

UDK 595.7:591.18:78

Matija Gogala
Ljubljana

MED BIOAKUSTIKO IN GLASBO

Prvo vprašanje, ki si ga nekdo lahko zastavi, je - kaj lahko nekdo, ki se ukvarja z zvočno komunikacijo pri živalih, zanimivega pove bralcem glasbenega časopisa, ne da bi se izgubil v bioloških formulacijah in za ta krog bralcev nezanimivih podatkih.

Mislím, da moram poseči precej let nazaj, da razložím svoja izhodišča za raziskave teh naravnih fenomenov in povezavo z glasbo. Veliko let sem se učil violino in moja prva zaposlitev je bila v orkestru Radia Ljubljana. Kljub temu, da sem bil zelo povprečen glasbenik, mi je iz teh let ostalo živo zanimanje za glasbeno dogajanje, morda bolj izšolano uho, in navada, prisluhniti glasovom okoli sebe.

Vendar je glavno polje mojega zanimanja bila že tedaj in je tudi danes biologija. Že kot dijak sem opazoval žuželke iz skupine polkrilcev - stenic, ki sem jih ujel v zimskih prezimovališčih in so se zgodaj spomladi čudno vedle. To je čas njihovega parjenja in samci, ki so sledili samicam, so se med dvorjenjem postavljali v značilno držo in potresavali z zadkom, kar mi je dalo slutiti, da pri tem oddajajo zvočne signale.

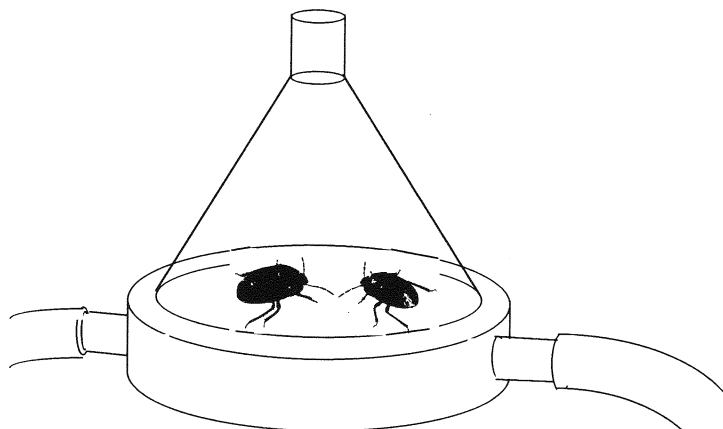
V letih okoli 1952 do 1955 na žalost nisem imel možnosti snemanja teh signalov - edina naprava, ki mi je bila dosegljiva, je bil stetoskop (sl. 1), ki ga je že angleški biolog D. Leston¹ prvi uporabil za prisluškovanje žuželčjim zvokom. Najglasnejše zvoke teh živali (za človeka) sem lahko slišal le, če sem pridržal žival tesno ob ušesu. Šele mnogo kasneje, ko sem kot asistent delal na Biološkem oddelku Biotehniške fakultete, sem dobil v roke orodje - magnetofon s primerno občutljivim mikrofonom in osciloskop, da sem se ponovno lahko posvetil svojim pojočim živalicam. Dandanes pa uporabljamo biologi, ki se ukvarjamo z živalskimi glasovi in akustičnim sporazumevanjem, vrsto različnih mikrofonomov, hidrofonomov ali drugih pretvornikov vibracij, digitalne magnetofone, detektorje in računalnike za pregledovanje, urejanje in obdelavo ter analizo posnetih signalov ter za arhiviranje posnetih signalov (sl. 2).

Imel sem izredno srečo, da sem se začel ukvarjati prav z zvočno komunikacijo ali sporazumevanjem majhne skupine stenic iz družine Cydnidae, saj je bilo to področje kljub pionirskim delom angleških biologov D. Lestona,² P.T. Haskell³ (1957), Nemca

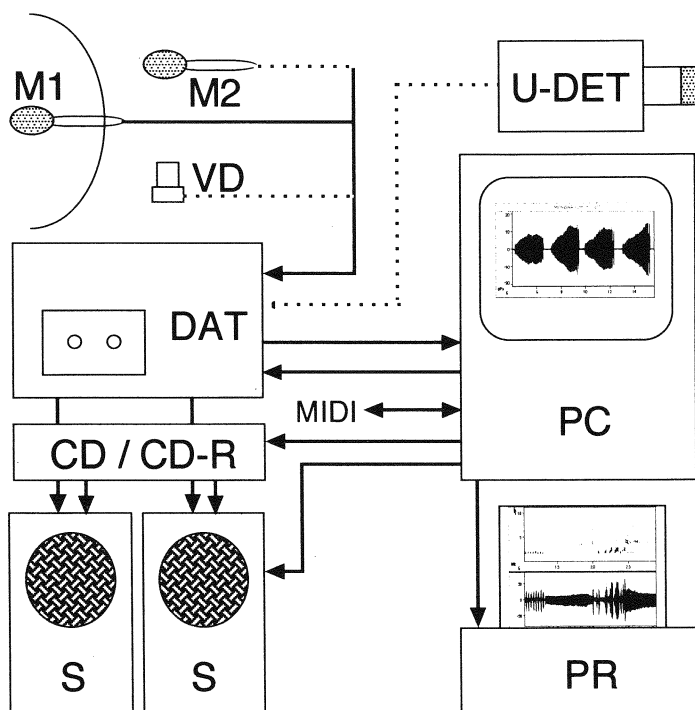
1 Leston D., 1954: Strigils and stridulation in Pentatomoidea (Hem.): some new data and a review. The Entomologists Monthly Magazine **90**: 49-56.

2 Glej pregled starejše literature v Leston D. & J.W.S. Pringle, 1963: Acoustical behaviour of Hemiptera. In: Busnel R.G. (ed.): Acoustic behaviour of animals. Elsevier, Amsterdam-London-New York, 391-411, 798-799.

3 Haskell P.T., 1957: Stridulation and its analysis in certain Geocorisae (Hemiptera, Heteroptera). Proc. Zool. Soc. London **129**: 351-358.



Slika 1. Najpreprostejši način za prisluškovanje glasovom žuželk je stetoskop. Če namesto tega uporabimo kot kontaktni mikrofonslušalko, priključeno na magnetofon, lahko vibracijske signale tudi posnamemo.



Slika 2. Shema naprav in povezav v sodobnem bioakustičnem laboratoriju: M1 - usmerjeni mikrofons, M2 - drugi mikrofoni ali hidrofoni, VD - vibracijski detektorji, U-DET - ultrazvočni detektor, DAT - digitalni magnetofon, PC - računalnik, MIDI - midi inštrumenti, CD/CD-R - naprava za snemanje in predvajanje zgoščenk, S - zvočnika, PR - tiskalnik.

K.H.C. Jordana⁴ in Američana T.E. Moora⁵ še precej neraziskano. Po dolgoletnem delu na področju bioakustike pa lahko danes trdim, da so prav zvočni oz. vibracijski (glej spodaj) signali teh živali med najbolj raznolikimi in zvočno bogatimi tudi za človeško uho. Višje zvočne ustvarjalnosti pri živalih sicer najdemo v prvi vrsti pri pticah in kitih, čeprav tudi oglašanja žab, rib in nekaterih naših bližnjih sorodnikov sesalcev (npr. gibbonov) ne smemo prezreti. Na tretje mesto pa bi vendarle postavil žuželke, eno tistih skupin oglašajočih se živali, ki v času svoje zvočne aktivnosti določajo zvočno sliko mnogih naravnih okolij.

Po prvih objavah o raznolikosti steničjih napevov in po ugotovitvi, da uporabljajo za to signalizacijo vsaj dva neodvisna načina produkcije zvoka oz. vibracij^{6,7} se je izkazalo tudi to, da te žuželke med seboj komunicirajo preko tresljev podlage in je za njih zvok, kakršnega pojmujejo ljudje in ki se širi po zraku kot valovanje zvočnega tlaka, nepomemben.⁸ Ker pa vsaka vibracija vzbudi tudi nihanje zraka, in obratno zvok, ki se širi po zraku, vzbudi v okolnih predmetih vibracije, je pravzaprav ostra razmejitev med zvokom in vibracijo vsaj v biologiji manj ostra. Pomembno je le, s katerimi čutili živali te vibracije zaznavajo. Za predstavitev vibracijskih signalov ljudem pa je najprimernejša reprodukcija preko zvočnikov, torej kot zvok v človeškem pomenu besede.

