

PROTEUS

november 2007, 3/70. letnik
cena v redni prodaji 3,50 EUR
naročniki 3,00 EUR
dijaki in študenti 2,25 EUR

www.prirodoslovje.si

■ *mesečnik za poljudno naravoslovje*

■
Zoologija

Okoljske in funkcionalno-
morfološke raziskave močerila
(*Proteus anguinus*)

■
Geologija

Sledi ledenih dob – fosilni savski kanjon

■
Zgodovina naravoslovja

Po sledih slavnega botanika:
Carolus Linnaeus (1707-1778).
Ob tristoletnici Linnéjevega rojstva.

Okoljske in funkcionalno-morfološke raziskave močerila (*Proteus anguinus*)

Boris Bulog

Na Oddelku za biologijo Biotehniške fakultete v Ljubljani potekajo že več kot petintrideset let tudi okoljske in funkcionalno-morfološke raziskave naše endemične jamske dvoživke. Konec šestdesetih let je bil pod vodstvom prof. dr. Lili Istenič zasnovan znanstvenoraziskovalni program z raziskavami prilagoditve močerila na mejne življenjske razmere. V sedemdesetih in predvsem v osemdesetih letih pa smo v raziskovalni skupini začeli spremljati kopičenje in razporeditev težkih kovin in drugih onesnažil ter raziskovati funkcionalne in morfološke značilnosti čutilnih organov in metabolne procese močerila. Vodja teh raziskav, ki se izvajajo v okviru raziskovalne skupine za funkcionalno-morfološke raziskave vretenčarjev, je zadnjih dvajset let prof. dr. Boris Bulog.



Edino dostopno nahajališče črnega močerila v Jelševniku pri Črnomlju. V Zupančičevi hiši je stalna predstavitev črnega močerila. Foto: Boris Bulog.

Okoljske raziskave

Sprva smo preučevali prilagoditev močerila na svojevrstno podzemsko vodno okolje. Leta 1969, v času izredno nizkega vodostaja v Planinski jami, smo v Putickovem jezeru Planinske jame izmerili 80-odstotno pomanjkanje kisika (tudi do 1 mg O₂/l) na celotnem vertikalnem profilu jezera. Kasnejše meritve v tem jezeru so potrdile redno pomanjkanje kisika. Podobne razmere smo v novejšem času spremljali tudi na nahajališču črnega močerila v Jelševniku pri Črnomlju, kjer se je v poletnih mesecih koncentracija kisika v naravnem bruhalniku v času nizkih vodostajev znižala celo pod 1 mg O₂/l. V zvezi s temi ugotovitvami nas je seveda zanimala



Raziskovalni bruhalnik v Jelševniku, kjer spremljamo kakovost vode in usedlin ter ob zatemiitvi snemamo črnega močerila. Foto: Mirta Balg.

odvisnost človeške ribice od vsebnosti kisika v vodi. Močeril diha s škrgami in tudi s kožo, če pa je vsebnost kisika v vodi nizka, se poveča dihalna vloga pljuč. Vloga pljučnega dihanja v vodi z normalno vsebnostjo kisika pri 10 stopinjah Celzija je razmeroma majhna, saj prispeva manj kot 5 odstotkov celotne preskrbe s kisikom. Ugotovili smo, da v primeru pomanjkanja kisika v vodi pogosteje plavajo na površino po zrak. Kritična točka za močerila pri temperaturi vode 10 stopinj Celzija je pri koncentraciji 2,9 mg O₂/l, ko se najhitreje spremeni frekvenca vdihov in poveča hitrost dihalnih gibov. In kdaj je voda dovolj nasičena s kisikom, da močerilu ni treba dihati tudi s pljuči? Ugotovili smo, da je to pri 64-odstotni nasičenosti vode s kisikom in višji. Ko se močeril občasno zadržuje na kopenskih delih jamskega življenjskega prostora, verjetno za izmenjavo dihalnih plinov v precejšnji meri uporablja tudi kožo. Na filmskih posnetkih smo lahko opazovali, da se močeril, kadar ostane »odrezan« od glavnega vodnega bivališča v izoliranem vodnem bazenu, giblje tudi po kopenskih delih jame. To mu omogočajo visoka zračna vlažnost in mokre površine kopenskih delov. Terenske in laboratorijske raziskave so torej pokazale, da je močeril odporen proti pomanjkanju kisika v vodi in lahko živi tudi v vodi, ki

