

Bodo zmagovalke meduze?

- **Dr. Tinkara Tinta:** »Naša ekipa pod vodstvom dr. Monike Bright z Univerze na Dunaju je podala prve dokaze, da se lahko ličinke črvov cevkarjev naselijo in celo živijo pod morskim dnom.«
- **Potopi sodobnih daljinsko vodenih robotov** omogočajo zelo dobro opazovanje in raziskovanje
- **Kako pomembno je** komuniciranje znanosti z javnostjo

Tekst: **Brane Maselj**

Fotografije: **Jure Eržen**





Znanstveniki so v vulkanskih votlinah pod hidrotermalnimi izviri sicer dobro raziskanega podvodnega vulkana na vzpetini vzhodnega Tihega oceana ob Srednji Ameriki avgusta odkrili povsem nov ekosistem. Z uporabo podvodnega robota so pod morskim dnom našli jamske sisteme, polne živih bitij, ki so jih doslej videvali le nad termalnimi izviri. O tem izjemnem odkritju smo se pogovarjali z dr. Tinkaro Tinto z Morske biološke postaje Piran Nacionalnega inštituta za biologijo, ki se je s sodelavcem Tihomirjem Makovcem udeležila odprave na vzhodni Tihi ocean z novim raziskovalnim plovilom R/V Falkor v sklopu inštituta Schmidt Ocean, da bi preučevala vplive virusov na strukturo in delovanje teh ekosistemov. Mednarodna ekipa raziskovalcev s področja ekologije mikroorganizmov in živali ter biogeokemije je bila sestavljena iz raziskovalcev Univerze na Dunaju, Kraljevega nizozemskega inštituta za raziskave morja, Univerze Harvard, Oceanografske inštitucije Woods Hole, Morske biološke postaje Piran Nacionalnega inštituta za biologijo Slovenije ter Nacionalnega centra za znanstveno raziskovanje iz Francije.

Kakšna živa bitja je pravzaprav odkrila mednarodna ekipa znanstvenikov?

Votline pod morskim dnom na tem območju so naseljene z globokomorskimi črvi cevkarji, polži in kemotitskimi bakterijami, ki živijo v vodi s temperaturo približno 25 °C. Odkritje dodaja novo dimenzijo hidrotermalnemu vrelcu, saj kaže, da njihovi habitati obstajajo nad morskim dnom in pod njim.

črvov in druga živa bitja. Doslej smo se namreč spraševali, od kod prihajajo, saj jih nis(mo) nikoli našli v vodnem stolpcu, od koder bi jih zaneslo na novo območje, ki bi ga nato kolonizirali, kar je sicer pogost način disperzije ličink v morskih ekosistemih. S tem smo potrdili hipotezo profesorice Bright in sodelavcev, da naj bi to življenje na globokomorskih hidrotermalnih vrelih prihajalo izpod površja. Na odpravi nas je bilo skupaj približno 22 znanstvenikov iz ZDA, Nemčije, Nizozemske, Francije, Kostarike in Slovenije.

Kako je bil poskus načrtovan?

Prvotno so zasnovali eksperimente s pomočjo neprodušnih prozornih škatel, ki smo jih na odpravi postavljali na dno oceana, da bi dokazali, da ličinke vanje prodrejo izpod tal in nato kolonizirajo območje. Pri razvoju teh škatel je pomagal tudi moj sodelavec Tihomir Makovec in smo jih predhodno testirali tudi v Piranu. Ključno pri tem je bilo, da škatlo pri tleh neprodušno zatesnimo, nato vbrizgamo vanjo barvilo, ki ne škoduje živim bitjem; živali, ki smo jih pri nameščanju ujeli v škatlo, so se obarvale rdeče, tiste, ki bi v škatlo prodrle med eksperimentom skozi morsko dno, pa ne bi bile obarvane. V laboratorijskih oziroma bolj nadzorovanih razmerah je to dobro delovalo, na tisti globini pa eksperiment žal ni deloval čisto tako, kot je bilo zamišljeno.