Zato je razumljivo, da so vibracijski signali, ki jih kot zračni zvok lahko registriramo le z zelo občutljivimi mikrofoni v neposredni bližini živali, človeškim izkušnjam skriti in tuji. Nasprotno pa vsi poznamo petje murnov, koblic, škrljatov in mnogih drugih žuželk, ki komunicirajo z zračnim zvokom in je njihovo čirikanje, cvrčanje ali drugačno oglašanje dobro slišno tudi človeku, v kolikor ne sega v območje ultrazvoka nad 20.000 Hz. Po drugi strani pa lahko vibracijske signale brez dragih naprav posnamemo in reproduciramo z elektronskimi napravami za reprodukcijo človeškega zvoka in glasbe, saj tudi po frekvenčnem območju le redko segajo izven območja človeškega sluha, npr. pod spodnjo frekvenčno mejo človeškega sluha (pod 20 Hz).

Ob predstavitvi bogastva zvoka in vibracij v svetu žuželk in živali nasploh moram najprej opozoriti, da so mnoge splošno razširjene predstave nestrokovnjakov o zvočnem oglašanju teh živali zmotne.

Eno od takih mnenj je, da se posamezne vrste žuželk oglašajo s posebnim vzorcem zvočnega ali vibracijskega signala, ki je genetsko določen, nespremenljiv in zato tudi z glasbenega stališča dolgočasen, monoton ali celo nadležen. Res je sicer, da so zvočni signali žuželk v primerjavi z napevi kosa ali slavčka, ki dokazano lahko obvlada več sto različnih motivov,⁹ po številu napevov skromni. Rekordnerji med žuželkami, npr. hrošči iz družine Passalidae razpolagajo z repertoarjem 14 napevov¹⁰

4 Jordan K.H.C., 1958: Lautäusserungen bei den Hemipteren-Familien der Cydnidae, Pentatomidae und Acanthosomidae. Zool. Anz. **161**: 130-144.

5 Moore T.E., 1961: Audiospectrographic analysis of sounds of Hemiptera and Homoptera. Ann. ent. soc. Amer. **54**: 273-291.

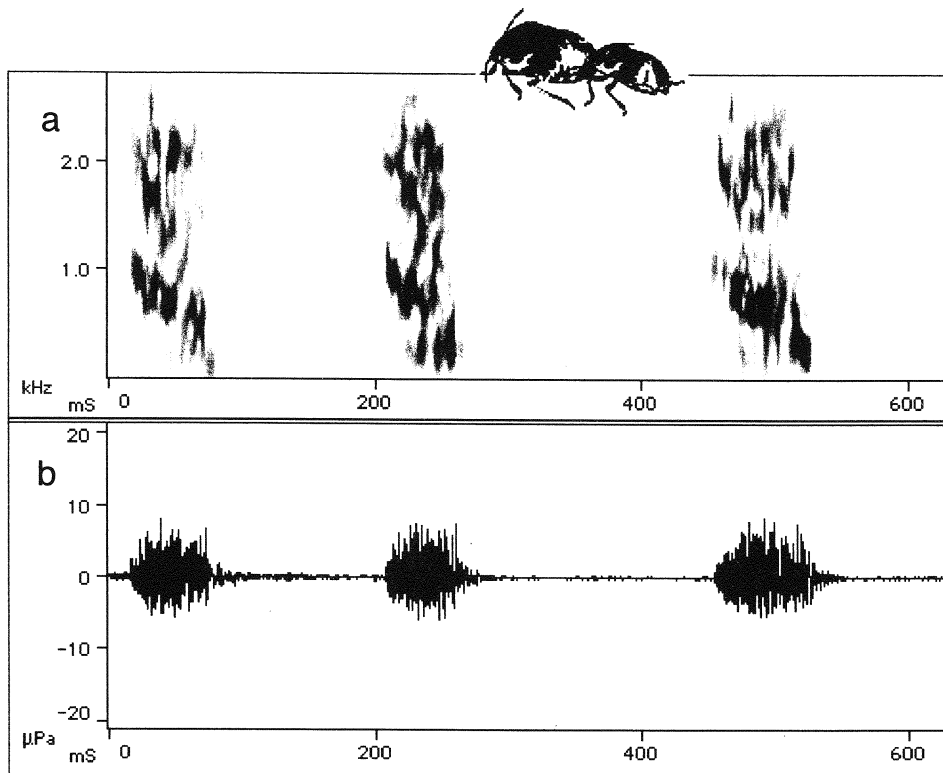
6 Gogala M., 1969: Die akustische Kommunikation bei der Wanze *Tritomegas bicolor* (L.) (Heteroptera, Cydnidae). Z. vergl. Physiologie **63**: 379-391.

7 Gogala M., 1984: Vibration producing structures and songs of terrestrial Heteroptera as systematic character. Biol. Vestnik (Ljubljana) **32**: 19-36.

8 Gogala M., Čokl A., Drašlar K., Blažević A., 1974: Substrate-borne sound communication in Cydnidae (Heteroptera). J. Comp. Physiol. **94**: 25-31.

9 Po raziskavah Dietmarja Todta in sodelavcev iz Univerze Dahlem v Berlinu (Deutscher Forschungsdienst, Berichte aus der Wissenschaft, Nr. 12/91 A).

10 Berenbaum M.J., 1997: Blutsauger, Staatsgründer, Seidenfabrikanten. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, Oxford.



Slika 3. Sonogram (a) in oscilogram (b) signalov vznemirjenja stenic vrste *Tritomegas bicolor*.

in najbolj razkošni med stenicami (*Piezodorus lituratus*) z desetimi napevi.¹¹ Večina drugih vrst žuželk pa pozna le nekaj (2-6) vrstno značilnih napevov ali fraz samcev in samic ali tudi samo samcev pri vrstah, kjer so samice neme, npr. pri škržatih ("srečne cikade"). Ti napevi ali fraze se v določenih vedenjskih situacijah ponavljajo ali tudi izmenjujejo v določenem zaporedju.

Kar se monotonosti tiče je pa res, da vsakdo pozna monotono oglašanje murnov, kobilic in še posebej nekaterih vrst škržatov, ki lahko marsikoga poleti spravijo celo v obup. Vendar moramo vedeti, da ima večina teh živali še drugačne, bolj zapletene in zanimive napeve, ki pa jih lahko slišimo le v posebnih okoliščinah, ob dvorjenju samca godni in deviški samici, ob srečanju dveh samcev rivalov in v podobnih posebnih razmerah. Ravno ti napevi pa po strukturi niso tako konstantni in monotoni, parametri so v določenih mejah prilagodljivi, tako po nosilni frekvenci, spektralnem območju, jakosti, kot tudi po časovnih parametrih: trajanju posameznih fraz, po številu elementov v njih, hitrosti ponavljanja ipd.

¹¹ Diplomsko delo: V. Brvar, 1987: Parametri vibracijskih signalov, ki so pomembni za komunikacijo vrste *Piezodorus lituratus* (Heteroptera). Biotehniška fakulteta, VTOZD za biologijo.

Mnoge žuželke ne dajo večino svojega življenja od sebe nikakršnih bistvenih zvočnih ali vibracijskih signalov, nato pa nenadoma v času parjenja pokažejo neverjetno akustično raznolikost in dejavnost, ki morda po tednu ali dveh že spet za vedno utihne. Druge pa se oglašajo sicer skozi daljše časovno obdobje, vendar le v določenih urah dneva ali noči, o čemer bomo kasneje še govorili.