vsebuje manj kot 1 mg O₂/l. V naravnem okolju v Putickovem jezeru v Planinski jami in v naravnem bruhalniku Jelševniščiĉe, na nahajališču črne podvrste v Jelševniku, smo večkrat lahko opazovali belega oziroma črnega moĉerila, ki sta se zadrževala v vodi pri tako nizkih koncentracijah kisika. Odpornost človeške ribice proti nizkim koncentracijam kisika v vodi kaŝe na nizko porabo energije, kar pripisujemo tudi drugim jamskim ŝivalim, in na izredno prilagojenost te neoteniĉne jamske dvoŝivke na specifiĉne razmere v njenem okolju. Površinske dvoŝivke, kot je neoteniĉni pupek *Triturus alpestris*, porabijo pri enakih temperaturah od dva- do petkrat več kisika kot moĉeril.

Glejte tabele I, II, III.

V okviru raziskav naŝe skupine ŝe več kot dvajset let preuĉujemo tudi kopiĉenje mikroelementov, vkljuĉno s teŝkimi kovinami, v naravnem okolju in tkivih moĉerila. Vodni viri na kraškem obmoĉju so izredno občutljivi za vse vrste onesnaŝenja. Onesnaŝenost podzemnih kraških voda je povezana z izpiranjem ŝtevilnih odpadnih snovi, kot so na primer nakljuĉna izlitja razliĉnih tekoĉin na površini. S ponikalnicami lahko pritekajo v podzemno okolje strupene in nevarne snovi, med katere priŝtevamo tudi kovine, ki lahko s svojim kopiĉenjem ogrozijo obstoj občutljivih jamskih ŝivali. V sušnih obdobjih lahko površinski tokovi povsem presahnejo in ene izmed nevarnih posledic sušnosti so razmeroma blago razredĉenje odpadnih voda in poviŝane koncentracije ŝkodljivih snovi. Samoĉiŝĉevalni procesi v podzemskih vodah niso povsem jasni in so v večji meri tudi nepredvidljivi. Tako je poveĉana onesnaŝenost ŝivljenjskega prostora človeške ribice z nevarnimi in strupenimi organskimi snovmi ter kovinami zanjo lahko usodna. Človeška ribica ŝivi namreĉ več deset let, zato lahko morebitno dolgoletno kopiĉenje kovin in drugih onesnaŝil v tkivih resno ogrozi njen obstoj na posameznih nahajaliŝĉih.

V zadnjih okoljskih raziskavah smo merili vsebnost esencialnih (bistvenih) elementov, kot so baker (Cu), cink (Zn) in selen (Se), in nekaterih toksiĉnih elementov, kot sta arzen (As) in ŝivo srebro (Hg), v koŝi, miŝicah, jetrih in ledvicah človeških ribic iz Planinske jame, Kompoljske jame in Jelševnika. Predhodne raziskave kopiĉenja teŝkih kovin v okolju in tkivih človeške ribice iz Planinske jame so pokazale, da so najviŝje koncentracije bakra, cinka, selena, arzena in ŝivega srebra najdene v jetrih ŝivali, ki predstavljajo tarĉni organ za doloĉene kovine. Pri moĉerilu poleg ŝkrĝ in prebavnega trakta pomembno mesto privzema tudi koŝa.

Koncentracije cinka in arzena so bile viŝje v usedlinah rek Pivka in Rak, ki teĉeta skozi Planinsko jamo, kot v tkivih moĉerila, medtem ko so bile koncentracije ŝivega srebra v usedlinah

Literatura:

- Istenič, L., 1978: Pomanjkanje kisika v Putickovem jezeru Planinske jame – The oxygen deficit in Putick lake of Planinska jama. *Acta carol.*, 8: 331-352.
- Istenič, L., Bulog, B., 1984: Some evidence for the ampullary organs in the European cave salamander *Proteus anguinus* (Urodela, Amphibia). *Cell Tissue Res.*, 235: 393-402.
- Bulog, B., Mihajil, K., Jeran, Z., Taman, M. J., 2002: Trace element concentrations in the tissues of *Proteus anguinus* (Amphibia, Caudata) and the surrounding environment. *Water air soil pollut.*, vol. 126 (1-4): 147-163.
- Bulog, B., 1988: Tectorial structures on the inner ear sensory epithelia of *Proteus anguinus* (Amphibia, Caudata). *J. morph.* (1931), 201: 59-68.
- Bulog, B., 1989: Differentiation of the inner ear sensory epithelia of *Proteus anguinus* (Urodela, Amphibia). *J. morph.* (1931), 202: 325-338.
- Bulog, B., Schlegel, P., 2000: Functional morphology of the inner ear and underwater audiograms of *Proteus anguinus* (Amphibia, Urodela). *Pflügers Arch.*, 439 (3), suppl.: R165-R167.
- Schlegel, P., Bulog, B., 1997: Population-specific behavioral electrosensitivity of the European blind cave salamander, *Proteus anguinus*. *J. Physiol. (Paris)*, 91: 75-79.
- Schlegel, P. A., Briegleb, W., Bulog, B., Steinfartz, S., 2006: *Revue et nouvelles données sur la sensibilité à la lumière et orientation non-visuelle chez Proteus anguinus, Calotriton asper et Desmognathus ochropeus (Amphibiens urodèles hypogés)*. *Bulletin de la Société herpétologique de France*, vol. 118: 1-31.

približno štirikrat manjše kot v tkivih. Pigmentirana podvrsta proteusa iz Jelševnika je imela precej povisane vrednosti arzena v koži ter cinka in arzena v jetrih. Razlog za povisane koncentracije cinka in arzena pri črnem močerilu so bila odlagališča bližnje livarne, ki je kasneje to onesnaženo območje sanirala in se je stanje onesnaženosti bistveno izboljšalo.

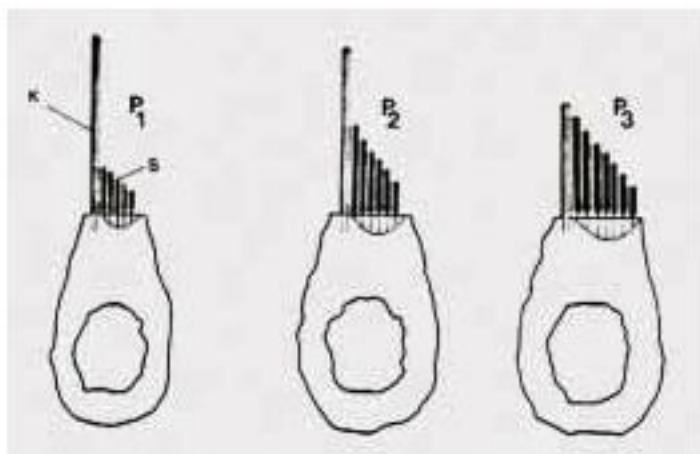
Glede na strategije privzema, porazdelitve in izločanja kovin lahko vodne organizme delimo na regulatorje, delne regulatorje in neregulatorje. Aktivni regulatorji so organizmi, ki vzdržujejo stabilne koncentracije kovin v tkivih na ta način, da jih izločajo v primerljivi količini, kot jih sprejemajo iz okolja. Delni regulatorji so organizmi, ki nadzirajo notranje koncentracije kovin s kombinacijo aktivne regulacije in kopičenja v tkivih. Neregulatorji pa so organizmi, ki v tkivih shranjujejo velike količine biotsko nedostopnih kovin v nestrupeni obliki. Zajete so lahko v cistah, granulah ali veziklih, ki jih najdemo v celicah ali zunaj njih, večinoma v organih, povezanih s prebavnim traktom, kjer se potem najlažje tudi izločijo.

Glede na dosedanje rezultate analiz vsebnosti kovin v tkivih človeške ribice lahko predvidevamo, da je ta jamska dvoživka verjetno lahko do neke mere regulator.

V sodelovanju z raziskovalci Odseka za znanosti o okolju Instituta Jožef Stefan smo koncentracije kovin arzena, kadmija, bakra, živega srebra, antimona, selena in cinka v tkivih določali z radiokemijsko nevtronsko aktivacijsko analizo, koncentracije kovin v vodi smo določali s plamensko atomsko absorpcijsko spektrometrijo (FAAS), koncentracije živega srebra pa z atomsko absorpcijsko spektrometrijo hladnih par, v usedlinah pa z nerazkrojno nevtronsko aktivacijsko analizo.

