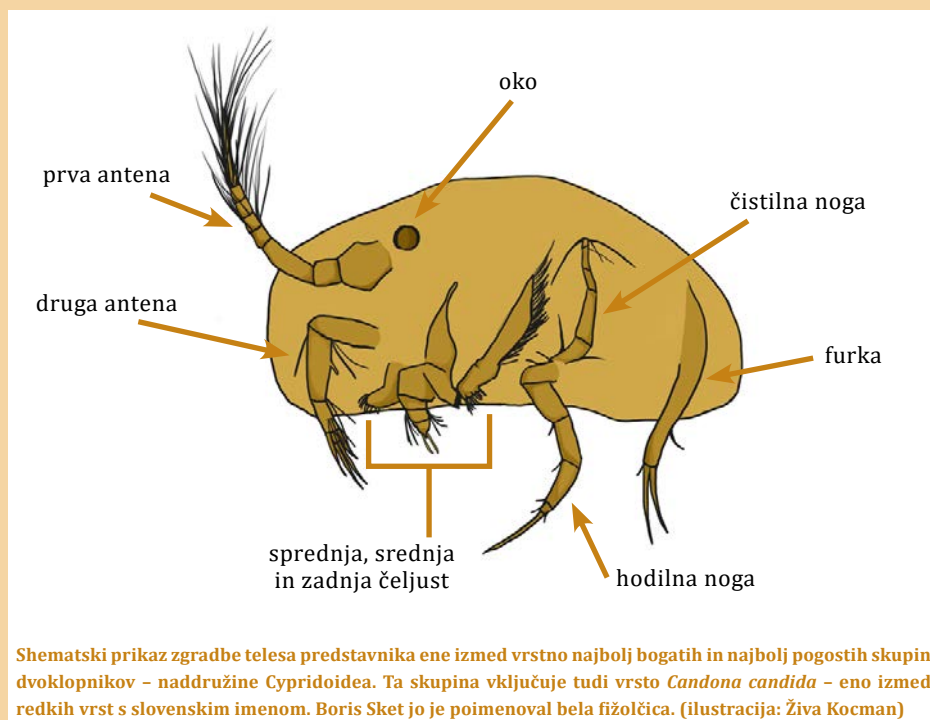
OSREDNJA TEMA: dvoklopniki – raki, ki so uspešno osvojili večino življenjskih okolij

Besedilo: Nataša Mori

Dvoklopniki so skupina drobnih rakov, ki živijo v morju, celinskih vodah, nekateri pa tudi v vlažnih okoljih kopnega. Znanstveno ime te skupine, Ostracoda, izvira iz grške besede *óstrakon*, ki je označevala keramične črepinje, ponavadi zaobljene oblike, ki so jih takrat ljudje uporabljali za beleženje krajših zapisov. Angleško poimenovanje *seed shrimp* namiguje na morsko naravo te skupine, slovensko poimenovanje pa zelo lepo in nazorno povzame ključno lastnost vseh, sicer zelo raznolikih vrst – to je trdna, kalcificirana lupinica, ki z obeh strani obdaja zelo poenostavljeno telo. Zaradi te lupinice jih lahko opazovalec v celinskih vodah zamenja z manjšimi školjkami, kot so recimo grašci (*Pissidium* ssp.), v morskih okoljih pa z ramenonožci (Brachiopoda). Poenostavljeno, slabo členjeno, z dvodelno lupino obdano telo, kjer je prehod med glavo, oprsjem in zadkom slabo opazen in okončine maloštevilne (običajno jih naštejemo le sedem parov), sicer težko prepriča, da so dvoklopniki sorodniki jastoga, rakovic, kozic ali celo koščaka. Zaradi obstojnih lupinic, ki so se v obdobju geološke zgodovine v večjih količinah nalagale na dnu plitvih morij ali jezer, dvoklopniki predstavljajo pomembno skupino fosilov. S pomočjo fosilnih najdb paleontologi razlagajo pretekle klimatske in okoljske razmere, biologi pa proučujejo evlucijske procese, a več o tem v nadaljevanju.