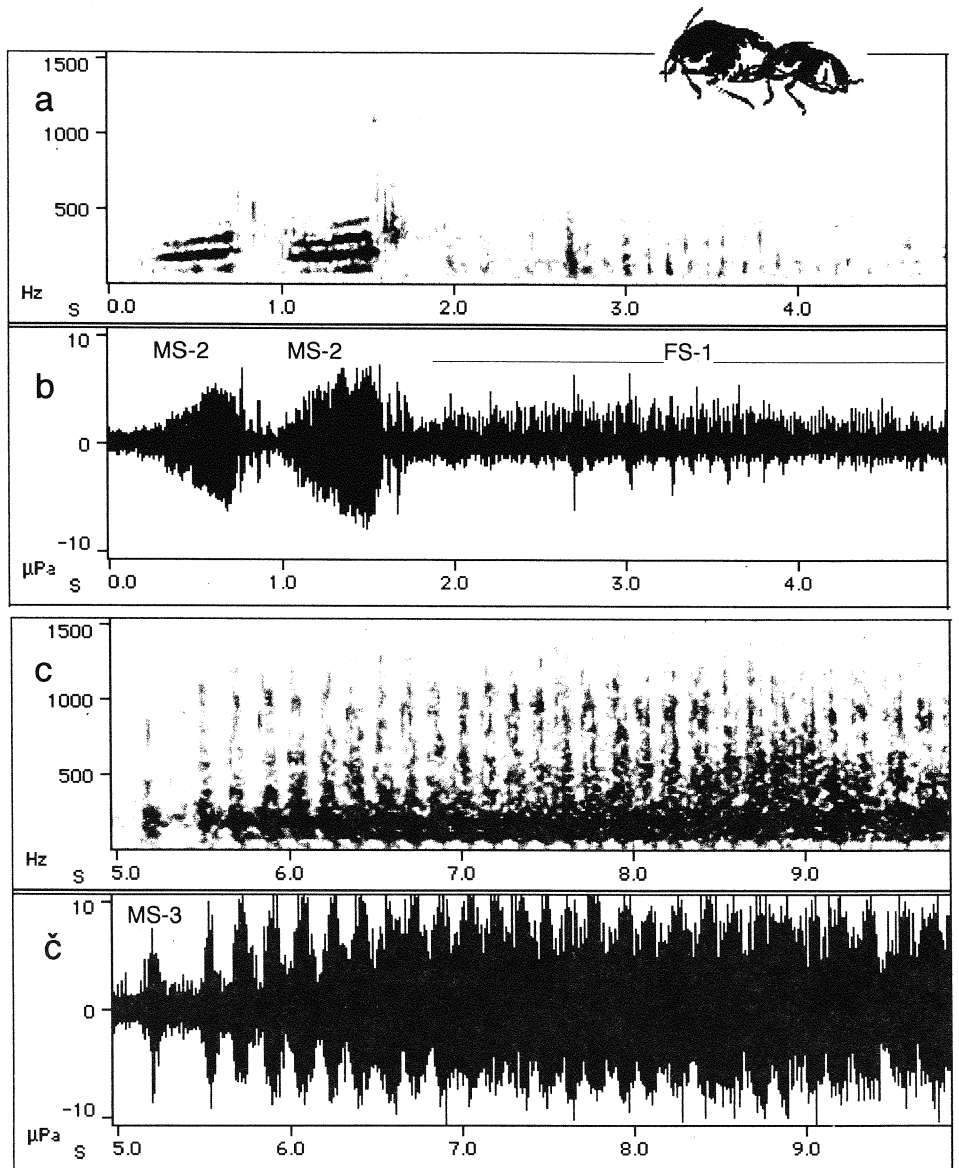
Primer za zvočni repertoar si oglejmo prav pri že večkrat omenjenih stenicah (znanstveno ime skupine: Heteroptera) iz družine Cydnidae. Edine signale, ki jih lahko slišimo brez pripomočkov, so signali vznemirjenja ali alarma, če žival primemo z roko in jo pridržimo pri ušesu. Ti so praktično enaki pri vseh vrstah te družine in variirajo v širokih okvirih. To so izraziti stridulacijski glasovi, torej glasovi, ki nastanejo z drgnjenjem brenkala: zobca ali v tem primeru rebraste površine (tu na prvem členu hrbtne površine zadka) ob vrsto drugih zobcev na drugem delu telesa (v tem primeru na spodnjih krilih)¹² in ki so namenjeni drugim osebkom te vrste, da se umaknejo nevarnosti in morda tudi temu, da vznemirijo eventualne plenilce - predatorje in tako morda stenice dobijo priložnost za pobeg. Zaradi načina nastanka teh vibracij so to frekvenčno širokopasovni signali (sl. 3), ki pa jih zaradi razmeroma visokih frekvenc žuželke uspešno oddajajo v okolje tudi kot zvočno valovanje zraka. To je biološko pomembno, saj imajo nekatere živali, npr. mnogi plenilci, katerim so ti signali včasih tudi namenjeni, dobro razvit sluh.

Mnogo bolj raznoliki so signali samcev in samic v času dvorjenja in parjenja. Pri vrsti, izbrani za prikaz zvočnega repertoarja ene vrste žuželk, to so 6 do 9 mm dolge žuželke z znanstvenim imenom *Tritomegas bicolor*, poznamo pri samcih prvi in drugi napev dvorjenja, ki sta si povsem različna. Oba nastaneta z dvema različnima mehanizmoma, že omenjeno stridulacijo in z mehanizmom za proizvajanje nizkofrekvenčnih vibracij zadka, ki v podrobnostih še ni raziskan, z veliko verjetnostjo pa gre za periodično deformiranje tzv. tergalne plošče, ki je nastala z zlitjem prvih dveh hrbtne členov zadka. Tu ni mesto razpravljati o teh podrobnostih, za nas pa je pomembno dejstvo, da je z dvema sistemoma za produkcijo vibracij možna veliko večja raznolikost njihovih napevov.

Ker te žuželke za razliko od murnov, kobilic ali škržatov nimajo pravega ušesa za zračni zvok (angleško - airborne sound), moramo za prisluškovanje njihovim signalom uporabiti naprave za registracijo vibracij podlage ali pa zelo občutljive mikrofone v neposredni bližini živali. Če torej zagotovimo te pogoje in ujamemo živali v pravem, razmeroma kratkem obdobju njihovega življenja, se nam odkrije najbolj zanimivo zvočno doživetje.

Čim samci začutijo prisotnost samice, se začnejo oglašati s prvim napevom dvorjenja, ki bi ga lahko po analogiji z ravnokrilci in nekaterimi drugimi žuželkami imenovali tudi vabilni napev (calling song). Ta oznanja paritveno pripravljenost samca in vpliva na partnerja, da mu prav tako z vibracijskim napevom odgovori. Vendar se to pogosto ne zgodi takoj. Značilna ponavljajoča se fraza prvega vibracijskega napeva dvorjenja vsebuje daljši nizkofrekvenčni glisando navzgor z izrazitimi višjimi harmoničnimi toni in se konča s serijo treh ali štirih hitro pojemajočih stridulacijskih echemov ali pulzov, ki vsebujejo višje frekvence (sl. 4a). Taka fraza je dolga kakšne pol sekunde in se pogosto začne z nekakšnim nizkofrekvenčnim uvodom, ki že vsebuje osnovni ritem. Nato se šele razvije značilen vzorec v celoti, ta pa se tako po jakosti

12 Gogala M., 1985: Vibrational songs of land bugs and their production. In: Kalming K., Elsner N. (eds.): Acoustic and vibrational communication in insects, 143-150. Paul Parey, Berlin, Hamburg.



Slika 4. Sonograma (a, c) in oscilograma (b, č) napevov dvorjenja stenice vrste *Tritomegas bicolor*. MS-2 - prvi napev in MS-3 - drugi napev dvorjenja samca, FS-2 - privolitveni odgovor samice.

kot tudi frekvenčnih značilnostih med petjem še spreminja. Poleg tega je zelo izrazita tudi individualna variabilnost teh signalov, tako da lahko med skupino nekaj osebkov glasove posameznih pogosto celo prepoznamo.

To ponavljanje osnovnega motiva ali fraze lahko pri živalih v začetku obdobja njihovega parjenja po nekaj minutah celo pojenja, če ni na te napeve nobenega odgovora. Praviloma pa se po nekajsekundnih pavzah samec oglasi še z drugim napevom dvorjenja, ki je izredno intenziven in še najbolj spominja na zaganjanje kakšnega avtomobilskega motorja. Ta drugi napev prav tako nastane z obema mehanizmoma za produkcijo vibracij, vendar kombinirano in ne časovno ločeno. Zato je spekter tega signala širokopasoven. Intenziteta signala v začetku narašča in proti koncu spet pojenjuje, prav tako se spreminja tudi hitrost ponavljanja osnovnega ritmičnega vzorca (sl. 4b).

