

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE  
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ  
KATEDRA EKOLOGIE

ŠPECIFIKÁCIA HLASOVÉHO REPERTOÁRU  
VYBRANÝCH DRUHOV RODU *GRACULA*

DIPLOMOVÁ PRÁCA

Diplomant: Bc. Kristína Kližanová  
Vedúci práce: prof. Dr. Mgr. Miroslav Šálek  
Konzultant: Ing. Tereza Švejcárová

2020

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Kristína Kližanová

Inženýrská ekologie  
Ochrana přírody

Název práce

Špecifikácia hlasového repertoáru vybraných druhov rodu "*Gracula*"

Název anglicky

Acoustic repertoar specification of selected species of genus "*Gracula*"

---

### Cíle práce

Analýza voľne dostupných nahrávok vybraných druhov rodu "*Gracula*" pochádzajúcich z celého areálu rozšírenia, za účelom vytvorenia katalógu jednotlivých hlasových elementov.

Porovnanie voľne dostupných nahrávok s nahrávkami kriticky ohrozených druhov rodu "*Gracula*" z oblasti ostrovov Západnej Sumatry.

Potencionálny prínos pre ochranu ohrozených druhov rodu "*Gracula*".

Hypotéza: Analýza hlasového repertoáru rodu "*Gracula*" umožňuje stanovenie príslušnosti k jednotlivým taxónom.

### Metodika

1. Použitie nahrávok z dostupných zdrojov – Xenocanto, Avocet a nahrávok z oblasti ostrovov Západnej Sumatry.
2. Vizualna analýza vokalizácie pomocou softvéru Raven a online programu Koe na meranie podobnosti jednotlivých elementov.
3. Vytvorenie databázy jednotlivých hlasových elementov špecifických pre jednotlivé taxóny.

**Doporučený rozsah práce**

cca 30 stran textu, přílohy dle potřeby

**Klíčová slova**

beo bioakustika ochrana ohrožených druhů dialekty geografická variabilita hlasové elementy

---

**Doporučené zdroje informací**

- Archawaranon M., 2003: The impact of human interference on Hill Mynahs *Gracula religiosa* breeding in Thailand. *Bird Conservation International*. 13 (2): 139–149. doi:10.1017/s0959270903003125.
- Archawaranon M., 2005: Vocal Imitation in Hill Mynahs *Gracula religiosa*: Factors Affecting Competency. *International Journal of Zoological Research*. 1: 26–32. doi: 10.3923/ijzr.2005.26.32.
- Bertram B., 1970: The Vocal Behaviour of the Indian Hill Mynah, *Gracula religiosa*. *Animal Behaviour*. 3: 79–192.
- Craig A., Feare, C., 2009: Family Sturnidae (Starlings). In: del Hoyo, J., Elliot A., Christie D. A. (eds.): *Handbook of the Birds of the World – Volume 14*. Lynx Editions, Barcelona. S. 654–758. ISBN: 9788596553507.
- Jepson P. & Ladle R. J., 2005: Bird-keeping in Indonesia: conservation impacts and the potential for substitution-based conservation responses. *Oryx*. 39 (39), 1–6, 442. doi:10.1017/s0030605305001110.
- 

**Předběžný termín obhajoby**

2019/20 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

prof. Dr. Mgr. Miroslav Šálek

**Garantující pracoviště**

Katedra ekologie

**Konzultant**

Ing. Tereza Švejcarová

Elektronicky schváleno dne 24. 3. 2020

**doc. Ing. Jiří Vojar, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 25. 3. 2020

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 25. 03. 2020

---

### **Čestné prehlásenie**

Prehlasujem, že som túto diplomovú prácu vypracovala samostatne pod vedením prof. Dr. Mgr. Miroslava Šálka a konzultantky Ing. Terezy Švejcarovej. Uviedla som všetky literárne pramene, z ktorých som čerpala.

Prehlasujem, že vytlačená verzia sa zhoduje s verziou odovzdanou cez Univerzitný informačný systém.

V Prahe 29.6.2020

.....