OSNOVNA ZGRADBA IN RAZVOJ

Večina danes živečih dvoklopnikov je velikih od pol milimetra do milimetra in pol, najdemo pa tudi izrazito velike vrste, ki dosega tudi tri centimetre ali več. Izrazito majhni predstavniki so pogosti v podzemnih vodah. Še posebej drobni so tisti, ki živijo v medzrnskih prostorčkih prodnih nanosov, kot je rod *Mixtacandona*. Dolžina nekaterih predstavnikov tega rodu ne dosega niti pol milimetra. Gigantizem se je razvil v primeru globokomorskih planktonskih vrst. Najbolj znan je rod *Gigantocypris*, čigar ime namiguje na njegovo izstopajočo velikost, ki za več



kot petdesetkrat presega velikost predstavnikov iz podzemnih voda. Velikost, pa tudi oblika in druge značilnosti lupinice, so pomembni taksonomski znaki dvoklopnikov. Seveda pa brez vpogleda v podrobnejšo zgradbo okončin ne gre. Preprosto telo je namreč opremljeno z dvema paroma anten, dvema paroma obustnih okončin (mandibula, maksila), tremi pari zelo raznoliko oblikovanih okončin, na zadnjem delu telesa pa je lahko razvita tudi furka ali uropod. Okončine se lahko po obliki ter opremljenosti s ščetinami, dlakami in drugimi izrastki močno razlikujejo med družinami in rodovi. Spolni aparat je zapleten in pri samcih vključuje zelo opazne mišične črpalke, imenovane zenkerjev organ, ki se uporabljajo za prenos sperme do samice. Tudi penis je zapleteno zgrajena struktura, katere zgradba je pri nekaterih rodovih pomemben taksonomski znak. Samičini spolni organi so običajno sestavljeni iz para zaobljenih lopatic (lobulov), v katerih sta odprtni vagine in jajcevodov.

Dvoklopniki imajo nepopolno preobrazbo, običajno z osmimi razvojnimi fazami in eno odraslo fazo. Prvi prostoživeči stadij, ki se izleže iz jajčeca, ima le antene

in sprednjo čeljust ali mandibulo, med razvojem se razvijajo dodatne okončine (srednja in zadnja čeljust, noge, furka). Razvoj do odraslega stadija traja od enega do petih mesecev, odvisno od vrste in okoljskih razmer, predvsem temperature.

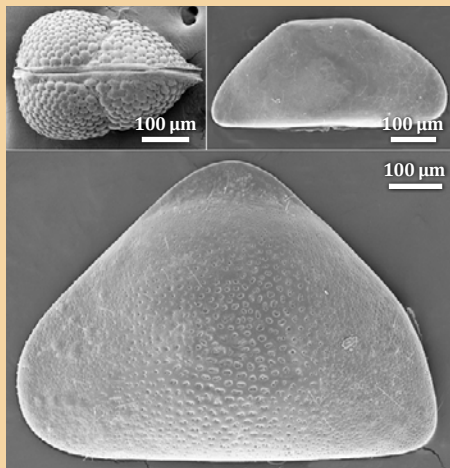
NEKAJ MALEGA TAKSONOMIJE

Razred dvoklopnikov, ki naj bi bil na podlagi ugotovitev molekularnih analiz polifiletski, uvrščamo v skupino rakov (Crustacea). V nadaljevanju se delijo na dva velika podrazreda, eden – Myodocopa – vključuje izključno morske vrste, s slabo kalcificiranimi lupinicami in osmimi do devetimi pari okončin, medtem ko je drug podrazred – Podocopa – evlucijsko in ekološko zelo raznolik. Običajno imajo predstavniki te skupine sedem parov okončin. Tukaj je izredno vrstno bogata naddružina Cypridoidea, z vrstami, ki pretežno naseljujejo celinske vode, nekatere pa najdemo tudi v brakičnih in morskih vodah. Zanje je značilno, da je en par močno preoblikovanih nog postal del obustnega aparata (t.i. maksilipedij), le en par je namenjen hoji, medtem ko je zadnji par namenjen čiščenju (t.i. čistilna noga). Vrstno manj bogata je naddružina Cytheroidea s tremi pari nog za hojo, ki

združuje morske in celinske vrste ter vsebuje tudi zajedavske družine. Naddružina Darwinuloidea je zastopana izključno v celinskih vodah, predstavniki imajo le dva para nog za hojo, prvi pa je preoblikovan in del obustnega aparata. Bralcem, ki jih boljše zanima taksonomija, priporočam ogled spletne strani ostrakologa Robina J. Smitha (*zapisana v zadnjem okvirju*), ki deluje v okviru japonskega Muzeja jezera Biwa in je opremljena z bogatimi slikovnimi gradivom.