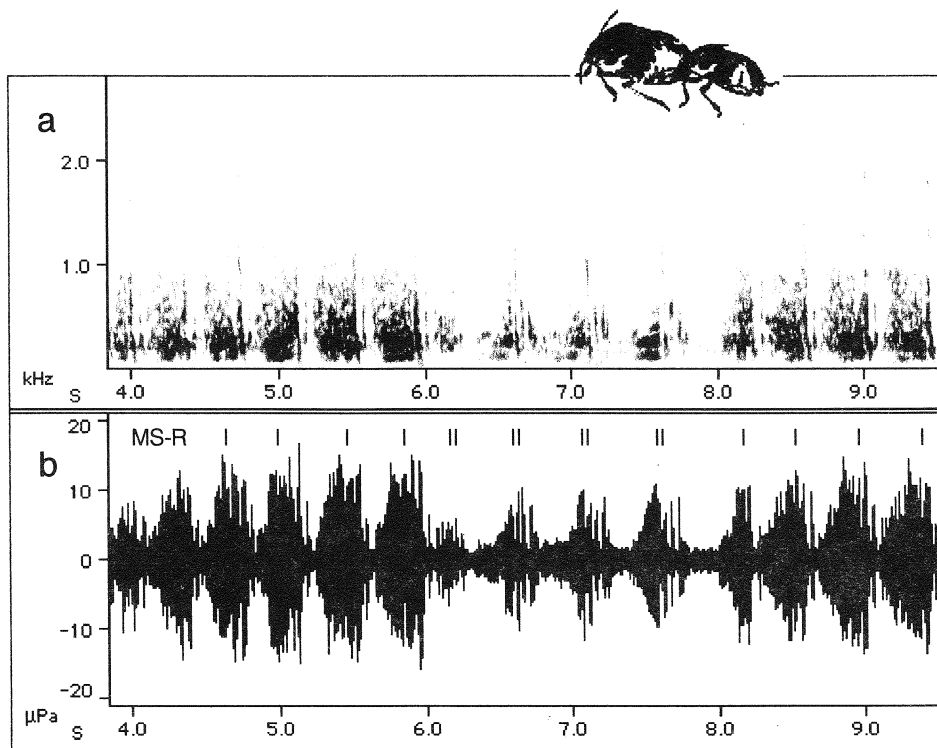
Običajno se šele po nekajurnem ali vsaj več minut dolgem oglašanju samca oglasio tudi samice. Če samica ni pripravljena na parjenje, odgovori samcu s signalom neugodja oz. vznemirjenja, in pri tem običajno sunkovito opleta z zadkom. Če se to nekajkrat ponovi, samec vsaj začasno preneha z dvorjenjem. Če pa je samica pripravljena na parjenje, obmiruje, in se prej ali slej oglasi s svojim privolitvenim napevom, ki je sestavljen iz dolge sekvence kratkih stridulacijskih signalov (sl. 4a). Samica se običajno oglasi po daljšem ponavljanju prvega napeva dvorjenja samca. Takrat samec preneha z oglašanjem in praviloma čez nekaj sekund ponovi mogočen drugi napev, pri čemer samica utihne. To se večkrat ponavlja, lahko celo več ur zaporedoma. Sicer pa samec, če mu samica odgovarja, med petjem prvega napeva kasneje poskuša kopulirati. Obrne se za 180° z zadkom proti samici in poskuša s svojimi genitalijami doseči spolni stik. Celo med tem se pogosto še oglašča, tudi med kopulacijo, vendar je zaradi drugačne aktivnosti v telesu samca signal nekoliko spremenjen in vsebuje manj nizkofrekvenčnih komponent.

Prikazana zvočna interakcija pa je lahko ob prisotnosti drugega samca ali drugih samcev zelo drugačna. Pogosto se namreč na prvi napev dvorjenja enega samca oglasi drugi samec s svojim rivalnim napevom, ki je pri naši izbrani vrsti sicer po strukturi zelo podoben prvemu napevu dvorjenja, razlikuje pa se po spektru nizkofrekvenčnega dela fraze in po časovnih parametrih ter dinamiki stridulacijskih pulzov v frazi (sl. 5). Na rivalno oglašanje enega samca drugi odgovori z enakim signalom in na nekaj fraz ene živali v pavzi odgovori druga, nato zopet prva in to se večkrat ponovi.

Taki izmenjavi signalov pri živalih pravimo alternacija in jo je pri svojih raziskavah zvočnega sporazumevanja opisal in pri poskusih uporabljal že naš rojak in pionir bioakustike žuželk Ivan Regen.¹³ Alternacija je tudi pri opisovanih žuželkah ritmično zanimiva, pri tem pa pogosto lahko opazimo, da se frekvenčne in včasih tudi amplitudne značilnosti fraz ene živali očitno tako spremenijo, da je signal vsakega osebkov dobro prepoznaven. Običajno se osnovni ali vsaj dominantni frekvenci obeh osebkov razmakneta, ali pa se signala obeh rivalov ločita po spektralni sestavi (sl. 5 in 6) - pojav, ki ga poznamo tudi pri povsem drugačni signalizaciji nekaterih živali, npr. pri električnih ribah.¹⁴ Seveda se lahko ob večji gostoti živali alternacija z rivalnimi

¹³ Aljančič M., 1996: Sto let spoznanja o sluhu pri žuželkah. *Proteus* 59(2): 56-68.

¹⁴ Jamming avoidance response - dve električni ribi s prirojeno konstantno frekvenco električnih impulzov znižata oziroma zvišata (razmakneta) svoji frekvenci, čim začutita električne signale druge druge. Tako ostanejo lastni signali prepoznavni. Podobno je tudi pri zvočnih signalih mnogih živali.



Slika 5. Sonogram (a) in oscilogram (b) rivalnega napeva (MS-R) dveh samcev vrste *Tritomegas bicolor*. Fraze prve (I) in druge (II) živali se po jakosti in spektru znatno razlikujejo.

napevi pri več osebkih še bolj zaplete, vendar to ritmično zanimivo medsebojno odgovarjanje ne traja dolgo. Verjetno je biološki pomen rivalnega napeva tudi v prepoznavanju spola potencialnega partnerja, saj pogosto opažamo, da začnejo samci v odsotnosti samic dvoriti tudi drugemu samcu, če pa ta odgovori z rivalnim napevom, ta dejavnost po nekaj alternacijah poneha.

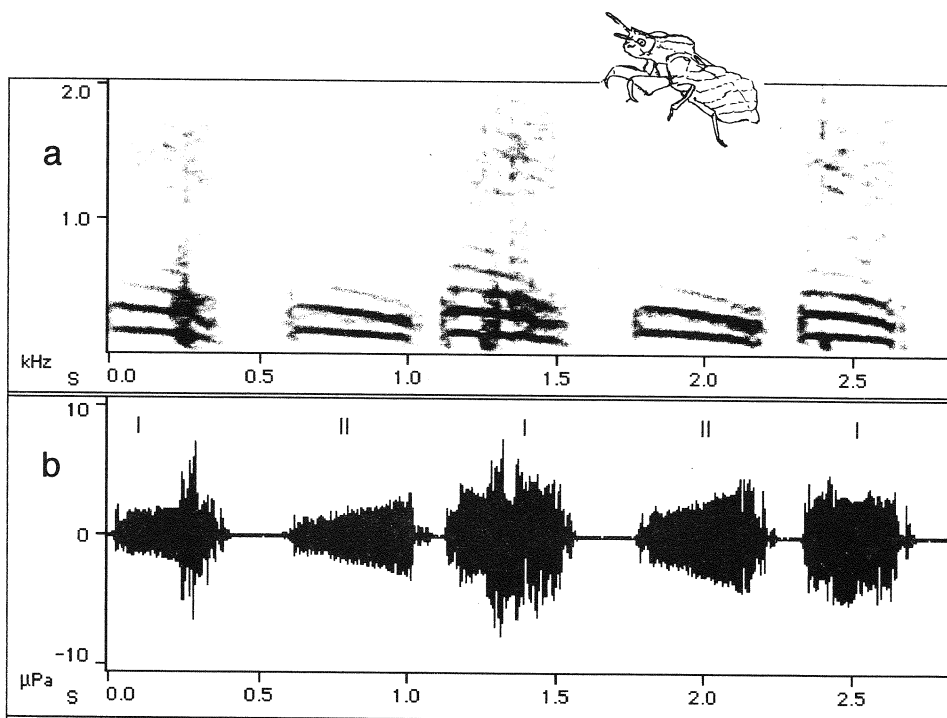
Namenoma sem precej prostora v tem članku uporabil za predstavitev repertoarja ene vrste kot vzorec za razumevanje ostalih primerov. Ne glede na biološki pomen posameznih napevov mislim, da je podobnost nekaterih struktur v teh napevih zanimiva in da podobnosti s primeri v glasbi ni težko najti. Še večjo raznolikost pa lahko najdemo v hitrih in za primerjavo z glasbo zanimivih ritmičnih stenice *Sehirus luctuosus*.¹⁵ Napeve dvorjenja samca prikazuje slika 7. Napeve samcev sestavljajo tranzienti, ki verjetno nastajajo z nenadnim upogibanjem in ponovnim izravnavanjem elastične strukture tergitev (princip timbala). Ti tranzienti se ponavljajo v značilni ritmični strukturi, ki pri ponovitvah ni nikdar enak niti pri posamezni živali. Prihaja tudi

