

Razvoj zoofiziologije na Biološkem oddelku Biotehniške fakultete in Inštitutu za biologijo do leta 1987 – osebni pogled

History of animal physiology at the Department of Biology and Institute
of Biology, Ljubljana – a personal view

Matija GOGALA

Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Novi trg 3, 1000 Ljubljana
E-Mail: matija.gogala@guest.arnes.si

Izvleček: V tem pregledu podajam svoj osebni pogled na začetke in razvoj zoofiziološkega laboratorija na Univerzi v Ljubljani do mojega odhoda s fakultete toda s projekcijami v sedanji čas. Za popolnejšo zgodovino laboratorija bi bil potreben dolgotrajnejši študij dokumentacije in arhivov Univerze v Ljubljani, Biološkega oddelka BF, Biotehniške fakultete in Inštituta za biologijo.

Ključne besede: zoofisiologija, fiziologija živali, Biološki oddelek BF, Inštitut za biologijo, Univerza v Ljubljani

Abstract: This is a personal view to the development of the zoophysiology laboratory at the Biology department of Biotechnical faculty of the University of Ljubljana and the National Institute of Biology. This review mainly covers 27 years of my life in this institution with projections to the present state. For a comprehensive history one should thoroughly study documents in the archives of institutions, mentioned above.

Keywords: zoophysiology, animal physiology, Department of Biology BF, Institute of Biology, University of Ljubljana

Začetki

Fiziologija živali na ljubljanski univerzi ni imela srečnega začetka. Kmalu po ustanovitvi Univerze v Ljubljani so člani Filozofske fakultete leta 1921 izvolili za profesorja zoofiziologije priznane slovenskega znanstvenika **Ivana Regna** (*1868, †1947) (sl. 1), ki je živel in delal na Dunaju in se je ukvarjal z bioakustiko žuželk, predvsem murnov in kobilic (GOGALA 2008). Vendar Regen kljub temu in kljub želji, da se vrne v domovino, tega mesta nikdar ni zasedel. Že pri volitvah ni šlo brez očitkov, da je Regen neki svoj članek po izidu popravljal, toda prof. Regen je dokazal, da ni naredil ničesar nečastnega. Iz njegovih zapiskov

pa je jasno, da je nekdo (Slovenec A. G.!) že po tej izvolitvi kandidata očrnil v Beogradu in to je bil verjetno glavni razlog, da Regen, izredno natančen in občutljiv človek, ni želel več priti v Ljubljano, kjer bi tako ali tako imel bistveno slabše razmere za raziskovalno delo kot na Dunaju.

Na Dunaju je pred 1. Svetovno vojno deloval tudi **Franc Megušar** (*1876, †1916), biolog zoofiziolog, ki se je ukvarjal z razvojem žuželk, spremenjanjem barv pri žuželkah, rakih in ribah ter z ekologijo jamskih živali. Objavil je okoli 20 znanstvenih del. Od leta 1904 do 1913 je bil asistent na Dunajski univerzi, kjer je delal v vivariju, leta 1915 je dobil mesto na Kmetijski poskusni postaji v Gorici, njegovo kariero pa je



Slika 1: Prof. dr. Ivan Regen, nesojeni prvi profesor fiziologije živali na ljubljanski univerzi. Fotografija je verjetno nastala na Dunaju okoli leta 1910 (Knjižnica SAZU).

Fig. 1: Prof. Dr. Ivan Regen, first elected professor of animal physiology at Ljubljana University never took this chair. Photography has been probably done in Vienna around 1910 (SASA Library).

prekinila zgodnja smrt na fronti v 1. Svetovni vojni. Več o njem lahko beremo v Slovenskem biografskem leksikonu (SBL 1925–1991) oziroma na spletnem naslovu: <http://nl.ijs.si:8080/fedora/get/sbl:sbl/VIEW/>.

Zato je »občo« fiziologijo in primerjalno fiziologijo živali od leta 1927 do konca petdesetih let po drugi svetovni vojni predaval prof. dr. **Albin Seliskar** (*1896, †1973) (sl. 2), po raziskovalni usmeritvi nedvomno zoofiziolog, ki pa je imel svoje stalno mesto na Medicinski fakulteti. Ukvajal se je z biologijo jamskih živali, eno od njegovih prvih del pa je na primer opis dišavnih (feromonskih) organov pri jamskih kobilicah (SELIŠKAR 1923). Svoje morda najpomembnejše delo pa je objavil skupaj z A. O. Župančičem o sinaptičnem prenosu vzbujanja na živčno-mišičnem preparatu (SELIŠKAR & ŽUPANČIČ 1947). Več o njem lahko preberete v spominih hčerke



Slika 2: Prof. dr. Albin Seliskar, fotografija iz leta 1965, ko je še predaval fiziologijo živali za študente biologije.

Fig. 2: Prof. dr. Albin Seliskar, photography from the year 1965, when he still lectured for the students of biology at the Ljubljana University.

Mojce Seliskar (1996) in v Zgodovinskem zborniku Medicinske fakultete (URLEP & al. 2003: 187–206 in 239–240). Okoli leta 1927 je s sodelavci iz Društva za raziskovanje jam uredil prvi jamski laboratorij v Podpeški jami. Po 2. svetovni vojni je organiziral jamski laboratorij v Postojnski jami in se posebej posvetil raziskavam človeške ribice. Na žalost pa o tem ni veliko objavil. Prof. Seliskar je bil zelo široko izobražen in je bil v času mojega študija biologije pri kolegih starejših letnikov na dobrem glasu kot organizator odličnih ekskurzij, kjer je študentom biologije odkrival raznolikost habitatov bivše skupne domovine in raznovrstnost živega sveta v njih. Na žalost pa se mu je na eni izmed teh ekskurzij nekaj zamerilo in ga naša generacija ni mogla več prepričati, da bi tudi nas in naslednje letnike študentov vodil na kakšno podobno pot.

Na Biološkem oddelku je proti koncu petdesetih let sicer poskušal vzpostaviti zoofiziološki laboratorij dr. **Dušan Lušicky** (*1918, †1999?), asistent pri prof. dr. Jovanu Hadžiju v letih

1947–57. Imel je težave, tudi zdravstvene, in je Univerzo v letu 1957 zapustil. Iz tistega časa je ostalo nekaj raziskovalne opreme, predvsem preprost elektronski stimulator in kimograf za registracijo počasnih pojavov.

Lilijana Istenič (*12. 4. 1931) je doktorirala z ekofiziološko temo meritev porabe kisika pri vrbcnicah (Plecoptera). Po njeni zaslugi je Oddelek nabavil Warburgov aparat za take meritve in smo ga kasneje uporabljali tudi v zoofiziološkem laboratoriju. V skladu s svojim delovnim mestom profesorce za primerjalno fiziologijo vretenčarjev se je v naslednjih letih usmerila v raziskave funkcionalne morfologije, še posebej v mehanizem plavanja hrustančic in v študij močerila (*Proteus anguinus*), njegovih ampularnih organov, okušalnih brstičev in barvil.

Michielijevo obdobje

Naslednji biolog, ki je končno v letu 1961/62 tudi na Biološkem oddelku organiziral zoofiziološki laboratorij, je bil dr. **Štefan Sušec-Michieli** (1933–1968) (sl. 3). Bil je entomolog – lepidopterolog in široko izobražen biolog z veliko energije in z odličnimi organizacijskimi sposobnostmi. Promoviral je leta 1959, bil leta 1960 imenovan za docenta in leta 1965 za izrednega profesorja za primerjalno fiziologijo živali z osnovami fiziologije človeka na Biološkem oddelku BF. Dodatno se je izobraževal v Nemčiji, v Tübingenu in Münchnu pri priznanih profesorjih Petru Möhresu in Hansjochemu Autrumu kot štipendist organizacije UNESCO. Doma je želel uvesti moderno zoofiziologijo z metodami tedaj novega področja elektrofiziologije, eksperimentalne etologije in kromatografije. Prednost prof. Michielija je bilo odlično poznavanje poskusnih živali, predvsem žuželk in sposobnost zastaviti poskuse tudi v izredno skromnih razmerah tako, da so rezultate s spoštovanjem sprejemali tudi tuji strokovnjaki. Tako za eksperimentalno delo na svoji disertaciji z naslovom Analiza skototaktičnih reakcij pri artropodih (MICHELI 1959) poleg poskusnih živali ni potreboval mnogo več kot nekaj kartona, papirja, vodene barvice ter seveda poskusne živali. Uvedel je pojem perigramotaksis, razčistil pojem skototaksije, ugotavljal sposobnost barvnega gledanja pri različnih artropodih, ostrino vida



Slika 3: Prof. dr. Štefan Sušec-Michieli, ustanovitelj zoofiziološkega laboratorija Oddelka za biologijo Biotehniške fakultete in Inštituta za biologijo (sedaj NIB). Portret je delo pokojnega slikarja Florisa Obláka, ki je prof. Michielija poznal in je v tistih letih učil biološko risanje študente biologije.