VELIKA DIVERZITETA DVOKLOPNIKOV IN NJIHOVIH ŽIVLJENJSKIH OKOLIJ

V morjih in oceanih naseljujejo dvoklopniki tako dna plitvih morij, kot tudi najgloblji oceanov, ali pa tvorijo številčne populacije v planktonu. Nekatere vrste, kot zgoraj omenjeni *Gigantocypris*, živijo v hladnih, več tisoč metrov globokih oceanskih vodah. V morjih in oceanih so do sedaj opisali preko 11.000 vrst, od tega jih je večina bentoških, le okoli 200 vrst je planktonskih. V celinskih vodah dvoklo-



Velikost, oblika lupinice, površina, ki je lahko ornamentirana, luknjičasta ali popolnoma gladka, odlačena ali ne – vse to so pomembni taksonomski znaki dvoklopnikov. Vpogled v podrobno strukturo lupinice je najnatančnejši s pomočjo vrstičnega elektronskega mikroskopa. Vsi trije prikazani primerki so podzemne vrste, najdene v Sloveniji. (foto: Z. Samardžija)



Typhlocypris cavicola je značilen predstavnik medzrnskih, pa tudi kraških podzemnih voda, trikotne oblike, brez oči in brez pigmenta. Pojavlja se po celotnem dinarskem predelu Slovenije. Trikotna oblika je najverjetneje prilagoditev na življenje v kanalčkih med drobnimi zrni sedimentov. (foto: M. Kuntner)

pniki najpogostejše rijejo po dnu ali plavajo med gosto zarastjo vodnega rastlinja. Do sedaj so v celinskih vodah našli okoli 2.330 vrst. Zaradi sposobnosti tvorjenja trpežnih, na sušo odpornih jajčec so pogosti v vodah, ki se občasno presušijo. Veliko vrst, ki naseljujejo ribnike, kale ali druge stoječe in počasi tekoče vode, ima široko ekološko nišo in so kozmopolitsko razširjene. Primer takšne vrste je *Cypridopsis vidua*. Zanimiva življenjska okolja so globoka starodavna jezera, v naših koncih Ohridsko jezero, pa seveda slavna jezera: Bajkalsko, Tanganjiško, Titikaka in Biwa. Bajkalsko jezero, ki je najgloblje in staro okoli 25 milijonov let, je z 2.500 vrstami vroča točka biodiverzitete, od tega je preko 200 vrst dvoklopnikov. Bajkal je tudi jezero z izjemnim številom endemičnih vrst. V primeru dvoklopnikov je v Bajkalskem jezeru endemičnih 90 % vseh prisotnih vrst.

Nekatere vrste zelo uspešno naseljujejo podzemne vode. Najdemo jih v podze-



Cypridopsis vidua je zelo pogost v manjših, s hranili bogatih stoječih celinskih vodah. Prepoznamo ga po značilnih lisah. Vrsta je kozmopolitsko razširjena. (foto: M. Kuntner)



Cavernocypris subterranea je skoraj prozoren, ploščat in podolgovat dvoklopnik z očmi. Lahko bi rekli, da je vrsta prehodna oblika med tipičnimi podzemnimi vrstami brez pigmenta in oči ter površinskimi vrstami, ki so opremljene z dobro razvitimi očmi in ponavadi obarvane. (foto: M. Kuntner)

mnih tokovih rek, stalnih lužah v jamah, pogosto pa naseljujejo tudi medzrnske prostorčke v podzemnih vodah aluvialnih vodonosnikov. Izviri so življenjska okolja, kjer najdemo tipične izvirske vrste, prilagojene na stalne temperature in hitrejši vodni tok. Primer takšne vrste je *Cavernocypris subterranea*. Seveda pa so prebivalci izvirov tudi podzemne vrste, ki jih vodni tok prinese na površje, kjer so sposobne tvoriti obstojne populacije. Nedavne najdbe navajajo dvoklopnike tudi iz vlažnih kopenskih habitatov, kot so mahovi ob slapovih ali vlažni listni opad. Velika skupina dvoklopnikov se je specializirala v zajedavce. Vsaj 200 vrst zajeda potočne rake, postranice in enakonožce.

Vsaj toliko, verjetno pa precej več, kot je trenutno živčih vrst, je tudi že izumrlih. Najstarejši najdeni fosili dvoklopnikov so po ocenah stari med 443 in 485 milijonov let, torej iz obdobja ordovicija. Filogenetske analize ocenjujejo, da so dvoklopniki še starejši, da so bili prisotni že 542 milijonov let nazaj, v obdobju kambrija. V tem dolgem obdobju se je po ocenah razvilo in potem tudi izumrlo od okoli 10.000 pa vse do nekaj čez 50.000 vrst.

DVOKLOPNIKI V SLOVENIJI

Trenutno je v Sloveniji po seznamu iz leta 2012 bilo znanih 61 vrst dvoklopnikov. Ta seznam je bil ob koncu tega leta (2022) v reviji *Natura Sloveniae* že posodobljen na 70 vrst, vendar je še vedno precej nepopoln. Na zastarelem Rdečem seznamu ogroženih sladkovodnih nižjih rakov je navedenih 5 vrst dvoklopnikov. Rdeči seznam nujno potrebuje posodobitev z vidika poimenovanja vrst, taksonomskega uvrščanja, pa tudi z vidika sodobnih podatkov razširjenosti. Dve vrsti z rdečega seznama sta po novem sinonima, nekatere vrste so uvrščene v druge rodove, na seznam bo treba dodati še na novo najdene endemite in druge vrste ter posodobiti kategorije ogroženosti v skladu z najnovejšimi podatki.