¹⁵ Gogala M., 1978: Akustični signali štirih vrst iz družine Cydnidae (Heteroptera). Biol. vestn (Ljubljana) **26**: 153-168.

do frekvenčnih skokov oz. modulacij in do hitrega medsebojnega alterniranja signalov samca in samice, katere stridulacijski signal je lahko prepoznaven. Podobnost z ritmičnimi soli jazz bobnarjev ob uporabi bobnov in činel je prav neverjetna (sl 7).

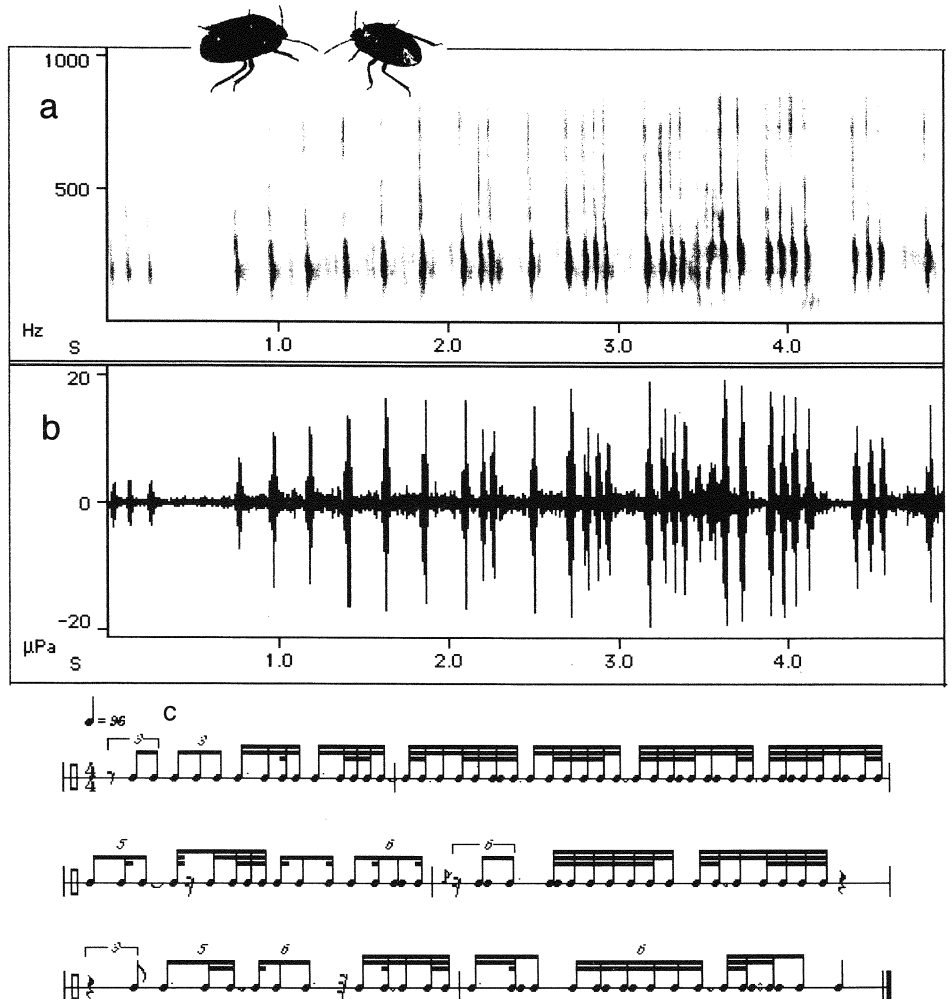
Naj omenim vsaj še eno vrsto med mnogimi vrstami cidnid z zanimivimi signali, to je *Legnotus limbosus*. Ta, komaj 4 mm velika živalca v času parjenja proizvaja zapletene in amplitudno ter frekvenčno bogato modulirane vibracijske vzorce, ki spominjajo na zvok vlaka v daljavi (2. napev dvorjenja), prvi napev pa zopet na bobnanje v počasnem ritmu. Tudi tu je vsaj struktura drugega napeva dvorjenja ob ponovitvah sicer podobna, pa vendar vsakič nekoliko drugačna.

Glasba in ples sta v človeški kulturi tesno povezana. Tudi zametke takega ritmičnega gibanja ob istočasnem petju vibracijskih napevov poznamo pri nekaterih stenicah. Tak primer je napev dvorjenja pri stenici *Picromerus bidens*, kjer samec ob ritmičnem ponavljanju fraze napeva dvorjenja v istem ritmu dviga sprednjo nogo in z njo podrsuje od smeri samice proti sebi. Morda se bo bralcem zdelo pretiravanje tako motoriko imenovati ples, je pa vsekakor gibanje v ritmu lastnega napeva.¹⁶



Slika 6. Alternacija dveh stenic vrste *Phymata crassipes*. a - sonogram, b - oscilogram vibracijskega napeva. Signali vsakega osebka (I, II) so dobro razpoznavni.

¹⁶ Gogala M., neobjavljeno.



Slika 7. Bobnanje (napev dvorjenja) samca vrste *Sehirus luctuosus*. a - sonogram, b - oscilogram in c - notna transkripcija treh zaporednih sekvenc iste živali kot primer variabilnosti signalov.

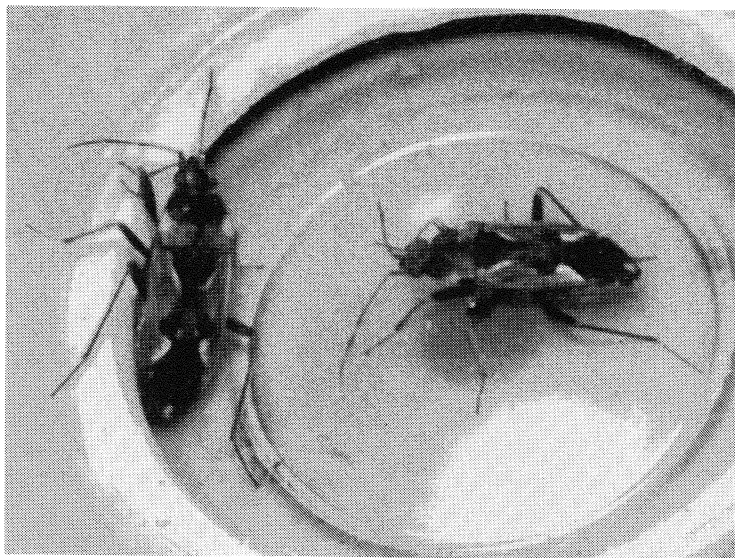
Drug podoben primer je dvorjenje samcev pri stenici iz družine Lygaeidae z znanstvenim imenom *Ryparochromus vulgaris*. Pri tej živali se samec v hitrem ritmu kakšnih petkrat v sekundi na nogah pozibava levo in desno in poplesuje okoli samice, tako da je z glavo stalno obrnjen proti njej (sl. 8). Pri tem proizvaja tudi vibracijski signal, katerega spekter je širokopasoven, časovno pa sovпада z ritmom zibanja telesa.¹⁷