Fig. 3: Prof. dr. Štefan Sušec-Michieli, founder of the zoophysiology lab at the Department of Biology, Biotechnical faculty and at the Institute of Biology (now National Institute of Biology). Portrait is a work of the late painter Floris Oblák (1969), who taught at that time drawing for biologists.

in še marsikaj drugega. Skupaj z dr. Miranom Vardjanom sta ustanovila katedro za zoo- in fitofiziologijo na Biološkem oddelku Naravoslovne in po vrsti reorganizacij Biotehniške fakultete. Prof. Micheli je v skladu s takratno dvotirno organizacijo ustanovil tudi zoofiziološki laboratorij Inštituta za biologijo Univerze v Ljubljani. Pravzaprav pa nam je bilo takrat vseeno, ali je kdo dobil mesto na inštitutu ali oddelku, delal je v istem zoofiziološkem laboratoriju. Do ločitve obeh inštitucij oziroma osamosvojitve Inštituta za

biologijo je prišlo šele proti koncu sedemdesetih let prejšnjega stoletja.

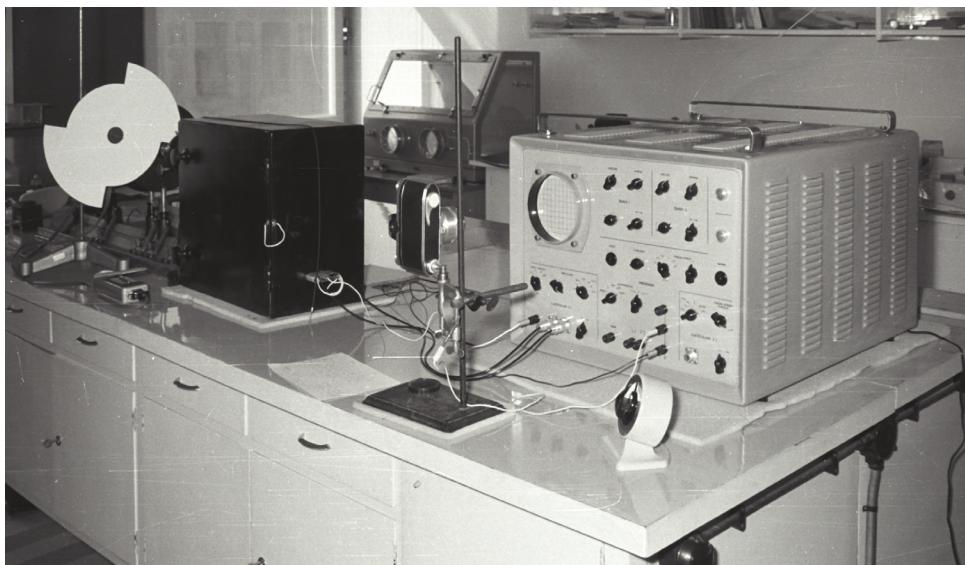
Področja raziskovanja so bila v začetku predvsem barve in menjavanje barv pri žuželkah, fotorecepцијa žuželk in njihova optična orientacija v prostoru. Za uvedbo elektrofizioloških metod je bilo takrat zelo težko nabaviti primerno opremo v tujini, zato se je prof. Michieli dogovoril s strokovnjaki na Fakulteti za elektrotehniko za razvoj prototipnega osciloskopa (sl. 4), katerega glavni konstruktor je bil dr. Lojze Vodovnik. Ta aparat nam je še dolga leta koristno služil, dopolnili pa smo ga še z dodatnimi predajačevalniki, delo dr. Lojzeta Kralja iz istega laboratorija in z drugo opremo. Sicer pa smo se takrat moralni znajti. Za vaje smo si kimografe najprej priredili s kombinacijo gramofona, mopedove transmisije in kimografskega bobna. Sicer pa so bile bucike, slamice, papir, plastelin in podobne stvari takrat glavno gradivo v zoofiziološkem laboratoriju.

S Štefanom Michielijem sva se poznala že iz mojih dijaških in kasneje študentskih let zaradi obojestranskega zanimanja za žuželke. Hodil sem na entomološke sestanke, kjer sem pogosto srečeval tudi Štefana Michielija in nekajkrat sva

šla tudi skupaj na entomološke izlete. Po diplomi (1959) pred odhodom k vojakom sem bil pol leta pri njemu volunter v Biološkem inštitutu Slovenske akademije znanosti in umetnosti, kjer sem med drugim delal prva opazovanja zvočne komunikacije pri stenicah s preprostimi napravami, kot je stetoskop in z redkimi gostovanji na Radiu Ljubljana, kjer so mi naredili prve magnetofonske zapise teh signalov.

Po diplomi na ljubljanski univerzi leta 1960 mi je prof. Božo Škerlj, antropolog, ponudil možnost izpopolnjevanja v ZDA za genetiko, saj ta pomembna veja biologije takrat na Biološkem oddelku še ni bila zasedena. Ponudba je bila mamljiva, po temeljitem premisleku in presoji argumentov za in proti pa sem se odločil, da ostanem pri drugi možnosti, delu na fiziologiji živali, kar mi je ponujal takratni docent in odlični mentor dr. Štefan Michieli.

Leta 1961 sem postal prvi asistent pri Štefanu Michieliju. Po moji izvolitvi sva skupaj raziskovala barve in prebarvanje žuželk, predvsem stenic, ki sem jih dobro poznal in tudi favnistično preučeval, in ravnokrilcev. Pri mnogih vrstah zeleno obarvanih stenic in drugih žuželk pride jeseni do



Slika 4: Prvi osciloskop zoofiziološkega laboratorija in dodatne aparature za stimulacijo oči in registracijo elektroretinogramov. Slika je nastala v letu 1963 ali 1964.

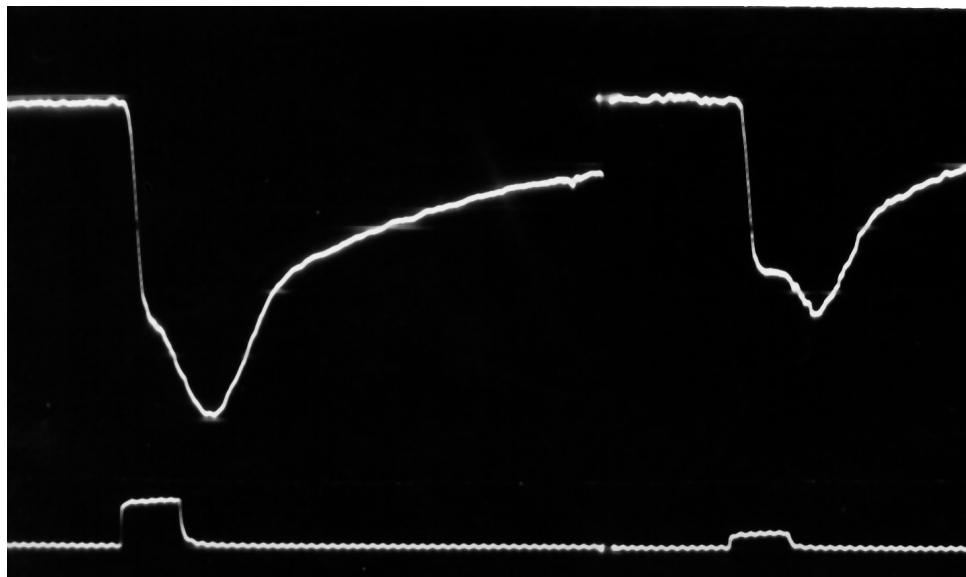
Fig. 4: First oscilloscope and additional equipment in the zoophysiology lab for electroretinography. Photography from the year 1963 or 1964.