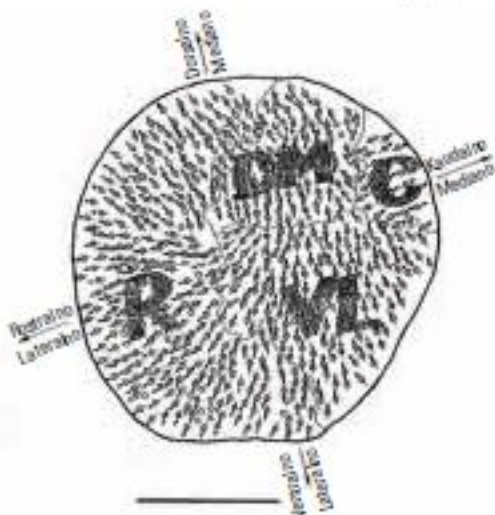
Rezultati dosedanjih analiz so pokazali, da vode niso onesnažene s kovinami. V usedlinah se kovine sicer kopičijo, vendar pa njihove vsebnosti niso tako visoke, da bi lahko govorili o resnejšem onesnaženju.

Med najhujšimi kemijskimi onesnažili so klorirani ogljikovodiki, pesticidi, poliklorirani bifenili (PCB) in kovine, kot so živo srebro, kadmij in arzen. Poliklorirani bifenili so mešanica več izomerov sintetičnih snovi, ki se v Evropi in Ameriki ne proizvajajo več, so pa še vedno nakopičene v okolju. V dolgem obdobju od leta 1962 do 1984 je tovarna kondenzatorjev v Semiču s polikloriranimi bifenili onesnaževala razmeroma veliko kraško območje izvira reke Krupe z okolico. V reki Krupi in okolici je zelo bogato tudi endemično vodno in obvodno živalstvo in rastlinstvo. V podzemnem delu izvira Krupe živi tudi človeška ribica, ki je bila od začetka odlaganja odpadkov polikloriranih bifenilov zaradi dolgoživosti več desetletij skrajno izpostavljena visokim koncentracijam obstojnih polikloriranih bifenilov, ki so se nakopičili v usedlinah. Zato bomo pri-



*Slika 1: Topologija čutilnih celic v posameznih čutilnih epitelijskih notranjega ušesa pri nepigmentirani podvrsti *Proteus anguinus anguinus*. (K – kinocilija; S – stereocilije). Merilo – 5 μ m.*

*Slika 2: Kompleksna funkcionalno-morfološka orientacija čutilnih celic v sakularni makuli notranjega ušesa pri nepigmentirani podvrsti *Proteus anguinus anguinus*. Prikarana je le orientiranost posameznih čutilnih celic, ki sicer na gosto prekrivajo celotni čutilni epitel. Merilo – 100 μ m.*



hodnje raziskave usmerili tudi v ohranjanje in zaščito te izredno občutljive jamske dvoživke v posameznih območjih belokranjskega plitvega krasa. S poznavanjem vplivov nevarnih onesnažil – polikloriranih bifenilov – na človeško ribico bomo v prihodnje lahko bolj učinkovito ohranjali in varovali to dragoceno vrsto v podzemnih kraskih vodnih sistemih. V ta namen bomo spremljali kopičenje poli-

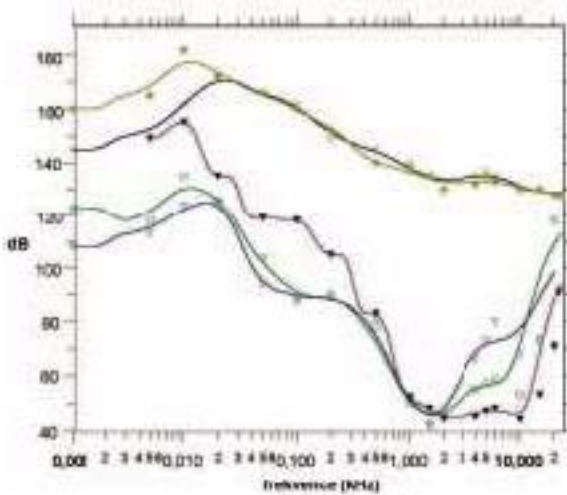
kloriranih bifenilov v usedlinah izvira reke Krupe na tistih mestih, kjer se pojavlja močeril. S toksikološkimi preiskavami bomo ugotavljali posledice dolgoletnega vpliva polikloriranih bifenilov na našo endemično jamsko dvoživko, saj s svojo dolgoživostjo, dolgotrajnim kopičenjem in morebitnim biološkim preoblikovanjem polikloriranih bifenilov predstavlja neke vrste zgodovinski zapis onesnaževanja v preteklih desetletjih.