Naslednja stopnja variabilnosti zvočnih oz. vibracijskih signalov, ki je pri žuželkah in posebej stenicah nikakor ne bi pričakovali, je določeno oponašanje zvokov iz okolice

¹⁷ Gogala M., neobjavljeno.

in odgovarjanje nanje. To nenavadno značilnost smo pred leti odkrili pri plenilski stenici *Phymata crassipes*. Ta majhna groteskna žuželka z grabilnimi nogami bogomolke se oglašča tako, da drgne kljunec ob prečno rebrasto brazdo na spodnji strani oprsja, tako kot mnoge njene sorodnice iz obeh sorodnih plenilskih družin stenic Reduviidae in Phymatidae. Poleg stridulacijskih napevov, ki jih tako proizvaja in med katere spadajo spet obrambni oz. alarmni signali in tudi posebni naskočitveni ali predkopulacijski napev, pa smo presenečeni ugotovili, da so tudi te stenice sposobne oglašanja z nizkofrekvenčnimi vibracijskimi napevi. Čim se je ena od njih oglasila s takim nizkofrekvenčnim signalom, ji je takoj odgovorila druga (sl. 6) in morda tudi tretja in alternacija v dvoje ali celo troje je lahko tekla več deset sekund v enakem ritmu.¹⁸

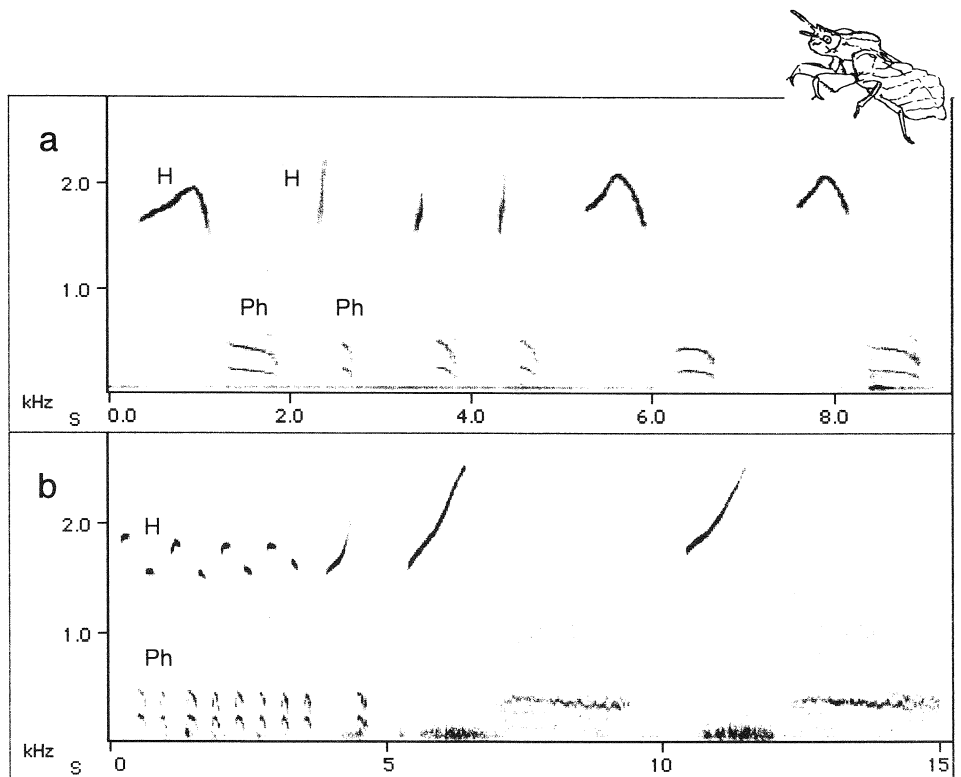
Presenečenje je bilo že, da so se tako oglašali samci, samice in celo nedorasle živali. Največje presenečenje pa je bilo, da so se posamezne žuželke oglašale in tako odgovarjale tudi na človeške glasove ali glasove oz. vibracije iz drugih virov. Še dodatno presenečenje je bilo, da so živali npr. na dolg žvižg odgovorile z dolgim ehomom, na kratkega s kratkim in tako oponašale trajanje tujega dražljaja (sl. 9). Ko smo to odvisnost proučevali, smo ugotovili, da medsebojna odvisnost dolžine dražljaja in odgovora ni preprosto linearna, temveč sledi funkciji $R = a + b \cdot \log S$, kjer je S dolžina zvočnega dražljaja, R dolžina odgovora stenice, a in b pa regresijska koeficienta. Res je, da te žuželke niso sposobne oponašati poleg dolžine drugih značilnosti dražljaja, npr. osnovne frekvence, barve zvoka itd., kljub temu pa je ta njihova sposobnost za žuželke presenetljiva. Najkrajši odgovori so trajali 0,05 s in najdaljši kar 3.1 s.¹⁹



Slika 8. Dvorjenje s plesom pri stenicah vrste *Ryparochromus vulgaris*. Samec (desno) poplesuje med oddajanjem napeva dvorjenja, obrnjen k mirujoči samici (levo).

18 Gogala M., Čokl A., 1983: The acoustic behaviour of the bug *Phymata crassipes* (F.) (Heteroptera). Rev. Can. Biol. Expetl. 42: 249-256.

19 Gogala M., Virant M., Blejec A., 1984: Mocking bug *Phymata crassipes* (Heteroptera). Acoustic Letters 8: 44-51.



Slika 9. Sonagrama oponašanja dolžine zvočnih signalov iz okolice pri stenici vrste *Phymata crassipes*. Žival je odgovarjala na različno dolge žvižge osebe (H) z različno dolgimi vibracijskimi signali (Ph). To nenavadno vedenje je skupno samcem, samicam in celo nedoraslim osebkom.

O biološkem pomenu te sposobnosti lahko le ugibamo, še najverjetneje je, da tako lahko privabijo različne druge žuželke, ki se tudi oglašajo z vibracijskimi napevi, in tako lažje pridejo do plena. Drugače si namreč težko razložimo, da kažejo to vedenje odrasle in nedorasle živali ne glede na spol. Njihov nizkofrekvenčni odgovor leži v frekvenčnem območju 200 - 500 Hz, ki je značilno za vibracijske signale mnogih drugih vrst žuželk: drugih stenic, malih škržatov, nekaterih dvokrilcev in kožokrilcev, torej mnogih žuželk, ki lahko postanejo njihov plen.

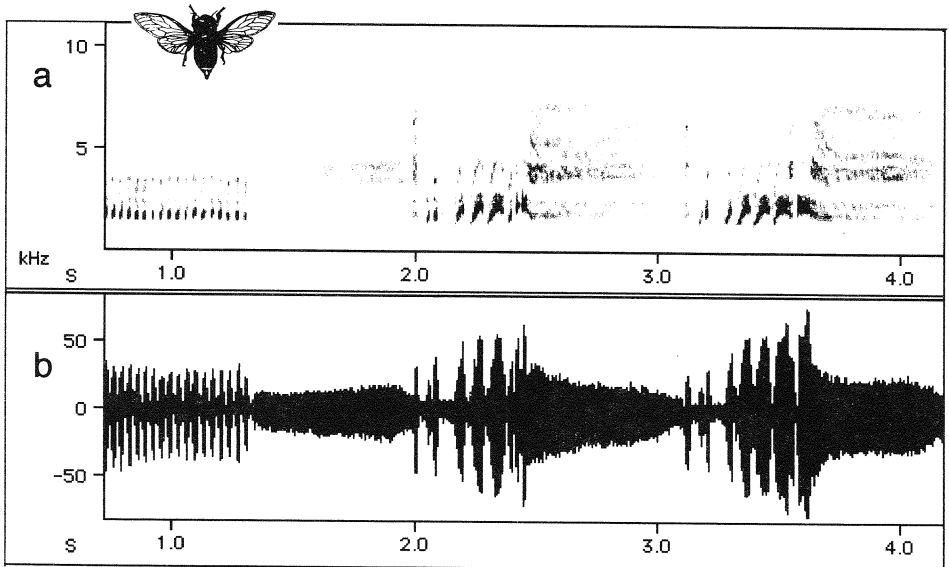
Čeprav sem že v domačih logih našel veliko izredno zanimivih primerov zvočnih in vibracijskih napevov, je bilo tudi zame pravo odkritje neverjetno zvočno bogastvo tropskih pragozdov. Imel sem srečo, da sem se v preteklih nekaj letih udeležil nekaterih odprav v tropske deževne gozdove jugovzhodne Azije na Tajskem in v Maleziji. Izredna biotska raznolikost, o pomenu katere se danes veliko piše in ki marsikje zaradi človeške brezobzirnosti grozljivo hitro izginja, se odraža tudi v zvočnem bogastvu.