sezonskega prebarvanja na rjavo ali rdečerjavo, kar je seveda primerna kriptična obarvanost. Zanimal nas je torej mehanizem tega prebarvanja in dejavniki, ki te procese sprožijo. Za ločevanje barvil smo uporabljali papirno kromatografijo (takrat »metodo revnih ljudi«), za študij okoljskih dejavnikov pa improvizirano klimatsko komoro. Ker boljše opreme takrat nismo premogli in tudi nismo uspeli pridobiti za sodelovanje kemika, pri teh raziskavah nismo bili posebej uspešni. Vsekakor pa smo uspeli pri vrsti *Nezara viridula* dokazati povezavo z zimsko diapavzo in svetlobne in temperaturne pogoje, ki sprožijo prebarvanje (GOGALA & MICHELI 1966).

Ukvarjali smo se tudi s konstrukcijo svetlobnih pasti za žuželke (MICHELI & GOGALA 1962), obenem pa smo pripravljali laboratorij za elektrofiziološke raziskave čutil. S skromno opremo, ki smo jo uspeli dobiti, ali jo je po naših nestrokovnih skicah izdelal mojster A. Debeljak na Oddelku za psihologijo Filozofske fakultete, sva v začetku šestdesetih let končno pričela z elektroretinografskimi meritvami občutljivosti

oči nevretenčarjev, predvsem žuželk. Iz tega je nastalo delo o monofazičnih in difazičnih retinogramih pri insektih (sl. 5) (GOGALA & MICHELI 1964), nato publikacija o stopitveni frekvenci žuželčih oči (MICHELI 1965) ter primerjalna študija spektralne občutljivosti žuželk (MICHELI 1966). V okviru svoje doktorske disertacije (1964) pa sem histološko in elektrofiziološko proučeval oči jamskih kobilic, predvsem vrste *Troglophilus neglectus* (GOGALA 1966). Naj omenim, da sem pri tem kot prvi biolog v Sloveniji uporabil pri delu na disertaciji računalnik Zuse Z-23, seveda z izdatno pomočjo bratranca matematika dr. Zvonimira Bohteta. Čeprav so bile računske operacije preproste, iskanje krivulje, ki bi se najlepše prilegala izmerjenim vrednostim amplitud ERG kot odgovor na različno intenzitetu svetlobe, je bil s tem za naš laboratorij storjen prvi pomemben korak v digitalno dobo.

V letu 1964 sem tudi jaz odšel na izpopolnjevanje v inozemstvo kot štipendist ustanove Aleksandra von Humboldta. Eno leto sem bival na Zoološkem inštitutu Univerze v Münchenu pri



Slika 5: Dva zaporedna posnetka elektroretinogramov jamske kobilice (*Troglophilus neglectus*). Spodnja sled je zapis svetlobnega dražljaja, zgornja sled pa prikaz ERG dveh dražljajev različne jakosti. Ti zapisi so bili narejeni z osciloskopom, prikazanim na sliki 4.

Fig. 5: Two successive ERGs of the cave cricket (*Troglophilus neglectus*). The lower trace represents the light stimulus and the upper trace the ERGs to two light stimuli of different intensity. The recording has been reproduced from the screen of the oscilloscope, shown in Fig. 4.

svetovno znanem zoofiziologu prof. dr. Hansjochemu Autrumu, ki se je s svojimi sodelavci vred ukvarjal s fiziologijo čutil. Tja sem prišel z lepo doto iz našega laboratorija, odkritjem specializiranih oči za ultravijolično svetlobo metuljčnice *Libelloides* (ali po starem *Ascalaphus*) *macaronius* (GOGALA & MICHELI 1965 in GOGALA 1967). Tudi to je bil rezultat primerjalnih raziskovanj spektralne občutljivosti žuželk v našem zoofiziološkem laboratoriju. V Münchnu je oko metuljčnice vzbudilo veliko zanimanja, saj je spektralna občutljivostna krivulja dala sluttiti, da gre za zelo drugačne mehanizme v očesu, kot na primer pri muhah *Calliphora erythrocephala* in drugih njihovih standardnih objektih. Zato sem lahko ponovil meritve na dveh merilnih napravah z mnogo večjo natančnostjo (GOGALA 1967). Ena od teh naprav je bila v laboratoriju dr. Kurta Hamdorfa (*4. 10. 1929 †21. 5. 2009), ki se je zelo zanimal za te poskuse in s katerim smo več let kasneje vzpostavili večletno tvorno sodelovanje z vrsto odmevnih skupnih publikacij tudi v reviji *Natura*.

Nekaj mesecev pa sem v Münchnu delal tudi v laboratoriju dr. Christiana Hoffmanna, ki je takrat raziskoval delovanje čutilnih dlačic – trihobotrijev pri škorpijonih. Izkušnje iz tega laboratorija so nam koristile kasneje v domačem laboratoriju, ko je Kazimir Drašlar, član zoofiziološke katedre Biološkega oddelka Biotehniške fakultete od leta 1969, pripravljal svoje magistrsko delo in kasneje doktorsko disertacijo na trihobotriju stenice šuštarjev (*Pyrrhocoris apterus*) (DRAŠLAR 1977).

Na žalost je Štefan Micheli, ki je trpel za astmo, umrl zelo mlad 29. junija 1968.

Obdobje 1968–1987

Vodenje katedre, ki je pred smrtno Štefana Micheliha obsegala še asistenta Boruta Ženerja ter nepogrešljivi tehnični sodelavki Marjeto Grmič (sedaj M. Grmič Tkalec) in Malči (Amalija) Blaževič, sem po smrti prof. Micheliha prevzel že kot docent. **Borut Žener** (*13. 5. 1935 †6. 1. 1974) je zasedel mesto asistenta na katedri za zoofiziologijo leta 1964. Bil je odličen akvarist, ki je napisal prvo obsežnejšo slovensko knjigo o akvaristički (ŽENER 1964), v našem laboratoriju se je posvetil meritvam porabe kisika med barvnimi

spremembami, ki spremljajo zimsko diapavzo pri stenici *Nezara viridula* (MICHELI & ŽENER 1968). Kasneje je meril tudi spremenjanje stopitvene frekvence očesa med zimsko diapavzo teh žuželk (ŽENER 1971). Tudi on je bil Humboldtov štipendist v letih 1969/70 in sicer pri prof. Dietrichu Burkhardtu na univerzi v Frankfurtu in na Inštitutu za ribištvo v Wiesbadnu. Želel je raziskovati čutilne sposobnosti močerila (*Proteus anguinus*) vendar tega tedanje laboratorijske možnosti razen preliminarnih poskusov niso omogočale. Leta 1973 pa je zapustil laboratorij in se zaposlil kot profesor biologije na gimnaziji v Mostah v Ljubljani. Umrl je leta 1974, star niti 39 let (GOGALA 1973 in SBL 1925–91).