Človeška ribica je tako v svojem podzemeljskem vodnem okolju poleg pomanjkanju hrane lahko izpostavljena različnim patogenim mikrobov in občasni obremenjenosti voda z onesnaževali, med katere prištevamo tudi težke kovine. Glede na omenjeno dejstvo je prisotnost celičnih mehanizmov, ki imajo pomembno vlogo pri transportu in homeostazi esencialnih kovin (bakra, cinka), razstrupljanju onesnaževalskih kovin (živega srebra, kadmija) in vezavi prostih radikalov, bistvenega pomena za njen obstoj. Takšno vlogo imajo tudi metalo-

tionieini, ki smo jih preučevali pri močerilu in njegovih sorodnikih. Metalotioneini so nizkomolekularne, toplotno obstojne, vodotopne celične beljakovine v tkivih sesalcev, ptičev, dvoživk, rib in tudi nevretenčarjev. Najpogosteje se nahajajo v parenhimalnih tkivih, zlasti v jetrih in ledvicah, izolirali pa so jih tudi iz drugih organov.

Funkcionalno-morfološke raziskave

Vprašanje čutilne sposobnosti močerila je usmerilo del preučevanj naše skupine v raziskavo čutilnih organov, pri katerih je bilo pričakovati ustrezne dražljaje v njegovem podzemnem vodnem bivališču. Nedavno odkriti geomagnetni čut pri močerilu (zaznavanje in orientacija po zemeljskem magnetnem polju) še dopolnjuje speci-



Slika 3: Podvodni avdiogrami nepigmentiranega močerila *Proteus anguinus anguinus* (pravi kvadrati in trikotniki) in črne podvrste *Proteus anguinus parkelj* (polni trikotniki).

Glejte tabelo IV.

fično izoblikovana čutila pri tej jamski dvoživki, kot sta notranje uho in pobočnica.

Pozornost je bila kasneje namenjena tudi preučevanju pokrnelih oči, predvsem njihovi podrobni zgradbi in citokemijski analizi vidnih pigmentov v čutilnih celicah mrežnice očesa in pinealnega organa.

Oktavo-lateralni sistem, ki vključuje tako bočno linijo z nevromasti in ampularnimi organi kot tudi notranje uho, predstavlja pri močerilu zmogljiv mehano- in elektroreceptorni čutilni kompleks. Prav gotovo ima ta čutilni sistem lahko pomembno

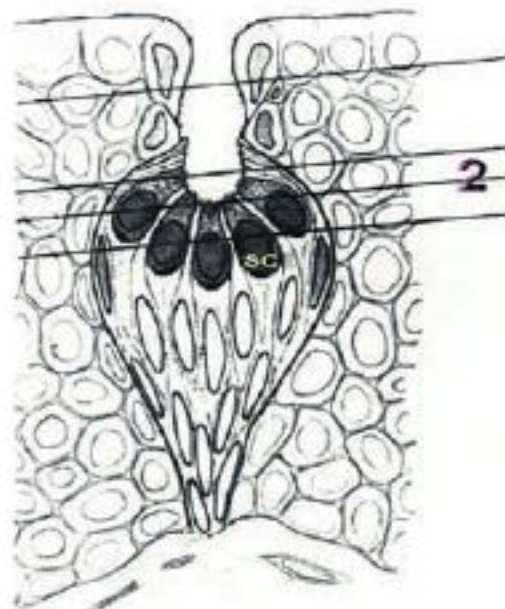
vlogo pri orientaciji in iskanju plena.

Elektronsko-mikroskopska analiza oktavolateralnega čutilnega sistema je omogočila tudi funkcionalno-morfološke raziskave njegovih posameznih delov. S pomočjo vrstične elektronske mikroskopije (SEM) in presečne elektronske mikroskopije (TEM) smo analizirali posamezne morfogenetske razvojne stopnje pri nastajanju novih čutilnih celic. Ugotovili smo, da v življenju močerila stalno nastajajo nove čutilne celice v notranjem ušesu in se stalno pojavljajo tudi določene funkcionalno-morfološke spremembe (slika 1). Na podlagi pestre zgradbe ciliarnih delov čutilnih celic lahko predvidevamo tonotopično organiziranost, kar pomeni sposobnost sekundarnih čutilnih celic v notranjem ušesu, da delujejo kot mehanski filtri z različno uglašenoostjo na podlagi različne dolžine in togosti ciliarnih delov.