Kako ste rešili ta problem?

Po prvem neuspelem poskusu nam je pilot, ki je upravljal robota, predlagal, naj poskusimo mehansko odstraniti del morskega dna, da bi pogledali, kaj se skriva pod skorjo. Rečeno – storjeno! Robotska roka

Na vulkanskih vrelih je velika biotska raznovrstnost. Poleg kolonij črvov cevkarjev, ki se prerinejo na površje in nato rastejo naprej celo do višine dveh metrov, so tam tudi ribe, hobotnice, polži in raki, višje v vodnem stolpcu pa tudi druge živali.

Znanstveniki so zadnjih 46 let preučevali hidrotermalne odprtine in življenje mikrobov v podzemlju, niso pa nikoli iskali živali pod temi vulkanskimi vročimi vreli, ki tečejo skozi razpoke v zemeljski skorji zaradi tektonske dejavnosti. Ko se pojavi nov hidrotermalni izvir, mu ekosistem hitro sledi, saj živali v nekaj letih kolonizirajo območje. Raziskovalci do sedaj niso razumeli, kako živalske ličinke najdejo nove habitate, sedaj pa je ekipa pod vodstvom dr. Monike Bright z dunajske univerze podala prve dokaze, da se lahko ličinke črvov cevkarjev naselijo in celo živijo pod morskim dnom.

Na kakšni globini je potekalo raziskovanje?

Raziskovali smo dno oceana na globini 2500 metrov s pomočjo daljinsko vodenega podvodnega vozila R/V SuBastian, ki so ga t. i. piloti upravljali na krovu raziskovalne ladje Falkor(too) v lasti inštituta Schmidt Ocean. Gre za neprofitno organizacijo, ki sta jo ustanovila zakonca Wendy in Eric Schmidt, da bi znanosti omogočila raziskovanje oceanov z novimi tehnologijami. S pomočjo podvodnega robota smo lahko pokukali (tudi) v vulkanske votline in odkrili, da v njih domujejo ličinke globokomorskih

je po treh urah vrtnanja v tla odstranila kamen in potem je bilo, kot bi dvignili strop jame. Pokazale so se ličinke črvov, ki so se iz svojih cevčic stegovale navzgor, pa školjke in še nekaj drugih živalic. Od takrat naprej smo pri vsakem potopu na drugem kraju uporabili to tehnologijo in tako zbrali dovolj različnih vzorcev.

Ali živijo v teh globinah tudi druga bitja?

Na vulkanskih vrelih je velika biotska raznovrstnost. Poleg kolonij črvov cevkarjev, ki se prerinejo na površje in nato rastejo naprej celo do višine dveh metrov, so tam tudi različne ribe, hobotnice, polži in raki, višje v vodnem stolpcu pa tudi druge živali. Tudi meduze, ki so sicer moje glavno področje preučevanja, sem opazila.

Koliko vzorcev ste nabrali?

Vsega skupaj je bilo gotovo nabranih več kot 2000 vzorcev. Vsak od nas je zbiral svoje vzorce, za svoje potrebe; eni so preučevali školjke, drugi polže, tretji so se ukvarjali s temi črvi, nekaj nas je bilo tudi mikrobiologov. Ker je analiza virusov zahtevna, smo lahko na licu mesta naredili le



Dr. Tinkara Tinta na Morski biološki postaji Piran kot morska mikrobiologinja raziskuje, kako različne motnje v režimih organske in anorganske snovi vplivajo na mikrobe in s tem na delovanje morskih ekosistemov. Doktorirala je na univerzi v Novi Gorici na temo morske mikrobiologije, ki je tudi danes osrednje področje njene raziskovalne dejavnosti.

precej kompleksne eksperimente in vzorce ustrezno fiksirali in shranili pri temperaturi minus 80 °C, a za nas je to šele začetek. Vzorci so bili po koncu šesttedenske odprave poslani v univerzitetne laboratorije, kjer jih bomo zdaj analizirali, kar bo v nekaterih primerih, odvisno od kompleksnosti analiz, trajalo tudi kakšno leto.