Omenil sem že **Kazimirja Drašlarja**, ki se nam je pridružil v zoofiziološkem laboratoriju najprej med študijem kot demonstrator, po diplomi leta 1965 kot štipendist Sklada Borisa Kidriča, po smrti prof. Micheliha pa je postal asistent. Posvetil se je raziskavam funkcije trihobotrijev pri stenici *Pyrrhocoris apterus* z morfološkimi in elektrofiziološkimi metodami in iz te tematike sta njegovo magistrsko in doktorsko delo (DRAŠLAR 1972, 1977). Da se to delo nadaljuje do danes, dokazuje letošnja objava članka v uglednem časopisu (ŠKORJANC et al. 2009). Po njegovem prizadevanju je Biološki oddelek že leta 1975 nabavil opremo za vrstično elektronsko mikroskopijo (vrstični elektronski mikroskop Cambridge 600) in dr. Drašlar je postal tudi prvi strokovnjak Biološkega oddelka BF na tem področju (glej spletno stran: <http://web.bf.uni-lj.si/bi/mikroskopija/mikroskop-sem.php>). To je bilo seveda pomembno tudi za nadaljnji razvoj zoofiziološkega laboratorija (npr.: DRAŠLAR & GOGALA 1978). Kazimir Drašlar je sedaj izredni profesor za fiziologijo živali in v tem mandatu predstojnik Biološkega oddelka oziroma po novem prodekan Biotehniške fakultete.

Morda je prav, da tu omenim še obdobje, ko sem prevzemal vodstvo katedre in laboratorija za zoofiziologijo. Nenadoma sem imel toliko obveznosti, da sem zaprosil za pomoč kolege fiziologe na Medicinski fakulteti, s katerimi smo se pogosto srečevali na sestankih Društva za fiziologijo in raznih znanstvenih srečanjih. Ti so mi bili takoj pripravljeni pomagati in so v teh prvih letih prevzeli nekatere cikluse predavanj za biologe. Posamezna predavanja so takrat in še v poznejših

letih prevzeli tudi kolegi iz Laboratorija za medicinsko elektroniko in biokibernetiko Fakultete za elektrotehniko pod vodstvom prof. Vodovnika in dr. Lojzeta Kralja. To je bilo še več vredno, ker so takrat nekateri biologi žeeli preusmeriti raziskave laboratorijsa v povsem druge vode ...

Odkritje že omenjenega poskusnega objekta *Ascalaphus macaronius* je bilo povod za vrsto raziskav, večinoma v sodelovanju z laboratorijem prof. dr. Kurta Hamdorfa, ki se je s tem fenomenom seznanil že med mojim bivanjem v Münchnu, ko pa je zasedel profesorsko mesto na univerzi v Bochumu in je skupina študentov in profesorjev iz Ljubljane obiskala to univerzo, je to sodelovanje steklo. Eden najpomembnejših rezultatov skupnih raziskav je odkritje in izolacija očesnega pigmenta metuljčnice *Ascalaphus* z enakim retinalom, kot je v rodopsinskih molekulah vretenčarjev (GOGALA et al. 1970; HAMDORF et al. 1971; SCHWEMER et al. 1971). Zaradi odkritja termostabilnosti metarodopsina so se odprla tudi zanimiva vprašanja mehanizmov adaptacije v žuželčjih očeh (HAMDORF & GOGALA 1973). Na tem enkratnem poskusnem objektu še danes delajo sedanji sodelavci zoofiziološkega laboratorijsa, njihovi študenti in sodelavci iz drugih držav (BENTROP et al. 2001, PANGRŠIČ et al., 2005).

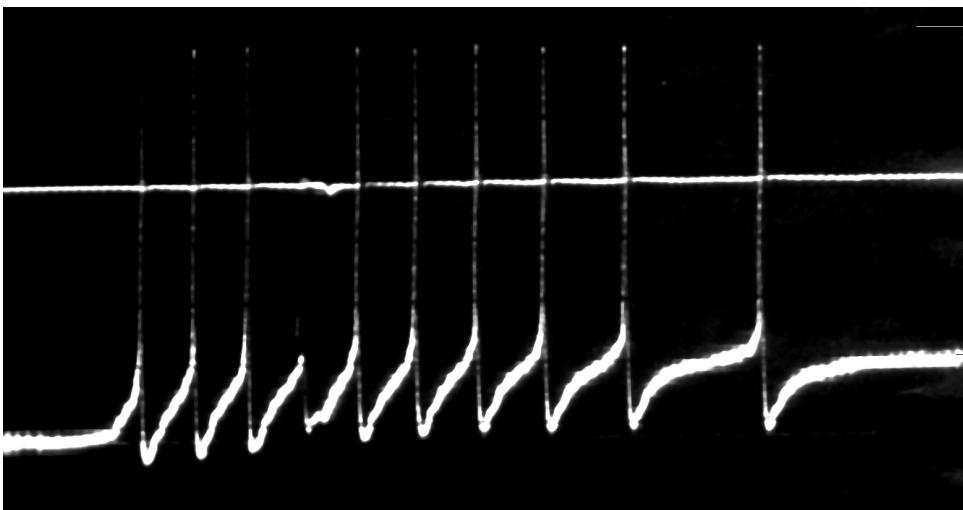
Peter Stušek je pričel z delom v zoofiziološkem laboratoriju leta 1970, do 1972 je bil zaposlen pri Inštitutu za biologijo, od leta 1973 pa na Biološkem oddelku, kjer je še danes. V začetku se je ukvarjal z elektrofiziološkimi meritvami oči in ocelov izbranih vrst žuželk (STUŠEK & GOGALA 1971), veliko energije je vložil v razvoj raznih poskusnih naprav, kasneje pa se je vključil v mednarodno sodelovanje z laboratorijem prof. Kurta Hamdorfa pri raziskavah adaptacijskih procesov v očeh nevretenčarjev (HAMDORF et al. 1978, STUŠEK & HAMDORF 1999). Je tudi avtor ali soavtor različnih srednješolskih učbenikov biologije oziroma fiziologije. Pomembno je njegovo delo pri razvoju eksperimentalnih metod, posebej mikrogazometričnih meritve očesnega metabolizma v različnih adaptacijskih stanjih (PANGRŠIČ et al., 2005). Mikrogazometrijo s Kartezijevim plavačem oziroma mikrogazometrično tehtnico so v osnovi razvili na Patofiziološkem inštitutu Medicinske fakultete v Ljubljani, Stušek pa je to metodo dopolnil za meritve na očesnih preparatih ob različnih svetlobnih dražljajih in adaptacijskih

stanjih. Rezultati njegovih meritve porabe kisika na očeh žuželk so se precej razlikovali od meritve drugih avtorjev, predvsem tudi prof. Hamdorfa, ki je uporabljal drugačne merske metode. Po mnogo letih pa so drugi avtorji potrdili Stuškove meritve.

Skupaj smo člani laboratorijsa predavalci in vodili vaje iz splošne fiziologije z osnovami fiziologije človeka ter primerjalne fiziologije. Kasneje so se naslovi predmetov in obseg snovi nekoliko spremnigli, osnovnim predmetom smo dodajali izbirne predmete, npr. nevrfiziologijo, fiziologijo čutil, orientacije in komunikacije ter fiziologijo človeka, posamezne teme ali predmete smo predavalci tudi študentom iz Mariborske univerze in drugih fakultet in to se nadaljuje še danes. Od začetnih preprostih razmer ob izvedbi vaj smo počasi prišli do boljše opreme in smo na primer tudi pri vajah lahko pokazali intracelularne potenciale živčenih celic (sl. 6) in še marsikaj drugega.

Omeniti moramo še zanimivo tematiko, ki je povezana s spektralno občutljivostjo žuželčjih oči, namreč s skritimi ultravijoličnimi vzorci na telesu oziroma krilih nekaterih žuželk. S tem se je med drugim ukvarjal **Mitja Grosman**, član zoofiziološkega laboratorijsa v letih 1973/4 kot tehnični asistent na Biološkem oddelku in nato s presledki zaposlen na Inštitutu za biologijo v letih 1974 do 1990 (GROSMAN M. & P. STUŠEK 1982). Tema njegovega magisterija (1976) pa je bila raziskava posebnosti vidnega sistema pri gekonu *Hemidactylus turcicus*. V zvezi s tem je bil nekaj mesecev v Kotorju v Mednarodnem laboratoriju za raziskave možganov, ki ga je vodil dr. Robert Siminoff iz ZDA. Dr. Siminoff je tudi večkrat obiskal naš laboratorij in nam je posodil specializiran računalnik CAT (Computer of average transients), od nas pa si je tudi izposodil nekatere naprave. Pri nas je izšel slovenski prevod njegovega učbenika Bioelektrika, do tesnejšega sodelovanja pa ni prišlo. Mitja Grosman je bil v letih 1984 do 1988 direktor Inštituta za biologijo, kasneje je deloval v znanstveni redakciji RTV Ljubljana, sedaj pa vodi zasebno podjetje.