Ugotovljena je bila tudi zapletena orientacija čutilnih celic v enem od čutilnih epitelov notranjega ušesa, in sicer v sakularni makuli (slika 2).

Na podlagi mnogo bolj zapletene funkcionalno-morfološke orientiranosti čutilnih celic močerila v primerjavi z drugimi repatimi dvoživkami lahko predvidevamo, da ima notranje uho pomembno vlogo pri zaznavanju virov zvočnega valovanja. Močeril bi lahko v svojem okolju zaznal mnoge vire zvočnega valovanja, ki nastanejo ob pretakanju vode skozi množico razpok in kanalov, ter se po njih orientiral. Predvsem ob nenadnem dvigu podtalnice zaradi večje količine padavin bi bilo to zanj življenjskega pomena, saj bi se lahko pravočasno umaknil v globlje predele, kjer je manjša verjetnost, da ga močni vodni tokovi izvržejo na površino.

O slušnih sposobnostih repatih dvoživk vemo zelo malo. Repate dvoživke namreč nimajo votline srednjega ušesa in

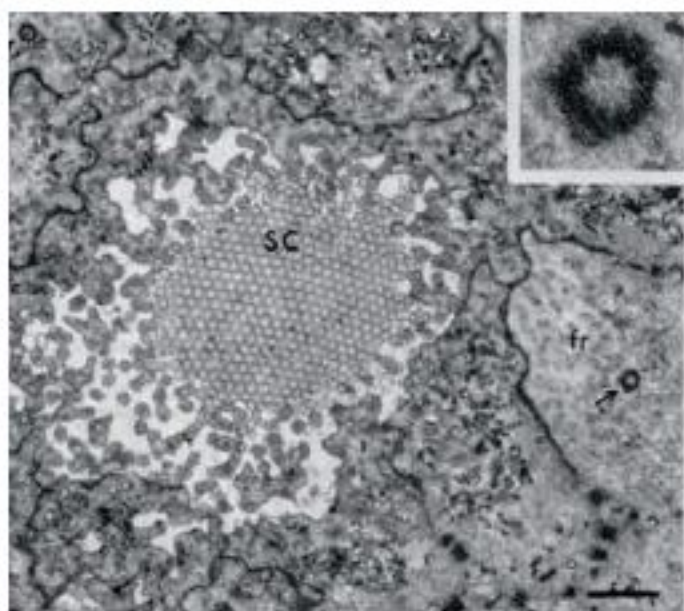


Slika 4: Shema ampularnega organa pri močerilu v vrbnici kože na glavi, z označenimi ravninami prečnega prereza.
SC – čutilne celice.

bobniča (slika 6). Raziskave pri nekaterih drugih dvoživkah so pokazale, da lahko ustna votlina in verjetno tudi pljuča, napolnjena z zrakom, pod vodo služijo kot pretvorniki zvočnega tlaka. Pri močerilu smo ugotovili tesno anatomsko povezavo med stropom ustne votline in ovalnim oknom. Na ta način bi se lahko zvočno valovanje iz vodnega okolja prenašalo skozi obsežno ustno-žrelno votlino, napolnjeno z zrakom, s povišano amplitudo do notranjega ušesa.

Z novjšimi eksperimentalnimi vedenjskimi raziskavami pa smo v sodelovanju z nemškimi znanstveniki dokazali izredne slušne sposobnosti tako nepigmentiranega močerila kot njegovega pigmentiranega sorodnika. Na ta način izdelani avdiogram kaže na občutljivost notranjega ušesa močerila za zvočna valovanja med 10 Hz in več kot 10.000 Hz (slika 3).

Čutilni sistem pobočnice vsebuje mehanoreceptorne nevromaste na glavi in bočnem delu trupa in repa ter elektromotorne ampularne organe (slika 6). Pozorni smo postali na specifične čutilne organe na glavi močerila, za katere smo lahko potrdili, da niso mehanoreceptorni nevromasti, ampak ampularni organi (sliki 4, 5).