V pragozdovih jugovzhodne Azije so name najmočnejši vtis naredili škržati.²⁰ Za razliko od evropskih vrst so glasovi mnogih melodični, nekateri spominjajo na glasove

ptičev, drugi na glasove štirinožnih živali, tretji na glas trobente in še bi lahko naštevali. Kljub temu, da je njihov osnovni mehanizem oglašanja timbal, torej elastična obokana membrana, ki jo posebne mišice sunkovito z glasnim pokom upognejo, nato pa se zaradi elastičnosti z drugim pokom ali tiho spet povrne v prvotno lego, so glasovi nekaterih tropskih škržatov zaradi resonančnih mehanizmov spektralno čisti in v mnogih primerih vsebujejo zapletene vzorce frekvenčne modulacije, z drugo besedo melodijo (sl. 10).

Mnoge vrste teh škržatov se oglašajo samo v določenem delu dneva ali noči, ki je lahko omejeno na približno 30 minut do ene ure.²¹ Poznamo jutranje, poldnevne in večerne škržate ter celo vrsto ki se oglašajo samo okoli polnoči. Seveda pa poznamo tudi vrste, ki niso tako časovno omejene, temveč se oglašajo tako kot naši škržati v večjem delu dneva ali celo noči.

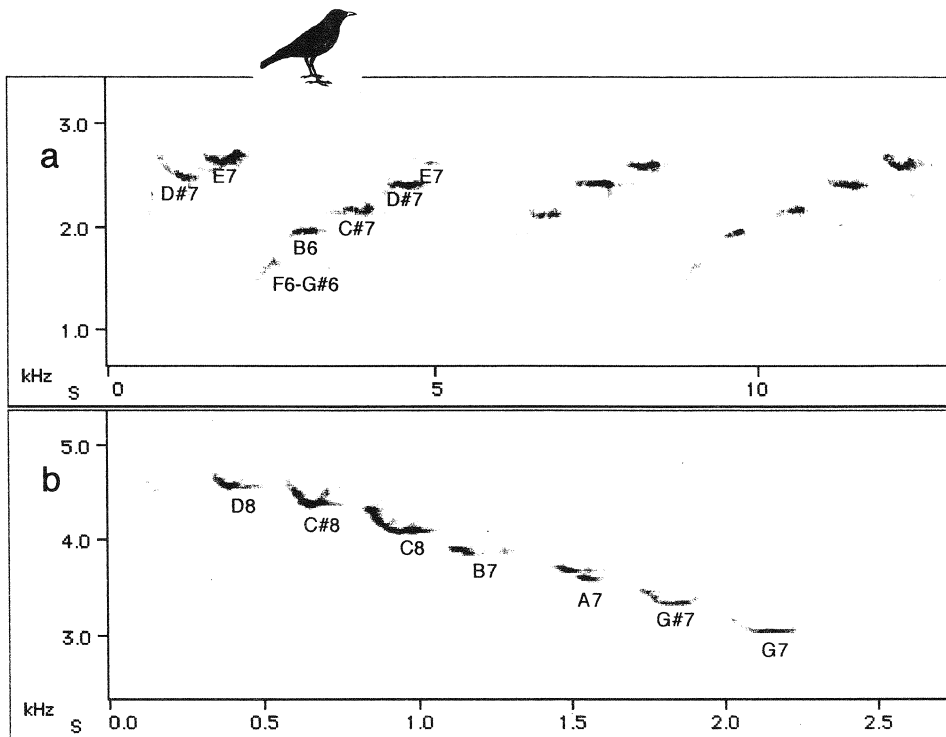
Tudi mnoge druge živali v pragozdovih so zaradi svojih zvočnih emanacij vredne omembe. Tako me je presenetilo, da je kar nekaj vrst ptičev kazalo precejšnjo stopnjo tonalnosti. Vneto so prepevali lestvice, durove ali molove navzgor in navzdol, hitro ali počasi (sl. 11). Najbolj pa mi je bil všeč ptič z znanstvenim imenom *Myiophoneus caeruleus*, ki mu malajci pravijo "whistling" ali "the idle schoolboy" in neutrudno ponavlja preprosto sekvenco tonov durove lestvice, jo ob slabi intonaciji nato prekine in začne vse skupaj znova. Kot da bi stal pred stavbo Glasbene matice... (sl. 11a).



Slika 10. Napev "trilčka", še neidentificiranega škržata iz Malezije, ki spominja po mnogih značilnostih na ptičje petje.

20 Vzorci takih napevov so dosegljivi na omrežju (Internet) na naslovih:
http://www2.arnes.si/guest/ljpriradm3/asian_cicadas.html
<http://www.biologie.uni-freiburg.de/data/zoology/riede/cicada.html>

21 Gogala M, Riede K., 1995: Time sharing of song activity by cicadas in Temengor Forest reserve, Hulu Perak, and in Sabah, Malaysia. *Malayan Nature Journal* 48: 297-305.

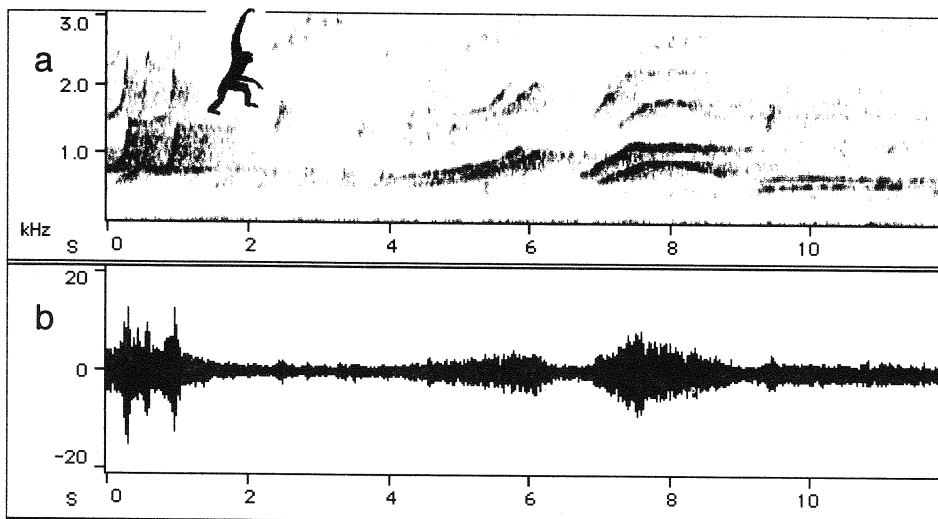


Slika 11. V tropskih pragozdovih lahko slišimo med različnimi živalskimi glasovi tudi take primere prepevanja lestvic : a - napev ptiča *Myiophoneus caeruleus* in b - napev neidentificiranega ptiča iz Malezije.

S tonalnostjo, konsonancami in disonancami pa je tako, da najdemo v naravi veliko potrditev za elementarnost teh pojmov. Ne bom pozabil "koncerta" gibonov v tajskem naravnem parku Taleban. Skupina teh živali je prepevala v poznem popoldnevu, v pragozdnem pobočju pred nami. Glasovi so se prepletali v nekakšnem sozvočju, z vodilnimi in spremljevalnimi glasovi. Pravo mojstrstvo sta pokazali dve živali, ki sta prepevali v akordu v usklajenem glisandih, česar prej še nikdar nisem slišal (sl. 12). Če to ni živalska različica zborovskega petja?