Kako ste zagotovili preživetje teh vzorcev na ladji?

V začetku smo imeli kar nekaj težav s transportom živali na površje, ker škatle, v katere smo jih dajali – robot jih odvzema s hidravlično roko in daje v posodo – niso dobro tesnile in so živali pri transportu do površja odmrle zaradi temperaturnega šoka. Razlike med temperaturami od termalnega vrelca do globokega morja in nazadnje do površja so namreč lahko tudi do 30 stopinj. Na ladji so sicer laboratoriji, ki so opremljeni z vrhunsko laboratorijsko opremo, vendar smo morali kljub temu zaradi specifične raznolikosti eksperimentov, ki smo jih izvajali, pripraviti tudi dodatno opremo in instrumente in jih poslati na ladjo že pred našim vkrcanjem.

Kako lahko živa bitja preživijo v takšnih globinah brez svetlobe?

Življenje brez svetlobe lahko obstaja po zaslugi kemosinteze – tako kot življenje na površini po zaslugi fotosinteze. Opravljajo jo kemosintetske bakterije, ki naseljujejo te sisteme pa tudi morsko vodo ter so sposobne uporabiti energijo, ki se sprosti v kemijskih reakcijah – v tem primeru pri pretvorbi vodikovega sulfida v sulfatni ion, za vezavo anorganskega ogljika v organske spojine, ki so osnova za življenje v teh sistemih. Poseben primer so kemosintetske simbiotske bakterije, ki živijo v prebavilih globokomorskih črvov cevkarjev in oksidirajo žveplo – tega je ne območju vulkanskih izbruhov na pretek; energija, ki se ob tem sprosti, bakterijam omogoča, da anorganski ogljik vežejo v organske spojine, ki so hrana za črva, ta pa bakterijam v zameno zagotavlja anorganska hranila. Ko črv gostitelj odmre, ga bakterija zapusti in se naseli v novem. Kako natanko to poteka, še raziskujejo, področje, s katerim sem se ukvarjala med odpravo, pa so virusi bakterij, ki naseljujejo te ekosisteme.

Bakterija je žrtev drobnega virusa?

Virus lahko vpliva na to, da bakterija odmre, saj tako kot pri človeku povzroča na primer bolezen. Enako kot smo lahko okuženi z virusom mi, se lahko okuži tudi bakterija, kar povzroči, da se bakterija razpoči, to imenujemo liza bakterije, pri tem pa se v okolje sprosti organska snov, ki postane dostopna drugim bitjem za prehrano.

V sodelovanju s Christianom Winterjem z dunajske univerze ste merili stopnje proizvodnje takšnih virusov. Kaj to pomeni?

Spremljali smo proces razpadanja bakterij zaradi infekcije z virusi; merili smo, koliko takšnih dogodkov lize se zgodi v nekem času. Ko bomo vedeli, koliko takšnih dogodkov se je v nekem časovnem obdobju zgodilo, tako da bomo določili število bakterijskih celic in število virusov, bomo razumeli ta odnos in ta razmerja. Vedeli bomo, koliko virusov se recimo lahko sprosti iz ene bakterije in koliko organske snovi nastane za prehrano drugih bitij.

So bitja na teh globinah zelo odvisna od te hrane?