Za vrste z Rdečega seznama avtorja strokovnih podlag za rdeči seznam, ki so bile objavljene daljnjega leta 1992, navajata, da imajo verjetno širše areale, kot je navedeno v strokovnih podlagah. Njune navedbe so se izkazale za resnične. Raziskave v zadnjih 20 letih so pokazale, da je *Typhlocypris cavicola* eden izmed pogostejših prebivalcev kraških podzemnih voda JZ Slovenije, *Fabaeformiscandona aemonae* pa je zelo pogosta v podzemnih vodah aluvialnih vodonosnikov v porečju reke Save. Za ti vrsti, tako kot za veliko drugih podzemnih vrst, obstaja možnost, da gre za kriptične vrste, torej za

skupek morfološko podobnih, a genetsko različnih vrst. Tovrstne domneve bo v prihodnosti seveda treba preveriti s sodobnimi molekularnimi pristopi. Avtorja strokovnih podlag za Rdeči seznam priporočata, naj se vrste s seznama zavarujejo preko zavarovanja kraškega površja in podzemeljskih vod pred onesnaženjem ter naj se še posebej varujejo tipske lokalitete. Kot zanimivost naj omenim, da je na tipski lokaciji Krška jama, od koder je leta 1935 Klie opisal vrsto *Typhlocypris cavicola*, vrsta letos poleti preverjeno še bila prisotna v substratu podzemnega jezera, v preteklih letih pa tudi v izviru, ki priteče iz jame. Letos je izvirski potoček presahnil, tako da so se te populacije verjetno umaknile globlje v prod ali pa nazaj v jamo.

Poleg obstoječih tipskih lokalitet, omenjenih v strokovnih podlagah Rdečega seznama – Podpeške in Krške jame –, je bila leta 1994 opisana še ena nova vrsta za znanost: *Cypria bicolor*, kar dodaja na seznam tipskih lokacij tudi izvir Ižice (Iščice) na Igu. Vrsta je trenutno slovenski endemit. Nove vrste za znanost (opis čakata vsaj še dve) so bile odkrite tudi v kraškem izviru Lipnik v dolini Radovne pri Bledu. V izviru smo odkrili novo vrsto za znanost, ki ima najverjetneje populacije v kraškem vodonosniku Pokljuke, v predelu, kjer se voda s površine steka v globlje predele, ki so stalno zapolnjeni z vodo. Ob visokih vodostajih Radovne smo v izviru redno opažali tudi drugo še neopisano vrsto, za katero predvidevamo, da naseljuje medzrnski vodonosnik Radovne ali pa celo kraški vodonosnik Mežaklje. Opazili pa smo tudi prehodne oblike med tema dvema vrstama. Dosedanja opažanja odpirajo številna zanimiva vprašanja o razširjanju vrst v podzemnih vodah in procesih speciacije.

ZGODOVINA RAZISKAV DVOKLOPNIKOV

Prva omemba dvoklopnikov v literaturi sega že v leto 1746, torej v Linnejeve čase. Takrat je bila objavljena prva ilustracija fosilnega dvoklopnika. Leta 1802 je Latreille dal tej skupini rakov ime *Ostracoda*, najbolj intenzivno opisovanje novih vrst pa je v Evropi potekalo v drugi polovici 19. stoletja. Zapisi iz naših krajev niso zaostajali. Prvi je že iz leta 1882, ko nemški zoolog Gustav Joseph iz Podpeške jame omenja opažanje podzemne vrste dvoklopnika, ki je podobna vrsti *Cyclocypris ovum*. Slovenske podzemne vode so v tem obdobju raziskovali predvsem zoologi nemškega rodu, poleg G. Josepha še Otto Schmeil, Gustav Wilhelm Müller in Walter Klie. Slednji je obiskal Podpeško, Postojn-



Notranjost Krške jame, kjer je leta 1935 Klie opisal novo vrsto za znanost *Typhlocypris cavicola*. Vrsta je bila najdena v jezeru na koncu jame, kot tudi v lužicah neposredno ob jezeru. Te živali imajo raje dno, kjer je prisoten pesek, ne pa mulj. (foto: D. Tome)