V srcu tropskega pragozda ni nikdar tiho. Še najmanj glasne so živali nekje proti jutru, okoli četrte ali pete ure. Nov dan pa npr. v malajskih pragozdovih ob spremljavi mnogih vrst ptic najavijo fanfare - neka dosedaj še nedoločena vrsta škržatov.²² Ta se tako glasno oglašča, da zbudi še takega zaspanca. Vendar traja njihova budnica le pol ure, od 7^h do 7.30 in že prevzamejo vodilno vlogo v zvočni sliki pragozda druge živali, razni ptiči in spet drugi škržati. V deviškem pragozdu so vsa frekvenčna območja zapolnjena,²³ tako kot so v človeškem svetu radijske postaje razporejene po

²² Primeri tega dogajanja so posneti na kaseti Belum - Sosledje zvokov v Belumskem pragozdu. CC 57/1, Prirodoslovno društvo Slovenije, 1994.



Slika 12. Prepevanje glisandov v sozvočju dveh glasov je le ena od posebnosti opic gibonov, katerih petje velja poleg glasov grbavega kita za morda najkompleksnejše živalsko oglašanje. Posnetek je iz narodnega parka Taleban na Tajskem.

razpoložljivem elektromagnetnem območju. Od ure do ure se zvočna slika spreminja, nastopajo novi solisti in zbori, proti večeru pa se začne najbolj vznemirljiv del zvočnega dogajanja. V večernem mraku okoli 6^h do 7^h se spet oglasijo veliki in glasni škržati s svojimi glasovi, ki po barvi glasu in ritmiki neverjetno spominjajo na glasove trobent, oslovsko riganje ali na trilčke nekaterih vrst ptičev. V ozadju ta čas narašča spremljava mnogih žuželk iz skupine bramorjev, murnov, čričkov in kobilic, ki se okoli pol osmih združijo v fortissimu, ki spominja na zvok orgel z odprtimi vsemi registri. To neverjetno zvočno sliko dopolnjujejo še glasovi nekaterih ptičev, lajanje jelenov, oglašanje opic in celo globoko in glasno ritmično oglašanje drevesnih kuščarjev, gekonov.

Ta klimaks ali maksimum se nato začne počasi umirjati in spreminjati v nekaj, čemur smo rekli nočna glasba, z ritmičnim oglašanjem raznih čričkov in drugih žuželk, ukanjem, čivkanjem in regljanjem žab ter raznih ptičev in drugih nočnih živali. Ko se z ohlajanjem ozračja ta ritem umirja, ga prekinejo skrivnostni zategli klici fazanov argus, ki jih tam ni težko slišati, vidi jih pa le malokdo. Ponekod drugod, v višjih predelih malajske džungle, lahko to nočno glasbo okoli polnoči nenadoma prekine tudi glasno zateglo trobentanje polnočnega škržata²².

Vse to zvočno bogastvo je na mene delovalo kot čudovita simfonija, ki se sicer vsak dan ponavlja in je vendar vsakič drugačna. Pojavljajo se nove živali, novi glasovi, nekateri pevci se selijo iz kraja v kraj ali se med petjem počasi premikajo po pragozdu, temu pa se pridruži lahko še šumenje vetra, grmenje nevihte, šuštenje dežja ali bučanje tropskega naliva. Zato ta predstava ni nikdar dolgočasna za človeka, ki ima

²² O tem poroča npr. tudi Riede, K. (1993): Monitoring biodiversity: Analysis of Amazonian rainforest sounds. *Ambio* 22, 546-548.

posluš za naravo. Za živali pa je seveda življenjsko pomembna, saj ureja njihovo razporeditev v naravi, omogoča iskanje spolnih partnerjev in izpolnjuje še druge pomembne biološke funkcije.

Ni čudno, da danes srečujemo vrsto posnetkov zvokov iz narave, ki jih ljudje doma predvajajo s kaset ali CD-plošč²⁴ - za nadomeščanje zvočnih doživetij v naravi, kot posebne vrste glasbo,^{25,26} za meditacijo, relaksacijo²⁷ ali le kot zvočne vzorce, ki budijo asociacije na lepa doživetja v preteklosti. Mnogi glasbeniki iščejo nove zvoke, motive in glasbene ideje pri snemalcih naravnih zvokov kar po svetovnem spletu - Internetu in preko drugih komunikacijskih sredstvih, kar vem iz lastne izkušnje. Taki posnetki se potem pojavljajo vsaj kot nekakšna začimba ali tudi glavna vsebina v glasbi različne vrste od pop glasbe in jazza do simfonične glasbe.

Korenine glasbe so gotovo v naravi, saj se je človeški sluh razvijal v interakciji z naravnim okoljem. Po drugi strani je res, da je glasba, kakršno danes pojmuje, prav gotovo človeška iznajdba in to že v davni preteklosti. In vendar ni dvoma, da nekateri živalski zvočni signali in drugi signali iz narave budijo s svojo strukturo in spektralno sestavo človeške emocije tudi brez asociacij, na podoben način kakor glasba. Naj spomnim le na pomladansko petje slavca ali otožno oglašanje čričkov v poznem poletju.

Težko je, o svetu zvoka in glasbe le pisati - pomembno je primere, o katerih sem pisal, tudi slišati in potem o njih in o napisanem soditi. Zato vabim vse, ki so to pisanje avtorja iz drugega strokovnega področja prebrali, da si krajše izbrane posnetke reproducirate z domače strani svetovnega spleta,²⁸ ali pa si zavrtite vsaj katerega od posnetkov s kaset in zgoščenk, ki so omenjene v referencah in predstavljajo poskuse, uporabiti originalne posnetke opisanih zvokov in vibracij iz narave za neko vrsto glasbe. Morda pa je najbolje samo pazljivo prisluhniti glasovom v naravi.

SUMMARY

The author, a biologist with some musical education and experience, has been working in the field of bioacoustics for more than 40 years. He wants to show on the examples from his investigations, mainly on insects but also on some other animals, properties of the animal sounds, interesting also from the musical point of view. Presented is the vast diversity of acoustic signals, the variability of animal songs, and the presence of some musical elements in these samples. One can find in animal songs complicated patterns and rhythms, regular alternation, imitation of other sounds, singing in tonal modes, singing in harmony with another specimen or specimens and even a kind of dancing in the rhythm of its own song.

24 Npr. serija zgoščenk W. Tilgnerja: The sound of nature (Natural Sound / Wergo Schallplatten, Mainz), francoske zgoščenke serije Concerts Naturels (Sittelle, Mens) ali Summer nights in Finland, Veikko Neuvonen, Radio Suomi 1995.

25 Npr. kaset Perovšek B.: Dotiki. Prirodoslovni muzej Slovenije, 1992 in zgoščenka Dotiki - Touchings. B. Perovšek 1996, samozaložba.

26 Symphony of the insect, Tadaaki Kisaka, Della Inc., Tokyo 1995.

27 Npr. serija Gentle Persuasion - The sounds of Nature.

28 Nova domača stran bo pripravljena na naslovu: <http://www2.arnes.si/~ljprirod3/bioakustika.html>.

Most examples presented in the first part of this paper are from vibrational songs of European species of bugs (Insecta: Heteroptera) and in the second part from animals (cicadas, birds and mammals) recorded in the tropics. The biodiversity of tropical rainforests is mirrored in the richness of soundscapes, especially in S.E. Asia. During his expeditions the author was particularly impressed by the acoustic diversity of tropical cicadas, characterised by degree of frequency modulation unusually high for insects and for many species strictly singing only during specific short time window during the day or the night. There are also birds, singing in scales up and down, and gibbons, singing in polyphony. The whole soundscape of undisturbed tropical rainforest is a never ending symphony of nature, changing from hour to hour, with the climax at dawn.

Recently many musicassettes and CD-s are produced with recordings of soundscapes or selected animal sounds with the aim to substitute natural events, for meditation, as interesting acoustic background, or for scientific purposes. Some composers use recordings of animal sounds as sources of new ideas or even as material for bioacoustic compositions. Digitised sound samples used for this paper are available on Internet at the address: <http://www2arnes.si/~ljprirodm3/bioakustika.html>. But one should prefer listening to the real sounds in nature...