## **Pod'akovanie**

V prvom rade by som sa chcela poďakovať môjmu školiteľovi prof. Dr. Mgr. Miroslavovi Šálkovi za umožnenie písania diplomovej práce na túto tému. Moje veľké poďakovanie patrí Ing. Tereze Švejcarovej za nespočetné konzultácie, podporu, vedenie. Ďalej ďakujem za bioakustické konzultácie RNDr. Tereze Petruskovej, Ph.D. a prof. RNDr. Adamovi Petruskovi, Ph.D. za pomoc s analýzou identifikovaných repertoárov. V neposlednom rade ďakujem všetkým blízkym, ktorí ma neustále podporovali a verili, že to dotiahnem do úspešného konca.

# Abstrakt

Rod beo (*Gracula*) obsahuje taxóny menej, ale aj kriticky ohrozené. Dôvodom je strata habitatu, ale hlavne vysoká popularita na trhoch s domácimi zvieratami, kvôli jeho schopnosti imitovať ľudskú reč a iné zvuky. Dôležitým aspektom jeho ochrany je správna identifikácia ohrozených taxónov, pričom morfológické a genetické určenie rozdielov vyžaduje vysoko odborné znalosti. Potencionálnym riešením je identifikácia na základe jeho hlasového repertoáru, čo je cieľom tejto diplomovej práce. Použité nahrávky pokrývajúce takmer celý areál rozšírenia rodu pochádzajú zo stránok xeno-canto a avocet, zároveň z osobných nahrávok Terezy Švejcovej a Tomáša Ouhela. Z nich boli identifikované repertoárové elementy v programe Raven Pro. Následne vznikol katalóg s typmi elementov nachádzajúcich sa u príslušných taxónov. Cez UPGMA dendrogram bola zistená možnosť identifikácie niektorých taxónov podľa ich hlasové repertoáru. Jedná sa o druhy beo cejlónsky (*Gracula ptilogenys*), beo malozobý (*Gracula indica*), beo vraní (*Gracula robusta*) a jeden poddruh beo posvätného (*Gracula religiosa*) *G. r. miotera*. U ostatných poddruhov beo posvätného repertoár obsiahnutý v dostupných nahrávkach nebol dostatočne diskriminujúci. Prínosom je vytvorený katalóg repertoáru beo, ktorý má potenciál prispieť k ich ochrane zjednodušením taxonomickej identifikácie. Zároveň výsledky tejto práce poskytujú ďalší podporný argument pre povýšenie poddruhu *miotera* na samostatný druh.

**Kľúčové slová:** ochrana ohrozených druhov, beo, dialekty, bioakustika, geografická variabilita, hlasové elementy

# Abstract

The genus *Gracula* includes taxa less but also critically endangered. The reasons constitute of habitat loss and mainly its high popularity on pet markets caused by their ability to mimic human speech and other sounds. The correct identification of endangered taxa represents an important conservation tool, at the same time morphological and genetical identification of taxonomical differences requires expertise. Potential solution lies in the identification based on Hill Myna's vocal repertoire, which is the aim of this thesis. The recordings used, covering almost the entire distribution range of the genus, come from xeno-canto and avocet online sources as well as from personal recordings by Tereza Švejcárová and Tomáš Ouhel. Based on those recordings repertoire elements were identified using Raven Pro software. Subsequently a catalog with elements present in the respective taxons was created. The UPGMA dendrogram revealed the possibility to identify some of the taxa through their vocal repertoire. It includes Sri Lanka Hill Myna (*Gracula ptilogenys*), Southern Hill Myna (*Gracula indica*), Nias Hill Myna (*Gracula robusta*) and one subspecies of Common Hill Myna (*Gracula religiosa*) *G. r. miotera*. The repertoire contained in the available recordings of other subspecies of Common Hill Myna was discriminatory insufficient. The catalog consisting of Hill Myna repertoire has a potential to contribute to their conservation by simplifying the taxonomic identification. At the same time, the results of this thesis provide another supporting argument for the recognition of the subspecies *miotera* as a separate species.