Druga tematika, s katero smo se začeli ukvarjati predvsem po moji vrnitvi iz Nemčije in po prvi donaciji opreme ustanove A. v. Humboldt v šestdesetih letih, je bioakustika žuželk. Končno smo s polprofesionalnim magnetofonom in primernimi mikrofoni lahko posegli tudi v svet akustične komunikacije pri živalih. To delo se je



Slika 6: Eden prvih zapisov intracelularnih akcijskih potencialov nevronov morskega polža iz rodu *Aplysia* narejenih pri vajah z našimi študenti v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja.

Fig. 6: One of the first intracellular spike recordings from the slug *Aplysia* photographed during the laboratory training of our students in the seventies of the last century.

začelo z raziskovanjem zvočnih signalov stenic iz družine Cydnidae (GOGALA 1969, 1970), z ugotovitvijo, da gre za prenos teh signalov prek podlage (GOGALA et al. 1974) in nato s širjenjem raziskav tudi na druge družine in redove žuželk. Tako smo že v šestdesetih letih kot standardno poskusno žival začeli bioakustično raziskovati tudi zelene smrdrljivke (*Nezara viridula*) (ČOKL et al. 1972). Tudi sedaj še potekajo raziskave na tem objektu v enoti NIB Entomologija pod vodstvom prof. dr. Andreja Čokla (ČOKL et al. 1999, 2000, 2005), ki prav tako izvira iz nekdanje zoofiziološke enote Inštituta za biologijo. Andrej Čokl (*16.6.1947) je od leta 1971 delal v zoofiziološkem laboratoriju, od leta 1974 pa je redno zaposlen na Inštitutu za biologijo, sedaj Nacionalnem inštitutu za biologijo. Raziskovalno je delal v zoofiziološkem laboratoriju na vibracijski in zvočni komunikaciji žuželk, največ na stenici *Nezara viridula*, pa tudi na drugih vrstah stenic in na kobilicah. Ukvartjal se je tudi s termorecepциjo pri žuželkah (ČOKL 1972). Bil je štipendist ustanove A. v. Humboldt v letih 1979/80 in se je takrat izpopolnjeval na Univerzi Phillipps v Marburgu pri prof. dr. Klausu Kalmringu. Tudi on je po zaključku štipendije dobil kot darilo ustanove A. v. Humboldt dragoceno opremo. Sedaj vodi Oddelek za entomologijo Nacionalnega inštituta za

biologijo – NIB, predava pa kot habilitirani redni profesor na Biološkem oddelku BF in drugod. Prof. dr. Andrej Čokl je bil od leta 1988 do 1996 tudi direktor Inštituta za biologijo.

Če pišem o bioakustiki, moram omeniti tudi povezavo s svetovno zanim profesarjem z Univerze v Odenseju (Danska) Axлом Michel森om. V našem laboratoriju je bil prvi tuji štipendist (jugoslovanske vlade), ki je leta 1963 dva meseca – takrat še študent – pri nas opazoval in snemal razumnoževalno vedenje hroščev roginov (Cerambycidae). Kasneje je še večkrat prišel v Slovenijo raziskovat akustično komunikacijo žuželk, pa tudi mi smo gostovali pri njemu in delali na skupnih projektih (MICHELSEN et al. 1982). Skupaj s prof. dr. Franzom Huberjem iz Nemčije pa smo bili tudi glavni organizatorji serije mednarodnih simpozijev o bioakustiki žuželk (Insect sound and vibration).

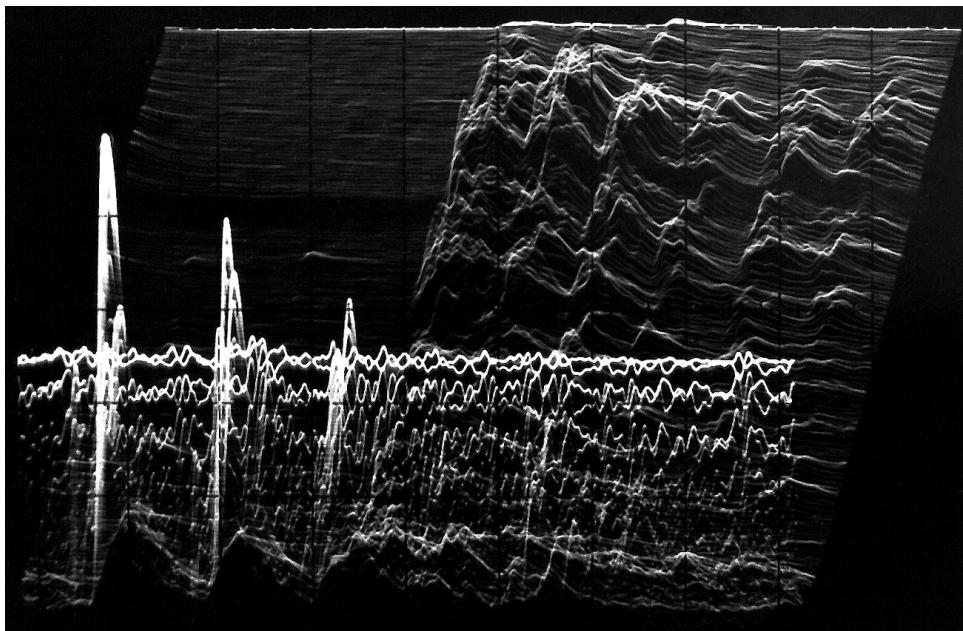
V šestdesetih in sedemdesetih letih prejšnjega stoletja je bil pri naših bioakustičnih raziskavah velik problem sonografija zvočnih signalov, torej trodimenzionalni prikaz frekvenčnega spektra v časovnem območju. Posebne naprave za to so bile izredno drage in na naši univerzi je edino aparaturo (Kay Sonagraph 6061 B) imel slovenist in jezikoslovec prof. Jože Toporišič. Občasno nam

je omogočil delo na tej napravi, potrebovali pa bi jo kar vsak teden ali dan. Včasih smo sonografske analize izvedli tudi v tujini, predvsem pri prof. Michelenu na Danskem. Ko smo že imeli nekaj več elektronske opreme, sem enkrat prebil noč v kletnem laboratoriju (bivši potresomerni postaji) stare univerze, saj so me neprevidneža zaklenili v hišo. Ko sem tuhtal, kaj naj počнем, sem ugotovil, da lahko s povezavo naših naprav, magnetofona z zanko, elektronskega filtra, stimulatorja in osciloskopa naredim neke vrste sonograf. To sva z mlajšim kolegom Rajkom Razpotnikom tudi objavila (GOGALA & RAZPOTNIK 1974) (sl. 7). Dandanes pa lahko take spektrografske oz. sonografske analize z lahkoto izvedemo na vsakem osebnem računalniku.

Omenil sem že začetek uporabe računalništva na biologiji v Ljubljani v šestdesetih letih. Tudi kasneje smo tu oralni ledino. Že leta 1972 smo z dr. Larsonom in prof. Alijem iz Univerze v Montrealu uporabila računalnik PDP-8 za vodenje mikrospektrofotometra Shimadzu za študij očesnih barvil (LARSON et al. 1972). Kasneje, v

osemdesetih letih smo si prizadevali za uvedbo prvih namiznih računalnikov (Hewlett-Packard 9820 z risalnikom, Commodore 64) tudi na Biološkem oddelku Biotehniške fakultete, v tistih časih smo veliko tudi sami pisali programe za razmeroma preproste izračune, za risanje grafov na risalniku in tudi za bolj zapletene procese, npr. za Fourierjevo transformacijo za analizo zvočnih signalov, saj primerni programi takrat niso bili splošno dosegljivi. Pri tem pa smo zaradi nerazumevanja nekaterih kolegov naleteli tudi na huda nasprotovanja. Dandanes si seveda delovnega mesta na univerzah brez dobrega računalnika ni mogoče predstavljati.