Celoten ekosistem temelji na kemosintezi. Tako kot se na površju oceana vsa biomasa tvori na podlagi fotosinteze, ki jo poganja rastlinski plankton in omogoča vezavo ogljikovega dioksida ter tvorbo kisika ne le v oceanih, ampak tudi na kopnem, kjer ta proces vodijo kopenske rastline. Tako proizvedena biomasa začne v morju toniti kot sneg v globino in postaja dostopna drugim prejemnikom. Tudi ko zmanjka svetlobe in se proces fotosinteze konča, še vedno nekaj te snovi tone in omogoča življenje nekaterim organizmom, dokler ne postane slabo razgradljiva ali pa manj sočna za živali v tistih globinah. Tam lahko proces fotosinteze nadomesti kemosinteza, ki jo poganjajo bakterije, ki tudi same postanejo hrana za malo večjo žival in ta je hrana za še večjo žival in tako dalje. Tako kot fotosintezo v morju poganjajo eni najmanjših mikroorganizmov – predstavniki rastlinskega planktona, ki sami postanejo hrana za nekoga drugega.

Kaj vas je pritegnilo k tem raziskavam?

Z mikrobno morskno ekologijo oziroma interakcijami med meduzami in bakterijami se ukvarjam že 15 let. H konkretni raziskavi sem prišla po poznanstvu s prof. dr. Moniko Bright, prav na njenem oddelku dunajske univerze sem delala dve leti kot štipendistka sklada Marie Sklodowske Curie. Ker sva se poznali, tako strokovno kot zasebno, so me kot mikro-biologinjo povabili na odpravo. Kolega Tihomir Makovec pa s profesorico Bright kot tehnični sodelavec Morske biološke postaje Piran sodeluje že več kot deset let in ji pomaga razvijati raziskovalno opremo za njene raziskave. Profesorica Bright je sicer tudi redna obiskovalka našega dela Jadrana, saj v Tržaškem zalivu s svojimi študenti z dunajske univerze dvakrat na leto izvaja vaje in eksperimente.

Kaj vas tako vleče k raziskovanju morja?

Oceani sestavljajo kar devet desetlin Zemljine biosfere, kopenski biosis-temi pa komaj kaj. V bistvu razumevanje vsakega koščka oceanov, kot so na primer ekosistemi globokomorskih hidrotermalnih vrelcev, ki so na vseh prelomnicah tektonskih plošč, pripomore k boljši celotni sliki.

Kaj lahko pomembnega odkrijemo v takšnih hidrotermalnih okoljih?

Ne ukvarjam se z aplikativno znanostjo, ampak zagotovo so takšni sis-temi pripomogli k marsikateremu praktičnemu odkritju. V času covida je bilo zelo popularno PCR-testiranje. Gre za verižno reakcijo s polimerazo – pomnoževanje nekega dela genskega zapisa s posebnimi DNK-sondami. To omogoča encim taq polimeraza, ki je produkt bakterij, odkritih prav v takšnih okoljih, kjer lahko zdrži temperature do skoraj 100 °C. Iz takšnih ekstremnih okolij lahko dobimo tudi povsem biotehnoško uporabne snovi. Poznam ideje, da bi z uporabo nekih tu živčih bakterij proizvajali vodik. Veliko takšnih bakterij že raziskujejo glede na njihove antibiotične lastnosti in potencial za proizvodnjo spojin, ki bi se lahko uporabljale za zdravljenje raka. V takšnih ekstremnih razmerah mora življenje pač razviti posebne metabolične procese, povsem drugačne, kot jih poznamo na kopnem, ki so lahko podlaga tudi za povsem nove tehnologije.

Nekateri organizmi v morju so manj občutljivi za spremembe temperature, nekateri pa zelo in lahko zaradi tega ali pa zaradi pomanjkanja kisika, ki je lahko posledica vročinskega vala, hitro odmrejo. Korale so denimo bolj občutljive kot meduze, za katere je značilno, da jih nihanja okoljskih parametrov ne motijo pretirano.

Ko ste bili na ladji, ste z otroki naredili serijo poskusov Čarobni fi-žolčki globoko na dnu oceana.