**Key words:** conservation of endangered species, Hill Myna, bioacoustics, dialects, geographical variation, vocal elements

## Obsah

|   |    |
|---|----|
| 1 Úvod .....  | 1  |
| 2 Ciele práce .....                                     | 2  |
| 3 Literárny prehľad.....                                | 3  |
| 3.1 Biológia rodu beo .....                             | 3  |
| 3.2 Stručná charakteristika vybraných taxónov.....      | 6  |
| 3.2.1 Beo malozobý ( <i>Gracula indica</i> ) .....      | 6  |
| 3.2.2 Beo cejlónsky ( <i>Gracula ptilogenys</i> ) ..... | 6  |
| 3.2.3 Beo vraní ( <i>Gracula robusta</i> ) .....        | 7  |
| 3.2.4 <i>Gracula venerata</i> .....                     | 7  |
| 3.2.5 Beo posvätný ( <i>Gracula religiosa</i> ) .....   | 7  |
| 3.3 Ohrozenie .....                                     | 10 |
| 3.3.1 Strata habitatu .....                             | 10 |
| 3.3.2 Beo ako domáce zviera .....                       | 10 |
| 3.3.3 Hybridizácia .....                                | 12 |
| 3.3.4 Legislatíva .....                                 | 12 |
| 3.4 Vokalizácia .....                                   | 13 |
| 3.4.1 Vokalizácia podľa Bertrama .....                  | 14 |
| 3.4.2 Geografická variabilita .....                     | 17 |
| 3.4.3 Imitácia .....                                    | 18 |
| 3.4.4 Aplikácia štúdia vokalizácie.....                 | 19 |
| 4 Metodika .....  | 22 |
| 4.1 Nahrávky .....                                      | 22 |
| 4.2 Vizúálna analýza .....                              | 25 |
| 4.3 Analýza repertoáru .....                            | 25 |
| 5 Výsledky .....  | 27 |
| 5.1 Vizúálna analýza .....                              | 27 |
| 5.2 Analýza repertoáru .....                            | 29 |



|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 6 Diskusia .....                    | 30 |
| 7 Záver .....                       | 34 |
| 8 Zdroje .....                      | 35 |
| 9 Prílohy .....                     | 44 |
| Príloha 1 – katalóg elementov ..... | 44 |
| Príloha 2 – UPGMA dedrogram.....    | 71 |

# 1 Úvod

Rod beo (*Gracula*) sa vyskytuje od západnej Indie, cez juhovýchodnú Áziu, ďalej Indonéziu, Filipíny až po Malé Sundry (Eaton et al. 2016). Zahŕňa druhy vtákov, u ktorých je zaevidovaný trend klesajúcich populácií (BirdLife International 2016, 2018). Ohrozenie plyní jednak zo straty pôvodného lesného habitatu (Eaton et al. 2015), ale aj z popularity medzi chovateľmi a vysokou cenou na trhu s domácimi zvieratami. Dôvodom je jeho schopnosť imitácie ľudskej reči a ďalších rôznych zvukov (Nijman 2010). Niektoré druhy beo sú kvôli tomu na pokraji vyhynutia, iné zatiaľ nie. U mnohých sa zároveň nepozná presný stav populácií, pretože výskum je príliš náročný a obývaná oblasť je veľmi rozsiahla (BirdLife International 2016, 2018). V taxonómii rodu beo dlho panovali nejasnosti (Sibley & Monroe 1990, 1993; Craig & Feare 2009; del Hoyo et al. 2016), a tak sa nemuseli chrániť tie druhy, ktoré to naozaj potrebujú alebo dochádzalo aj v ľudskej starostlivosti k nevedomej a nechcenej hybridizácii (Švejcarová pers. comm. 2020). Jednou z možností ako identifikovať druhy beo je morfológia, tá však nemusí byť vždy jednoduchá na rozlíšenie alebo genetika, ktorá je finančne náročná a v daných miestach častokrát nedostupná (Ng et al. 2020). Ďalšou možnosťou by mohla byť identifikácia podľa ich vokalizácie. Aj napriek tomu, že má imitačnú schopnosť, ak je chytený z voľnej prírody ako dospelý jedinec, má zachovaný svoj pôvodný repertoár (Archawaranon 2005a), a tak by mohlo byť možné zistiť jeho taxonomické zaradenie. Vokalizácii rodu beo sa zatiaľ veľká pozornosť nevenovala, preto sa táto diplomová práca zameriava práve na jej analýzu, ktorá by mohla pomôcť s taxonomickým určením a lepším chránením druhov rodu beo.