S prof. M. A. Alijem, ki sem ga omenil v prejšnjem odstavku, smo sodelovali še ob drugih priložnostih, med drugim sva se s Petrom Stuškom na njegovo vabilo udeležila mednarodnega simpozija Sensory Ecology v kraju Lenoxville, ki ga je finančno podprla organizacija NATO, kar je bilo takrat kar sumljivo. Vsekakor je iz tega gradiva nastala zanimiva knjiga, tudi z našim deležem (Gogala 1978).



Slika 7: Tridimenzionalni zapis zvočnih signalov stenice *Sehirus luctuosus*, narejen z našo metodo oscilografske sonografije, omenjene v besedilu.

Fig. 7: Three-dimensional graph of the acoustic signals of the bugs *Sehirus luctuosus*, produced with our method of oscillographic sonography, described in the paper GOGALA & RAZPOTNIK, 1974.

V svetu bioakustike je bilo zanimivo odkritje oponašalskega vedenja stenice *Phymata crassipes*, ki odgovarja na zvočne in vibracijske signale iz okolja z lastnimi signali, katerih dolžino prilagaja trajanju dražljaja (GOGALA & ČOKL 1983, GOGALA et al. 1984). Pri teh raziskavah je v okviru diplomskega dela sodelovala tudi **Meta Virant Doberlet**, ki se je kasneje izpopolnjevala na Inštitutu Max Planck v Seewiesnu (Nemčija) pri prof. dr. Franzu Huberju in tam pripravila svoje magistrsko in doktorsko delo. Sedaj dela kot znanstvena svetnica v Oddelku za entomologijo Nacionalnega inštituta za biologijo.

Še eno zanimivo bioakustično temo smo raziskovali v zoofiziološkem laboratoriju in to v povezavi z dr. Annemarie Surlykke iz Univerze v Odense, Danska. To je oglašanje nočnega metulja, vrečenoske (*Rileyana* (= *Thecophora fovea*), katere predparitvene zvočne signale samcev na meji ultrazvoka smo registrirali, raziskali način proizvajanja teh signalov in lastnosti njihovih slušnih organov (SURLYKKE & GOGALA, 1986). Kasneje smo študirali tudi vedenje in slušne organe pri nekaterih dnevnih metuljih rodu *Erebia*.

Tine Valentinčič se je v času dodiplomskega izobraževanja ukvarjal z morsko biologijo in v okviru magistrskega študija raziskoval tunikate in iglokožce Severnega Jadrana. Kasneje se je pridružil zoofiziološkemu laboratoriju in začel raziskovati kemična čutila vodnih živalih, zanimala so ga kemična čutila in sposobnost učenja morskih zvezd (VALENTINČIČ 1982) in kasneje kačjerepov (VALENTINČIČ, 1991 a in b). Pri tem je uporabljal pretežno etološke metode. Začel je predavati etologijo in nevroetologijo ter je leta 1992 ustanovil Katedro za nevroetologijo na Biološkem oddelku BF. Leta 1989 je Valentinčiča povabil v ZDA znani fiziolog, raziskovalec ribjega voha in okusa dr. John Caprio, kjer je na Louisiana State University delal 6 let. Prvi je odkril in opisal okušalne refleksje, ki jih sprožijo nekatere aminokisline (CAPRIO et al. 1993; VALENTINCIC & CAPRIO 1994 a, b). Iz te tematike so ti raziskovalci prijavili 4 patente. Odkril je, da se ribe naučijo prepoznavati posamezne aminokisline (VALENTINCIC et al. 1994) in njihove zmesi. V zadnjem času sta doktorski študent Jurij Dolenšek in Tine Valentinčič elektrofiziološko potrdila, da je vsaka vohalna celica s svojo receptorskovo beljakovino občutljiva za eno samo aminokislino: (<http://www.springerlink.com/>

content/1780576856m88048/fulltext.pdf). V isti enoti Biološkega oddelka BF dela Janko Božič, docent, ki se ukvarja s proučevanjem vedenja in gojenja čebel. Iz etološkega laboratorija sta izšla tudi profesor fiziologije na Medicinski fakulteti Univerze v Mariboru Dr. Marjan Rupnik in njegov asistent dr. Jurij Dolenšek.

V zoofiziološkem laboratoriju so opravljali vsaj diplomsko ali magistrsko delo še mnogi drugi biologji, ki pa so kasneje nadaljevali kariere v drugih okoljih in inštitucijah. Naj jih vsaj nekaj navedem: Gregor Serša je diplomo in delo za univerzitetno Prešernovo nagrado pripravljal v zoofiziološkem laboratoriju in nadaljeval svojo kariero na Inštitutu za onkologijo MF. Tomaž Amon je magistriral leta 1981 pod mentorstvom dr. Čokla, doktorat pa je pripravljal na Inštitutu Max Planck v Seewiesnu v Nemčiji in je leta 1988 na ljubljanski univerzi doktoriral. Danes vodi zasebni Center za znanstveno vizualizacijo AMNIM d.o.o.

Iz istega laboratorija na Biološkem oddelku Biotehniške fakultete je izšel **Dušan Devetak**, ki je diplomiral (1979) in magistriral (1985) pod mojim mentorstvom ter doktoriral pod vodstvom doc. K. Drašlarja (DEVETAK 1979, 1985, 1992). Sedaj v Mariboru vodi Katedro za fiziologijo živali in etologijo in predava zoologijo in fiziologijo živali (DEVETAK & SENČIČ 2008). V laboratoriju se ukvarjajo predvsem s problemi vibracijske orientacije in komunikacije pri žuželkah.

Tudi **Robert Zorec**, sedaj akademik in redni prof. na Medicinski fakulteti, je delal svojo diplomsko nalogu v zoofiziološkem laboratoriju iz področja fiziologije trihobotrijev pri stenicah leta 1981. Podiplomski študij pa je končal na Medicinski fakulteti.

Sam sem v jeseni leta 1987 zapustil univerzo, zato tu svoj pregled v glavnem končujem, kjer je bilo mogoče, pa sem nakazal povezave s sedanjim stanjem. Nastopil sem mesto znanstvenega svetnika v Prirodoslovem muzeju Slovenije, kjer sem delal na področjih bioakustike, računalništva in entomologije. Od septembra 1992 do oktobra 2001 in upokojitve sem bil direktor tega muzeja. Član Slovenske akademije znanosti in umetnosti sem od leta 1991, glavni tajnik od leta 2002 do 2008 in podpredsednik od leta 2008. Znanstveno se zadnja leta ukvarjam predvsem z bioakustiko škržadov (Cicadidae) in njihovo taksonomijo. Po odhodu s fakultete sem še delno sodeloval pri pedagoškem

delu, predvsem na podiplomskem področju, sedaj, ko se že moji bivši učenci in asistenti pripravljajo na odhod v pokoj, pa je verjetno primeren čas za pisanje take male zgodovine laboratorija.

Summary

Shortly after a foundation of the Slovenian University in Ljubljana (1919) **Ivan (Johann) Regen** (*1868, †1947), one of the pioneers in the bioacoustics of insects, working in Vienna, has been elected as Professor of animal physiology at the Ljubljana University (1921). However, he never came to Ljubljana to teach and work here due to some unfortunate circumstances. Another possible candidate, working also in the field of animal physiology, was **Franc Megušar** (*1876, †1916), but he died very young in the first world war.