V izviru Iščice (Ižice) je bila opisana nova vrsta za znanost: *Cypria bicolor*, ki je trenutno slovenski endemit. Žal od leta 1985 vrsta kljub preverjanju ni bila več najdena na tej lokaciji. Morda zaradi korenitih posegov človeka v ta habitat, ki je umeščen v središču Iga? Vrsta zaenkrat tudi ni najdena nikjer drugje v Sloveniji. (foto: D. Tome)

sko in Krško jamo ter s teh lokacij opisal 4 nove vrste za znanost. V letih po drugi svetovni vojni je podatke o dvoklopnikih v Sloveniji beležil makedonski zoolog Trajan Petkovski, velikokrat v sodelovanju z Borisom Sketom. Petkovski je leta 1994, skupaj s Claudom Meischem, iz izvira Ižice opisal zgoraj omenjeno vrsto *Cypria bicolor*, ki je slovenski endemit. Osebkje je ulovil B. Sket. V 70. letih je v naše kraje zašel tudi avstrijski zoolog romunskega rodu Dan Danielopol. Prvi seznam vrst za Slovenijo, ki je vseboval 47 vrst, sta leta 1996 sestavila angleški in slovenski zoolog Hugh Griffiths in Anton Brancelj. Nov zagon terenskih raziskav dvoklopnikov se je začel leta 2002 z evropskim projektom PASCALIS, kjer so bile na območju podzemnih voda Krma in južnega obrobja Lju-

bljanskega barja najdene številne nove vrste za Slovenijo, pa tudi za znanost. Z nadaljnjimi raziskavami kraških in medzrnskih vodonosnikov in izvirov ter z rednimi dogodki BioBlitz Slovenija, ki se odvijajo od leta 2017, avtorica prispevka na seznam vrst redno dodajam nove vrste za Slovenijo, kar nekaj novih vrst za znanost pa še čaka na opise.

POGLED V GEOLOŠKO PRETEKLOST

Ker so lupinice dvoklopnikov grajene iz mineralnih snovi, večinoma iz magnezijevega kalcita, so se ohranile skozi različna geološka obdobja in so ena izmed najštevilčnejših skupin fosilov členonožcev, ki so preživeli vseh pet velikih globalnih izumrtij. Verjetnost najdb z ohranjenimi mehki deli osebkov je precej manjša,

saj morajo za ohranjenost mehkega tkiva v okolju vladati posebne razmere. Zato je bilo v zadnjih dvesto letih paleontoloških raziskav objavljenih samo 33 primerov, kjer so se med fosilizacijo ohranili tudi mehki deli dvoklopnikov. Vsaka tovrstna najdba je seveda zelo odmevna. Primer takšne najdbe je odlično ohranjen samec iz zgodnjega paleozoika (nekje okoli 425 milijonov let nazaj) v Veliki Britaniji (Herefordshire), ki je bila objavljena v reviji *Science* leta 2003. S pomočjo tega odkritja so ugotovili, da evolucija skupine dvoklopnikov, ki je vezana na morska okolja (podrazred Myocopoda), teče zelo počasi, saj je najden primer ek izjemno podoben svojim živečim sorodnikom, ki še vedno

živijo v podobnih morskih okoljih. Zelo odmevna je bila tudi najdba iz New Yorka v ZDA, kjer so našli ohranjene primerke iz še starejšega obdobja, 450 milijonov let nazaj. Iz najdbe se je dalo razbrati, da je ta, še neopisana vrsta dvoklopnika, že imela razvito strategijo skrbi za zarod, ki se je obdržala do danes.

Fosilne najdbe dvoklopnikov so izjemno pomembne za razlago evlucijskih procesov, uporabljajo pa se tudi v stratigrafskih raziskavah, kjer proučujejo zaporedje in starost plasti v zemeljski skorji. Zelo pomembne so tudi v paleokoloških raziskavah, kjer si z njimi pomagajo pri razumevanju paleoklimatskih in paleokoloških

razmer. Osrednji pristop pri teh raziskavah je proučevanje sedimentnih profilov, kjer na istih vzorcih izvedejo širok nabor analiz, od izotopskega datiranja do pregleda prisotnih fosilov. Na podlagi sestave fosilne združbe in prisotnih indikatorskih vrst je mogoče oceniti, ali je bilo okolje toplejše ali hladnejše, slano ali manj slano, ali je šlo za plitva ali globlja morja ali jezera. Za tovrstne raziskave je namenjenih veliko sredstev, velikokrat s ciljem najti nove plasti, kjer se nahaja nafta ali druga fosilna goriva.