Ja, profesorici Moniki Bright pa tudi drugim je komuniciranje znanosti z javnostjo zelo pomembno. Večina znanosti se napaja z davkoplače-valskega denarjem, tako da je prav, da davkoplačevalci tudi vedo, kaj se z njihovim denarjem dogaja, in vidijo, kaj vse odkrivamo. Hkrati je pomembno tudi, da za znanost in podobne poklice navdušimo otroke. Tudi ona sama in drugi raziskovalci na krovu so izpeljali nekaj on-line eksperimentov z osnovno šolo v Avstriji in na Nizozemskem, vključenih pa je bilo še več osnovnih šol iz različnih držav. Spomnila sem se, da imamo v Piranu šolo, vključeno v Unescov program, katerega del je tudi Morska biološka postaja v Piranu, in sem se povezala z njo. Profesorica je otrokom v Osnovni šoli Cirila Kosmača Piran prišla predstaviti našo odpravo, in takrat so si zamislili poskus s fižolčki, ki jih spustimo v globino oceana in potem dvignemo ter opazujemo, kako je ta potop vplival na njihovo kaljivost.

Ste se med odpravo tudi potapljali?

Potapljaških izkušenj nimam veliko. Za potrebe dela pod morjem imamo na primer na Morski biološki Postaji Piran zaposlene sodelavce, ki se s potapljanjem ukvarjajo profesionalno, tudi sicer kot mikrobiologinja ne potrebujem veliko neposrednega stika z morjem. Več se potapljajo biologi, ki preučujejo floro in favno, mi pa potrebujemo le vzorce – naše delo temelji na uporabi metod molekularne biologije ali mikroskopije. Res pa je, da se je veliko raziskovalcev, ki so bili z nami na ladji, že potopilo s podmornico. Pravzaprav je bila do uvedbe robotov to edina možnost za raziskovanje. Profesor Bright se je kar trinajstkrat s podmornico potopila na 3000 metrov. Sama se počutim slabo v majhnih, zaprtih prostorih, tako da me ne mika najbolj. Poleg tega omogočajo potopi sodobnih daljinsko vodenih robotov zelo dobro opazovanje, ker vozilo snema celoten potop s kamerami in signal po optičnem kablu pošilja na ladjo.

Torej ste lahko potop ves čas spremljali na ekranih?

Ja, ti so bili vsepovsod na ladji, največ v kontrolni sobi, kjer so delali piloti, ki so upravljali podvodno vozilo. To je zelo zahtevno delo, ki zahteva močno osredotočenost, zato sta se ekipi s po dvema pilotoma menjavali na vsaki dve uri. Vozilo je sicer veliko kot avtomobil in tehta okrog tri tone. Opremljeno je z robotskimi rokami in vsaj štirimi kamerami, ki nenehno snemajo vsenaokrog. V tej sobi je bila nenehno prisotna tudi vodja znanstvenikov profesorica Bright oziroma eden izmed drugih vodilnih znanstvenikov, ki so se pri vodenju potopa menjavali na vsake štiri ure. Oni so imeli zadnjo, izvršilno besedo glede vseh odločitev v zvezi s potopi.

Vi ste se medtem že ukvarjali z raziskavami?

Prvi potop sem seveda gledala v celoti, ker je bilo nekaj novega in poseb-nega, potem pa le še občasno, ker sem imela ogromno drugega dela. Že od prvega potopa naprej sem delala tekoče verižne eksperimente; vsak drugi dan sem dobila nov vzorec, medtem ko je eksperiment s prejšnjim še vedno trajal. To smo počeli neprekinjeno vseh 20 dni na ladji podnevi in ponoči. Vzorec je prišel recimo ob 19. uri, nastavila sem eksperiment, kar je trajalo več kot šest ur, sredi noči je bilo treba že prvič podvzorciti, in tako vsakih šest ur. Nato je naslednji dan prišel že nov vzorec iz globin morja in treba je bilo nastaviti nov eksperiment. Vsako drugo noč sem delala od dveh zjutraj do treh, potem pa spet od osmih zjutraj naprej.