Slika 5: Prečni prerez skozi ampularni organ v ravnini 2 na sliki 4 z značilnim heksagonalnim razporedom mikrovilarnega receptorne dela čutilne celice (SC). Bazalna telesa (↑) so razporejena v pasameznih čutilnih celicah. Eno od bazalnih teles je povečano prikazano v posebnem izseku slike.
Merilo = 1 µm.



Slika 6: Črna podvrsta močerila *Proteus anguinus* Parkelj z značilno pajkčasto razporejenimi skupinami nevromastov in z vmesnimi odprtini ampularnih organov na sprednjem delu glave pred razmeroma dobro razvitimi očmi. Ušesni bobnič, ki ga imajo žabe in sorodniki dobro razvijeno na obeh straneh glave za očesno regijo, ni razvit pri močerilu in drugih repatih divjačkah. Kljub temu močeril izjemno dobro zaznava široko paleto zvočnih valovanj. Foto: Matjaž Vrežina.

Celotni žlaček s tabelami koncentracij težkih kovin v naravnem okolju in tkivih močerila bo objavljen tudi na spletni strani Proteusa.

Ampularni organi zaznavajo šibka električna polja živalskega in neživalskega izvora v okolju in posredujejo živali podatke za orientacijo in sporazumevanje ter močerilu omogočajo zaznavanje plena v temnem jamskem vodnem okolju.

V potrditev domneve, da gre za elektroreptorne organe, so kasnejše vedenjske raziskave v sodelovanju z nemškimi raziskovalci potrdile, da močeril zaznava direktna tokovna polja in njihovo polarnost. Reagira na tokovno gostoto 100 nA/cm^2 . Najnižji prag občutljivosti njegovih ampularnih organov pa znaša $0,3 \text{ mV/cm}$ pri frekvencah približno 30 Hz .

Naša skupina preučuje še upočasneni metabolizem močerila, ukvarja pa se tudi z biokemijsko raziskavo procesov izjemno varčne izrabe njegovih energetske rezerv. Uvajamo tudi uporabo sodobnih metod za določanje starosti vretenčarjev, s katerimi bomo lahko na neinvaziven način določali starost posameznih osebkov močerila, kar je pri njegovi poznani dolgoživosti (do 70 let) lahko velik izziv pri preučevanju starostne strukture populacij. Nekatere od teh sodobnih metod za določanje starosti so lahko zelo uporabne tudi v forenzičnih znanostih.

Tabela I
Koncentracija kovin v vodi iz reke Pivka v Planinski jami in Kompoljski jami ter izvrtov
Na Trati 1 in Na Trati 2 v Jelševniku. n: število vzorcev, x: srednja vrednost, R: razpon.

Kovina	Planinska jama- Pivka			Kompoljska jama			Jelševnik - Na Trati 1			Jelševnik - Na Trati 2		
	n	X	R	n	X	R	n	X	R	n	X	R
Zn ($\mu\text{g l}^{-1}$)	4	-	<5.0	10	-	<5.0	12	-	<5.0-5.6	12	-	<5.0-14.6
Cu ($\mu\text{g l}^{-1}$)	4	-	<0.5-3.6	10	-	<0.5-17.2	12	-	<0.5-2.6	12	-	<0.5-9.8
Hg (ng l^{-1})	1	3.17	-	5	2.29	(0.36-5.96)	6	1.54	(0.29-5.05)	5	0.55	(0.08-0.72)
As ($\mu\text{g l}^{-1}$)	2	0.51	(0.25-0.76)	5	0.28	(0.15-0.42)	6	-	<0.01-1.20	6	-	<0.01-1.00

Tabela II
Koncentracija kovin v usedlinah iz reke Pivka v Planinski jami, v Kompoljski jami
in izvrtu Jezero v Jelševniku. n: število vzorcev, x: srednja vrednost, R: razpon, * RNAA.