Zanimivo je, da sta paleontologija in biologija preučevali dvoklopnike neodvisno druga od druge več kot dvesto let. Prvi fosilni dvoklopnik je bil narisani leta 1746, podobno so bili prvi živeči dvoklopniki opisani s strani biologov okoli leta 1770. Šele dvesto let kasneje, konec 50. let 20. stol., je ameriški znanstvenik Pokorny povezal sistematiko fosilnih in recentnih vrst v enoten klasifikacijski sistem. Nekaj let kasneje, leta 1963, pa so se paleontologi in biologi prvič srečali na skupni mednarodni ostrakološki konferenci v Neaplju v Italiji, kjer so začeli izmenjevati svoje ugotovitve in opažanja. Mednarodna srečanja se od takrat dalje odvijajo vsaka štiri leta, letošnja, hibridna konferenca je bila izvedena v Lyonu v Franciji. Ključne teme letošnje konference so bile, podobno kot prejšnja leta, stratigrafske raziskave, s pomočjo katerih so poskušali razumeti podnebne in okoljske spremembe v različnih predelih sveta in v različnih geoloških obdobjih, raziskave, s katerimi so iskali razlage za množična izumrtja, taksonomske revizije fosilnih in recentnih dvoklopnikov, pojavljanje invazivnih vrst, filogenetske raziskave, ter raziskave dvoklopnikov kot indikatorjev današnjih okoljskih sprememb in človekovih vplivov.

Izredno prodorno je bilo predavanje angleškega ostrakologa Davida Horna, ki se je vprašal, ali je poznavanje trenutnih razmer in ekoloških potreb dvoklopnikov res pravi ključ do razlage okoljskih razmer v preteklosti. Za te namene je analiziral podatke o razširjenosti modelne, splošno razširjene vrste *Cytherissa lacustris* v Severni Ameriki, Evropi in Aziji ter jih primerjal s podatki o fosilnih najdbah iz pleistocena. Ta vrsta danes velja za prebivalca globokih, hladnih jezerskih voda, v pleistocenu pa za indikatorja hladnega podnebja. Je bentoška vrsta, ki ima najraje muljasto podlago. Pri rekonstrukciji paleokolja predvidevajo stabilnost nič pri *C. lacustris*, to pomeni, da predpostavljajo, da so njene ekološke preference od pleistocena do danes ostale enake.



Kraški izvir Lipnik v dolini Radovne pri Bledu se napaja iz obsežnega kraškega zaledja Pokljuke, vanj pa občasno, ob visokih vodostajih pritekajo tudi podzemne vode iz medzrnskega vodonosnika Radovne, ki so povezane tudi s kraškim vodonosnikom Mežaklje. V izviru smo odkrili vsaj dve novi vrsti za znanost. (foto: N. Mori)



Vzorčenje dvoklopnikov v stoječih vodah je razmeroma enostavno, saj se živali zadržujejo med vodnim rastlinjem ali pa rijejo ali plavajo pri dnu. (foto: D. Tome)

Biologi pa vemo, da so tudi v primeru recentnih vrst ekološke niše lahko različne na različnih geografskih področjih. Podobno opažajo pri *C. lacustris*, kjer recentne populacije velikokrat najdemo tudi v plitvih predelih jezer ob obali. Paleostratigrafske analize sedimentnih profilov pa velikokrat navajajo prisotnost te vrste dvoklopnika v fosilnih združbah, ki so interpretirane kot slane, jezerske ali pa tudi rečne. Postavi se vprašanje, ali to pomeni ekološko labilnost vrste ali pa prisotnost kriptičnih (skritih) vrst. Če je tako, kakšne so potem posledice za razlago in rekonstrukcije paleoklime, ki temeljijo na predpostavkah o ekološki stabilnosti vrst skozi čas?

EVOLUCIJSKI ŠKANDAL

Veliko populacij dvoklopnikov v celinskih vodah sestavljajo samo samice, ki se razmnožujejo deviškoročno (partenogenetsko). Velikokrat gre za primer, kjer je večina populacij deviškoročnih, le na izbranih geografskih lokacijah prihaja do razvoja samcev in spolnega razmnoževanja. Na splošno naj bi pretežno nespolno razmnoževanje vodilo do izginotja vrste, kar pa se ni zgodilo v primeru naddružine Darwinuloidea. Ta naddružina vsebuje le nekaj vrst v celinskih vodah, med njimi tudi vrsto *Darwinula stevensoni*. Zanj je do nedavnega veljalo, da se izključno deviškoročno razmnožuje že več kot 200 milijonov let, od nastanka vrste naprej. Da gre torej za domnevni primer starodavne asexualne linije oziroma za evolucijski škandal, kot ga je poimenoval biolog Maynard Smith leta 1986. Kljub pogostemu in številčnemu pojavljanju v fosilnih najdbah za to vrsto nikoli ni bil najden samec; podobno velja za recentne populacije. Opažanje je potrdil tudi pregled parov kromosomov, katerih sestava nakazuje zelo dolgo odsotnost mejoze. Podoben pojav so do sedaj opazili le pri kotačnikih in pršicah. Teorijo starodavne asexualne linije pa je omajala najdba nove vrste iz naddružine Darwinuloidea na Japonskem, kjer je R. J. Smith poleg številnih samic nove vrste *Vestalenula cornelia* po večjem številu vzorčenj našel tudi posamezne samce. Teorija evolucijskega škandala je zato trenutno v procesu preverjanja, vendar ta skupina še vedno velja za primer starodavne linije, kjer je nespolno razmnoževanje izrazito prevladujoče.