Slišati je kar naporno?

Na to smo navajeni. Tudi doma, kadar delamo eksperimente, včasih ne zatisnem očesa po 36 ur. Mikrobiologija namreč zahteva konstantno prisotnost, ker lahko bakterije rastejo zelo hitro in eksperimenti lahko trajajo po deset dni. Na koncu takšnega eksperimenta si seveda izčrpan in potrebuješ nekaj dni, da prideš k sebi.

Nabrani vzorci so zdaj na Dunaju?

Zdaj so na Univerzi na Dunaju in moj kolega Christian Winter jih je že začel analizirati. Ko bo vse izmeril, bova začela obdelovati podatke – on na Dunaju, jaz pa od tukaj. Verjetno bom šla kasneje tudi sama tja, saj v sodelovanju s tamkajšnjo univerzo s skupino za mikrobno oceanografijo, ki jo vodi prof. dr. Gerhard J. Herndl, vodim triletni projekt na temo meduz in bakterij, ki ga deloma financira Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS), delno pa Avstrijska znanstvena fundacija (FWF). Kakorkoli, gotovo bomo potrebovali vsaj leto dni, preden bomo rezultate odprave lahko predstavili v člankih.

Kaj vas je povezovalo z dunajsko univerzo?

Leta 2017 sem se prijavila na razpis Evropske komisije za zelo prestižno štipendijo iz sklada Marie Skłodowske Curie in razpisni pogoji je tudi, da izbereš univerzo gostiteljico. Izbrala sem dunajsko, saj tam deluje profesor dr. Gerhard J. Herndl, ki je svetovno gledano eden najbolj prepoznavnih in vplivnih raziskovalcev na področju mikrobne oceanografije – torej na »mojem« področju. Projekt sva napisala skupaj, jaz kot glavni raziskovalec, on kot moji gostitelj, in sva bila izbrana. Tako sem se leta 2018 za dve leti z družino, hčerko in partnerjem, preselila na Dunaj.

Se z robotskimi podmornicami odpirajo povsem nove možnosti za raziskovanje morja?

Pa ne le za raziskave, tudi v industriji, kakršna je denimo naftna. Kot so nam razlagali piloti na ladji, jih že ogromno uporabljajo na vrtnih ploščadih v morju. Tudi globokomorsko rudarjenje je, kot sem razumela, že zelo aktualno, in nekaj, s čimer se bomo verjetno morali v prihodnosti soočiti. Apetiti po izkoriščanju morskega dna in morja nasploh naraščajo, saj je kar 80 odstotkov morij klasificiranih kot mednarodne vode, v katerih se lahko počne marsikaj brez nadzora.

Imate kakšno zanimivo sporočilo iz našega morja?

Letošnje poletje je bilo v znamenju izjemnega vročinskega vala na dnu morja, ki je trajal vse od 11. avgusta pa do 10. septembra. To sicer ni moje področje, a povzemam kolege, ki se s tem ukvarjajo in pravijo, da tako visokih temperatur na dnu morja že dolgo niso zabeležili. Po drugi strani pa smo lahko videli, da je bilo na vrhuncu poletja manj množičnega pojavljanja želatinoznega zooplanktona oziroma meduz in rebrač. V morju so se rebrače začele množično pojavljati šele proti koncu avgusta, kar odstopa od preteklih let.

Ali vročinski udar lahko škodi tudi morskim organizmom?

Nekateri organizmi so manj občutljivi za spremembe temperature, nekateri pa zelo in lahko zaradi tega ali pa zaradi pomanjkanja kisika, ki je lahko posledica vročinskega vala, hitro odmrejo. Korale so denimo bolj občutljive kot kakšne meduze, za katere je značilno, da jih nihanja okoljskih parametrov v morju ne motijo pretirano. So zelo prilagodljive, tako da zanje celo pravijo, da bi lahko bile zmagovalke podnebnih sprememb. ■