So lecturing of a general and comparative physiology has been taken over by **Albin Seliškar**, a biologist and physiology professor at the Medical Faculty of the same University of Ljubljana (from 1927 till late fifties). The zoophysiology lab at the Biology Department has been finally established in 1961 by **Štefan Sušec-Michieli** (*1933, †1968). He was an excellent entomologist – lepidopterologist, who spent some time in leading laboratories of animal physiology in Germany. After this he organized the research in sensory physiology, mainly in vision of insects, in colour change and related topics. Around 1962/63 he established an electrophysiology lab. During this time I was the first teaching assistant, preparing a dissertation on the vision of cave crickets *Troglophilus*. We were also working on comparative investigations of spectral sensitivity and other properties of insect eyes. During this research a discovery of specialized UV sensitive eyes of the owl-fly lead to further work on this interesting object – continuing during my Alexander von Humboldt fellowship (1964/65) and later by younger coworkers till now. Unfortunately, Prof. Michieli died very young, in 1968.

At that time, another teaching assistant was **Borut Žener** (*13. 5. 1935 †6. 1. 1974), another fellow of the A. v. Humboldt Stiftung who investigated by ERG the vision of bugs *Nezara viridula* during diapause and colour change. He

started also investigations of sensory properties of the cave salamander *Proteus anguinus*. The next coworker in the lab, already under my leadership, was **Kazimir Drašlar**, now vice-dean for Biology at the Biotechnical faculty. He has done important research on hair sensillas in fire-bug *Pyrrhocoris apterus*. He was also the first to start using scanning electron microscopy at the Biology Department. The members of Zoophysiology group were in Slovenia also pioneers in using computers to solve biological problems.

Andrej Čokl, now professor and the head of the Entomology lab of the National Institute of Biology (NIB), worked for many years in the Zoophysiology lab. He mainly investigated acoustic communication and neurophysiological properties of the neurons in the central nervous system of selected insects (Hemiptera, Orthoptera). He and his students introduced many new neurophysiological techniques. He has now a team of younger coworkers in his lab at the NIB.

Another person, important for a development of zoophysiological laboratory, was **Peter Stušek**, Assistant Professor at the chair of Animal Physiology. His work is devoted to the vision of insects and especially to adaptation processes. He developed a method of a diver balance for measuring the oxygen consumption of eye preparations during illumination and various adaptation states.

Mitja Grosman who worked in our lab and at the National institute of Biology from 1973 till 1990 investigated hidden uv-patterns, visual system of gecko (*Hemidactylus turcicus*).

In the same lab began his work in chemosensory processes of aquatic animals (echinoderms and fishes) **Tine Valentiničič**. He uses now mainly ethological and neuroethological methods in his research and is now professor of ethology. Since 1989 he studies mainly chemoreception in fishes. In zoophysiology lab started also many other biologists their careers, now working in other labs or universities, like **Dušan Devetak**, now professor of zoology at the University of Maribor or **Robert Zorec**, now professor at the Medical faculty in Ljubljana.

Literatura

- BENTROP J., M. SCHILLO, G. GERDON, K. DRAŠLAR & R. PAULSEN 2001: UV-light-dependent binding of a visual arrestin 1 isoform to photoreceptor membranes in a neuropteran (*Ascalaphus*) compound eye. *FEBS Letters* **493**: 112–116.
- CAPRIO J., J. G. BRAND, J. H. TEETER, T. VALENTINCIC, D. L. KALINOSKI, J. KOHBARA, T. KUMAZAWA & S. WEGERT 1993: The taste system of the channel catfish: From biophysics to behavior. *Trends Neurosci.* **16**: 192–197.
- ČOKL A. 1972: Termorecepčija pri stenici vrste *Oncopeltus fasciatus*. *Biol. Vestn. (Ljubljana)*, **20**: 39–45.
- ČOKL A., M. GOGALA & M. JEŽ 1974: Analiza zvočnih signalov stenice *Nezara viridula* (L.). *Biol. Vestn. (Ljubljana)* **20**: 47–53.
- ČOKL A., M. VIRANT-DOBERLET & A. McDOWELL 1999: Vibrational directionality in the southern green stink bug, *Nezara viridula* (L.), is mediated by female song. *Anim. behav.*, **58**: 1277–1283.
- ČOKL A., M. VIRANT-DOBERLET & N. STRITH 2000: The structure and function of songs emitted by southern green stink bugs from Brazil, Florida, Italy and Slovenia. *Physiol. entomol.*, **25**: 196–205.
- ČOKL A., M. ZOROVIĆ, A. ŽUNIĆ & M. VIRANT-DOBERLET 2005: Tuning of host plants with vibratory songs of *Nezara viridula* L (Heteroptera: Pentatomidae). *J. Exp. Biol.* **208**: 1481–1488.
- DEVETAK D. 1978: Prispevek k fiziologiji vibroroceptořev stenic iz družine Cydnidae (Heteroptera) : diplomska naloga. Ljubljana: 30 pp.
- DEVETAK D. 1984: Odzivi ličinke volvca *Myrmeleon formicarius* L. (Neuroptera) na mehanske dražljaje : magistrsko delo. V Ljubljani: 52 pp.
- DEVETAK D. 1992: Vibrorocepčija pri tenčičarici *Chrysoperla carnea* (Neuroptera), Doktorska disertacija (Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo). Maribor; Ljubljana; Gradec, 109 pp.
- DEVETAK D. & L. SENČIČ 2008: Zgodovina Oddelka za biologijo na Univerzi v Mariboru. *Acta biologica slovenica* **51** (2): 60–69.
- DOLENSEK J. & T. VALENTINCIC 2009: Specificities of olfactory receptor neuron responses to amino acids in the black bullhead catfish (*Ameiurus melas*). *Pflügers Archiv – European Journal of Physiology*: <http://www.springerlink.com/content/l780576856m88048/fulltext.pdf>
- DRAŠLAR K. 1972: Funkcionalne lastnosti trihobotrijev pri stenici *Pyrrhocoris apterus* L.: magistrsko delo. Biotehniška fakulteta, Ljubljana, 35 pp.
- DRAŠLAR K. 1977: Fiziologija trihobotrijev pri stenici *Pyrrhocoris apterus* (L.) = disertacija. Biotehniška fakulteta, Ljubljana: 43 pp.
- DRAŠLAR K. & M. GOGALA 1978: Struktura stridulacijskih organov pri žuželkah iz družine Cydnidae (Heteroptera). *Biol. Vestn. (Ljubljana)* **24** (2): 175–200.
- GOGALA M. 1966: Die Photorezeption bei *Troglophilus neglectus* Kr. *Biol. vestn.* **14**: 91–96.
- GOGALA M. 1967: Die spektrale Empfindlichkeit der Doppeläugen von *Ascalaphus macaronius* Scop. (Neuroptera, Ascalaphidae). *Z. vgl. Physiol.* **57**: 232–243.
- GOGALA M. 1969: Die akustische Kommunikation bei der Wanze *Tritomegas bicolor* (L.) (Heteroptera, Cydnidae). *Z. vgl. Physiol.*, **63**: 379–391.
- GOGALA M. 1970: Artspezifität der Lautäußerungen bei Erdwanzen (Heteroptera, Cydnidae). *Z. vgl. Physiol.*, **70**: 20–28.
- GOGALA M. 1973: In memoriam Borutu Ženerju. *Biol. Vestn.* **21** (2): 161–162.
- GOGALA M. 1978: Ecosensory functions in insects (with remarks on Arachnida). V: ALI, Mohamed Ather. *Sensory ecology : review and perspectives*, (NATO advanced study institutes series : Series A, Life sciences, v. 18). New York: Plenum Press, pp 123–153.
- GOGALA M. 2008: Pionir bioakustike Ivan Regen in njegova zapuščina. V: KOMAN D. (ur.): Sedemdeset let biblioteke Slovenske akademije znanosti in umetnosti. Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Ljubljana, str. 237–250.