VZORČENJE IN DOLOČEVANJE

Vzorčenje dvoklopnikov je v celinskih vodah razmeroma preprosto. Potrebujemo ročno mrežo, ki pa mora imeti manjše luknjice, kot jih ponavadi uporabljamo za ulov drugih vodnih živali. Najbolj ustre-



Medzrnske habitate na prodiščih rek lahko enostavno raziščemo z metodo Karaman-Chappuis. V prod skopljemo luknjo, počakamo, da se nateče dovolj vode, nato jo prefiltriramo preko 100-mikronske mrežice. Več podzemnih vrst bomo našli na dolvodnih predelih prodišč, kjer je običajno večji vpliv podzemne vode. (foto: D. Tome)



Globlje v prod lahko pridemo z uporabo prenosne votle cevi, ki je na koncu preluknjana. Po zabijanju cevi do izbrane globine (A) s pnevmatično črpalko načrpamo vodo (B) in jo prefiltriramo preko ročne mreže. Ta metoda se imenuje metoda Bou-Rouch. (foto: D. Tome)

zna je 100-mikronska mreža, tako ujame-mo tudi najmanjše predstavnike dvoklopnikov. V stoječih vodah vlečemo mrežo med vodnim rastlinjem, če želimo ujeti plavajoče (planktonske) vrste. Po dnu lovimo vrste, ki živijo med zrnici sedimenta ali pa plavajo pri dnu. V tekočih vodah uporabimo metodo »brcanja«, kjer z nogo mešamo sediment, da živali vstopijo v vodni stolpec, vodni tok pa jih nato prinese v ročno mrežo, ki jo imamo nastavljeno pod mestom »brcanja«. Več živali bomo našli na predelih, kjer ni zelo hitrega toka, v zatokih, kotanjah, zaježitvah. Podobno pridemo do vrst v jamskih okoljih. V izvirih lahko uporabimo daljše lovne mreže, ki jih nastavimo v ustju izvira za določeno število ur. Tako ujame-mo živali, ki jih prinese vodni tok iz podzemlja. Najtežje je vzorčiti medzrnske vodonosnike in prodišča. Plitvejšje sloje lahko vzorčimo s tako imenovano metodo Karaman-Chappuis, kjer v prod skopljemo luknjo, počakamo, da se nateče dovolj vode, ki jo nato prefiltriramo. S prenosno cevjo in pnevmatično črpalko, ki je na koncu naluknjana, lahko

pridemo do vzorcev tudi do dveh metrov v produ. Ta metoda se po dveh francoskih raziskovalcih imenuje metoda vzorčenja Bou-Rouch. Za globlje predele medzrnskih vodonosnikov uporabimo obstoječe vodnjake, ki jih lahko vzorčimo z mrežo, če so dovolj široki, v nasprotnem primeru pa s filtriranjem prečrpavane vode.

Vzorke fiksiramo s 70-% etanolom, v laboratoriju jih pregledamo pod lupo z vsaj 10-kratno povečavo. Pri odbiranju dvoklopnikov uporabljamo kapalko ali zanko, da ne poškodujemo lupinic. Za nadaljnje določevanje je treba pridobiti podatke o dolžini, višini in širini lupinice, preveriti, ali desna lupinica prekriva levo ob robovih ali obratno. Lupinico nato razpremo in za določitev do vrste podrobneje pogledamo še mehke dele telesa.

NEVIDNA BIODIVERZITETA NA KVADRAT

Letošnja osrednja tema dneva voda, ki ga vsako leto praznujemo 22. marca, je bila podzemna voda, s sloganom »naredimo



Vzorčenje dvoklopnikov v izviru Iščice (Ižice) z vodno mrežo. (foto: D. Tome)

nevidno vidno«. Nevidna je tudi biodiverzitet organizmov, ki jih s prostim očesom težje opazimo, nevidna na kvadrat pa je takšna biodiverzitet, kadar je skrita v podzemlju. Za razumevanje razširjenosti in poznavanje biodiverzitet tako vrstno bogate skupine, ki zahteva dobro taksonomsko znanje, je potrebnega veliko truda. Naj nas trud, potreben za spoznavanje te biodiverzitet, ne odvrne od tega, da bi takšno biodiverzitet raziskovali, pa tudi varovali. ✨