Kovina	Planinska jama- Pivka			Kompoljska jama			Jelševnik - Jezero		
	n	X	R	n	X	R	n	X	R
Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$)	5	116.9	(92.6-140.0)	10	93.0	(39.3-287.0)	8	113.4	(78.2-136.0)
Cu ($\mu\text{g g}^{-1}$)	5	-	<20	10	-	<20	8	-	<20
Hg ($\mu\text{g g}^{-1}$)*	2	0.095	(0.090-0.100)	2	0.145	(0.140-0.150)	1	0.128	-
As ($\mu\text{g g}^{-1}$)	5	8.41	(6.85-12.30)	10	10.84	(6.62-19.60)	8	19.61	(10.90-24.30)
Se ($\mu\text{g g}^{-1}$)	5	-	<1.0	10	-	<1.0	8	-	<1.0

Tabela III

Koncentracija kovin ($\mu\text{g g}^{-1}$ mokre teže) v jetrih, mišicah, ledvicah in koži močerila iz reke Ptovka v Plantovski jami (P1-P5), Kopoljski jami (K1-K3) in v izvru Na Trati 2 v Jelševniku (J1-J2) ter njihove srednje vrednosti (\bar{x}).

	Jetra					Mišice					Ledvice					Koža				
	As	Cu	Zn	Hg	Se	As	Cu	Zn	Hg	Se	As	Cu	Zn	Hg	Se	As	Cu	Zn	Hg	Se
P 1	0.79	12.42	13.30	0.72	10.83	0.17	0.10	3.90	0.39	0.32	-	0.50	12.30	0.09	1.41	2.65	0.15	9.00	0.13	0.82
P 2	0.17	3.45	8.29	0.96	6.96	0.03	0.16	5.67	0.17	0.43	0.19	-	-	-	-	0.24	0.23	12.70	0.05	1.76
P 3	0.17	16.10	0.22	0.44	4.95	0.12	0.12	0.21	0.33	0.62	0.02	0.35	1.02	-	-	0.11	0.22	1.26	0.04	0.63
P 4	0.51	2.35	3.80	-	-	0.08	0.06	2.30	-	-	0.79	0.40	2.60	-	-	0.20	0.16	17.80	-	-
P 5	0.02	-	-	0.90	9.04	0.06	-	-	0.41	0.52	0.02	-	-	0.12	1.93	0.14	-	-	0.11	1.01
x	0.33	8.61	6.40	0.63	7.95	0.09	0.11	3.02	0.33	0.47	0.26	0.42	5.31	0.11	1.67	0.67	0.19	10.19	0.08	1.10
K 1	0.16	4.27	5.78	1.11	4.96	1.01	0.13	6.70	0.29	0.17	-	0.43	7.84	0.27	0.77	0.07	0.15	4.42	0.13	0.85
K 2	0.23	1.42	10.10	0.24	4.65	0.67	0.10	3.80	0.11	0.33	-	0.48	13.40	0.16	1.76	0.50	0.11	9.12	0.03	0.85
K 3	1.15	1.25	8.80	0.29	3.48	0.07	0.03	3.57	0.34	0.71	0.02	0.34	7.27	-	-	0.13	0.12	8.78	0.07	0.65
x	0.51	2.31	8.23	0.55	4.36	0.58	0.09	4.69	0.25	0.40	0.02	0.42	9.50	0.22	1.27	0.23	0.13	7.44	0.08	0.78
J 1	0.47	2.20	46.30	0.30	3.75	1.51	0.10	2.73	0.24	0.17	-	0.68	7.91	0.12	0.65	14.90	0.12	15.80	0.08	0.24
J 2	0.03	0.77	52.04	-	-	0.08	0.46	8.35	-	-	0.01	0.34	9.23	-	-	0.11	0.25	43.95	-	-
x	0.25	1.49	49.17	0.30	3.75	0.80	0.28	5.54	0.24	0.17	0.01	0.51	8.75	0.12	0.65	7.51	0.19	29.78	0.08	0.24

Tabela IV

Tipologija čutilnih celic v sakularni makuli notranjega ušesa manjšega* in večjega** osebkov močerila.

	Tipi čutilnih celic	Kinocilija	Stereocilije
		\bar{x} (μm) SEx	\bar{x} (μm) SEx
Sakularna * makula	P1	7.67 \pm 0.18 (n=6)	1.76 \pm 0.02 (n=6)
	P2	7.36 \pm 0.48 (n=3)	3.17 \pm 0.19 (n=3)
	P3	4.17 \pm 0.08 (n=6)	3.21 \pm 0.09 (n=6)
Sakularna ** makula	P1	8.10 \pm 0.26 (n=17)	2.40 \pm 0.10 (n=17)
	P2	7.80 \pm 0.23 (n=16)	4.30 \pm 0.15 (n=16)
	P3	5.33 \pm 0.07 (n=42)	4.35 \pm 0.08 (n=42)