- GOGALA M. & A. ČOKL 1983: The acoustic behaviour of the bug *Phymata crassipes* (F.) (Heteroptera). Rev. can. biol. exp., **42**: 249–256.
- GOGALA M., M. VIRANT & A. BLEJEC 1984: Mocking bug *Phymata crassipes* (Heteroptera). Acoust. lett., **8**: 44–51.
- GOGALA M. & Š. MICHELI 1964: Monofazični in difazični retinogrami pri insektih. Biol. vestn., **12**: 13–20.
- GOGALA M. & Š. MICHELI 1965: Das Komplexauge von *Ascalaphus*, ein spezialisiertes Sinnesorgan für kurzwelliges Licht. Naturwissenschaften **52** (9): 1–2.
- GOGALA M. & Š. MICHELI 1966: Vpliv svetlobe in temperature na sezonsko prebarvanje pri *Nezara viridula* (L.) (Heteroptera). Biol. vestn., **14**: 83–90.
- GOGALA M., A. ČOKL, K. DRAŠLAR & A. BLAŽEVIČ 1974: Substrate-borne sound communication in Cydnidae. J. Comp. Physiol., **94**: 25–31.
- GOGALA M. & R. RAZPOTNIK 1974: Metoda oscilografske sonografije za bioakustične raziskave. Biol. vestn., **22**: 209–216.
- GOGALA M., K. HAMDORF & J. SCHWEMER 1970: UV-Sehfarbstoff bei Insekten. Z. vgl. Physiol. **70**: 410–413.
- GROSMAN M. & P. STUŠEK 1982: Parametri odbite svetlobe s kril metuljev = Parameters of reflected light from butterfly wings. Biol. vestn., **30** (1): 59–84.
- HAMDORF K., M. GOGALA & P. STUŠEK 1978: Methods of simultaneous photometry and electrophysiology of insect eyes. Biol. vestn., **26**: 107–130.
- HAMDORF, K. & M. GOGALA 1973: Photoregeneration und Bereichseinstellung der Empfindlichkeit beim UV-Rezeptor. J. comp. physiol. **86**: 231–245.
- HAMDORF K., J. SCHWEMER & M. GOGALA 1971: Insect visual pigment sensitive to ultraviolet light. Nature (Lond.) **231**(5303): 458–459.
- LARSON W. L., M. GOGALA & M. A. ALI 1972: A computer controlled micro-spectrophotometer for the study of visual pigments. Rev. Can. Biol. **31** (4): 301–311.
- MICHELSSEN A., F. FINK, M. GOGALA & D. TRAUE 1982: Plants as transmission channels for insect vibrational song. Behav. ecol. sociobiol., 1982, **11**: 269–281.
- MICHELI Š. 1959: Analiza skototaktičnih (perigramotaktičnih) reakcij pri arthropodih. Razprave SAZU Cl. IV., **5**: 237–286.
- MICHELI Š. 1963: Spektralna občutljivost insektov. Razprave SAZU Cl. IV., **9**: 205–251.
- MICHELI Š. 1965: Zur Kenntnis der zeitlichen Auflösungsvermögen der Insektenaugen. Bull. Sci., Conseil Acad. RSF Jugoslavie, Sect. A **10** (6): 180.
- MICHELI Š. & M. GOGALA 1962: Neki rezultati upotrebe živinih lampi pri proučavanju entomofavne Slovenije. Agronomski glasnik **5**, **6**, **7**: 504–511.
- MICHELI Š. & B. ŽENER 1968: Der Sauerstoffverbrauch verschiedener Farbstadien bei der Wanze *Nezara viridula* (L.). Z. vergl. Physiol. **58**: 223–224.
- PANGERŠIĆ T., P. STUŠEK, G. BELUŠIĆ & G. ZUPANIĆ 2005: Light dependence of oxygen consumption by blowfly eyes recorded with a magnetic diver balance. J. comp. physiol., A, **191**: 75–84.
- SCHWEMER, J., M. GOGALA & K. HAMDORF 1971: Der UV-Sehfarbstoff bei Insekten: Photochemie in vitro und in vivo. Z. vgl. Physiol. **75**: 174–188.
- SELIŠKAR A. 1923: Die männlichen Duftorgane der Höhlenheuschrecke *Troglophilus*. Zoologischer Anzeiger **57**: 253–268.
- SELIŠKAR A., ŽUPANIĆ A.O. 1941. Humoralni prenos živčnega vzburjenja v centralnem živčnem sistemu. Zbornik Prirodoslovnega društva **2**: 128–130.
- SELIŠKAR M. 1997: Fragmenti o očetu. Prirodoslovno društvo Slovenije, Ljubljana.
- SBL 1925–1991: Slovenski biografski leksikon. Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Ljubljana. Spletni naslov: <http://nl.ijs.si:8080/fedora/get/sbl:sbl/VIEW/>
- STUŠEK P. 1976: Funkcija ocelov pri dveh vrstah stenic: *Oncopeltus fasciatus* (Dallas) in *Nezara viridula* (L.). Biol. vestn., **24** (1): 19–31.

- STUŠEK P. 1976: Merjenje cirkadiane ritmike pri stenici *Oncopeltus fasciatus* Dallas z modificiranim avtomatskim aktografom. Biol. vestn., **24** (1): 31–38.
- STUŠEK P. & M. GOGALA 1971: Spectral sensitivity of the ocellus and the compound eye of the bug *Oncopeltus fasciatus* Dallas. Biol. vestn., **19**: 103–108.
- STUŠEK P. & K. HAMDORF 1999: Properties of pupil mechanisms in owl-fly *Ascalaphus macaronius* (Neuroptera). J. Comp. Physiol., A, **184**: 99–106.
- SURLYKKE A. & M. GOGALA 1986: Stridulation and hearing in the noctuid moth *Thecophora fovea* (Tr.). J. Comp. Physiol., A, **159**: 267–273.
- ŠKORJANC A., G. ZUPANČIČ & K. DRAŠLAR 2009: Multiple mechanisms generate the resting activity of filiform sensilla in the firebug (*Pyrrhocoris apterus* L.: Heteroptera). J. Comp. Physiol., A, **195**: 651–661.
- URLEP F., KALIŠNIK M. & BORISOV P. (ur.) 2003: Medicinska fakulteta Univerze v Ljubljani 1919–1045, Zgodovinski zbornik. Medicinska fakulteta Univerze v Ljubljani in Zdravniška zbornica Slovenije, Ljubljana.
- VALENTINČIČ T. 1982: Kemični in taktilni dražljaji v prehranjevalnem vedenju bradavičaste morske zvezde *Marthasterias glacialis* : disertacija. Ljubljana: 101 pp.
- VALENTINCIC, T. 1991a. Behavioral responses of the brittle star *Ophiura ophiura* to amino acids, acetyl-choline and related low-molecular-weight compounds. *Chem. Senses* 16(3):251–266.
- VALENTINCIC, T. 1991b. Behavioral responses of the brittle star *Ophiura ophiura* to chemical stimuli during adaptation of amino acid chemoreceptors. *Chem. Senses* 16(3):267–275,
- VALENTINCIC T. & J. CAPRIO 1994a: Chemical and visual control of feeding and escape behaviors in the channel catfish *Ictalurus punctatus*. *Physiol.Behav.* **55** (5): 845–855.
- VALENTINCIC T. & J. CAPRIO 1994b: Consummatory feeding behavior in intact and anosmic channel catfish *Ictalurus punctatus* to amino acids. *Physiol.Behav.* **55**(5):857–863.
- VALENTINCIC T., S. WEGERT & J. CAPRIO 1994: Learned olfactory discrimination versus innate taste responses to amino acids in channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Physiol.Behav.* **55**(5): 865–873.
- VIRANT M. 1984: Stimulacija stenice Phymata crassipes z umetnimi signali : diplomska naloga. Ljubljana.: 37 pp.
- ZOREC R. 1981: Lastnosti trihobotrijev pri larvah stenice *Dysdercus intermedius* (Dist.) : diplomsko delo. Ljubljana: 21 pp.
- ŽENER B. 1964: Akvarij. Cankarjeva založba, Ljubljana.
- ŽENER B. 1971: Die Verschmelzungsfrequenz der Komplexaugen bei verschiedenen Farbstadien der Wanze *Nezara viridula* (L.). Biol. Vestn. **19**: 109–114.
- ŽUPANČIČ A. O., A. SELIŠKAR 1947: Producija acetilholina v setčatke pod vlijanjem sveta. Acta med. Jugosl. (Srpskohrv. izd.), **1**: 30–32.