ŠE NEKAJ ZANIMIVOSTI IZ BIOLOGIJE DVOKLOPNIKOV

Vode, ki občasno presušijo, ob ponovnem zalitju z vodo hitro oživijo. Dvoklopniki so poleg drugih nižjih rakov med prvimi kolonizatorji teh voda. Razlog za tako hitro kolonizacijo so odporna jajčeca, ki lahko preživijo več let na suhem in ob prvem omočenju »oživijo«. Norveški zoolog G. O. Sars, ki je deloval ob koncu 19. stoletja, se je na podlagi tega pojave domislil izvirnega »terenskega vzorčenja«, tako navaja R. J. Smith na spletni strani Muzeja jezera Biwa. Sars je prosil ljudi z drugih koncev sveta, Avstralije, Južne Afrike, da so mu po pošti pošiljali sedimente presušenih rek ali ribnikov. Po nekaj tednih namakanja teh sedimentov je uspel vzgojiti žive populacije dvoklopnikov. Številne med njimi so bile nove vrste za znanost, ki jih je uspešno opisal.

Kljub temu da dvoklopniki živijo v vodah, so osvojili tudi zračni medij. No, vsaj posredno. Odporna jajčeca, ki ostajajo v presušeni vodi, veter dviga v zrak in prenaša, lahko tudi na daljše razdalje. Pri zračnem potovanju pa so dvoklopnikom v pomoč tudi ptice. Med hojo in prehranjevanjem v vodi se na ptičje noge oprimejo jajčeca ali pa tudi že izleženi osebki, skupaj s ptico odpotujejo do sosednje mlake ali pa tudi precej dlje. Po kopnem jim pomagajo dvoživke ali druge manjše živali, katerih se tudi oprimejo in jih izkoristijo za transportno sredstvo. Zaradi tvorjenja odpornih jajčec in omenjenih mehanizmov »potovanja« oziroma razširjanja so številni dvoklopniki kozmopoliti.

Raziskovalci so ugotovili, da dvoklopniki preživijo, tudi če so pojedeni. Opazili so, da je četrtnina vseh predstavnikov vrste *Cypridopsis vidua*, ki so jih pojedle ribe, preživela pot skozi prebavni trakt. Kako jim je to uspelo? Lupinico so nepredušno zaprli in ribji prebavni sokovi niso mogli opraviti svoje naloge.

Ena izmed najnovejših objav pa je pokazala, da je dvoklopnike mogoče naučiti odzivanja na svetlobne dražljaje, tako da sledijo barvni svetlobi do vira hrane. Očitno se te drobne živali odločajo na podlagi vizualnih dražljajev. Z drugimi besedami, svetloba oblikuje njihovo vedenje, saj ob prisotnosti prave barvne svetlobe plavajo dlje.

Še več zanimivosti o dvoklopnikih najdete na spletni strani Muzeja jezera Biwa (<https://www.biwahaku.jp/smith/index.html>).

LITERATURA IN DODATNO BRANJE:

- Griffiths H.I., Brancelj A. (1996): Preliminary list of freshwater Ostracoda (Crustacea) in Slovenia. *Annals for Istrian and Mediterranean studies* 9: 201–210.
- Meisch C. (2000): *Freshwater Ostracoda of western and central Europe*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 522 str.
- Meisch C., Smith R.J., Martens K. (2019): A subjective global checklist of the extant non-marine Ostracoda (Crustacea). *European Journal of Taxonomy* 492: 1–135.
- Mori N., Meisch C. (2012): Contribution to the knowledge on the distribution of recent free-living freshwater ostracods (Podocopida, Ostracoda, Crustacea) in Slovenia. *Natura Sloveniae* 14: 5–28.
- Mori N., Šalamun A. (2022): An updated checklist of the extant freshwater ostracods (Podocopida, Ostracoda, Crustacea) of Slovenia. *Natura Sloveniae* 24(2): 5–18.
- Sket B., Brancelj A. (1992): Rdeči seznam ogroženih sladkovodnih nižjih rakov (Entomostraca: Anostraca, Cladocera, Copepoda, Ostracoda) v Sloveniji. *Varstvo narave* 17: 165–172.
- Sket B., Gogala M., Kuštor V. (2003): *Živalstvo Slovenije*. Tehniška Založba Slovenije, Ljubljana, str. 195
- Siveter D.J., Sutton M.D., Briggs D.E.G., Siveter D.J. (2003): An ostracode crustacean with soft parts from the Lower Silurian. *Science* 302: 1749–1751.
- Smith R.J.: Ostracod Research at the Lake Biwa Museum, Japan. <https://www.biwahaku.jp/smith/index.html>.
- Tanaka G., Farrell C.U., Martin M.J., Siveter D.J., Briggs D.E.G. (2014): Exceptionally preserved 450 million-year-old Ordovician ostracods with brood care. *Current Biology* 24: 801–806.