## 2 Ciele práce

Cieľom diplomovej práce je celková analýza vokalizácie rodu beo, z voľne dostupných nahrávok pochádzajúcich z celého areálu ich rozšírenia. Jedným z krokov je vytvorenie katalógu jednotlivých hlasových elementov. Ďalšiu súčasť predstavuje porovnanie voľne dostupných nahrávok s nahrávkami kriticky ohrozených druhov z oblasti ostrovov Západnej Sumatry. Diplomová práca má potencionálny prínos pre ochranu ohrozených druhov rodu beo.

Hypotéza: Analýza hlasového repertoáru rodu beo umožňuje stanovenie príslušnosti k jednotlivým taxónom.

## 3 Literárny prehľad

### 3.1 Biológia rodu beo

Rod beo (*Gracula*) je zaradený do čeľade škorcovitých (Sturnidae), ktoré patria medzi podskupinu Oscines v skupine spevavce (Passeriformes) (Higgins et al. 2006). Ich prirodzený výskyt sa tiahne od západnej Indie, cez juhovýchodnú Áziu, ďalej Indonéziu, Filipíny až po Malé Sundry (Eaton et al. 2016). Areál rozšírenia je tak veľký viac ako 12 500 000 km<sup>2</sup> (BirdLife International 2020). Taxonómii rodu beo nebola venovaná dostatočná pozornosť, a teda sú v nej značné nejasnosti. Najmä u beo posvätného (*Gracula religiosa*) a jeho poddruhov, z čoho vyplýva aj konečný počet druhov. Mnoho autorov uvádza rôzne členenie – napr. Sibley & Monroe (1990, 1993) popisujú 10 poddruhov u beo posvätného, a teda celkovo 4 druhy v rode (*G. religiosa*, *G. indica*, *G. ptylogenys*, *G. robusta*) s ktorými pracuje CITES (CITES 2020). Podľa iných autorov je 5 druhov rodu beo (navýšenie o *G. r. enganensis*) a 7 poddruhov beo posvätného (Craig & Feare 2009). Momentálne Červený zoznam aj BirdLife (2016, 2018, 2020) pracujú s 5 druhmi, pričom uvádzajú *Gracula r. venerata* ako samostatný druh (namiesto *G. r. enganensis*) podľa del Hoyo et al. (2016):

1. Beo posvätný – *Gracula religiosa* (Linnaeus 1758)
  - a) *G. r. peninsularis*
  - b) *G. r. intermedia*
  - c) *G. r. andamanensis*
  - d) *G. r. miotera*
  - e) *G. r. batuensis*
  - f) *G. r. enganensis*
  - g) *G. r. religiosa*
  - h) *G. r. palawanensis*
2. Beo malozobý - *Gracula indica* (Cuvier 1829)
3. Beo cejlónsky - *Gracula ptylogenys* (Blyth 1846)
4. Beo vraní - *Gracula robusta* (Salvadori 1887)
5. *Gracula venerata* (neexistuje slovenský ekvivalent) (Bonaparte 1850)

Kvôli veľkému počtu poddruhov beo posvätného, ktoré sú izolované na malých ostrovoch má toto členenie stále priestor na zmeny. Ng et al. (2020) navrhujú povýšenie *G. r. miotera* na samostatný druh.



Obr. 1: Zobrazenie rozšírenia rodu *Gracula* (BirdLife International 2020)

Druhy rodu beo sú pohlavne uniformné (Bertram 1970) – obidve pohlavia majú čierne perie s kovovými odleskami fialovo - modro - zelenej farby (Craig & Feare 2009), na krídlach biele zrkadielko veľkostne sa líšiacie medzi druhmi (Mayr & Greenway 1962; Bertram 1970; Eaton et al. 2016), mohutný oranžovo-žltý zobák (Craig & Feare 2009) a na hlave typické žlté neoperené laloky. Predný sa nachádza pod okom a zadný vedie od dolnej oblasti oka po zátylok. Tvar laloku je špecifický pre druhy, ale aj poddruhy a je súčasťou aj rôznych morfortypov (Bertram 1970; Archawaranon 2002; Ng et al. 2020). Laloky môžu byť znakom používanom v pohlavnom výbere (Amadon 1956) alebo určovať istý stupeň dominancie jedinca (Archawaranon & Techatraisak 2002). Beháky ma silné, sýto žlté (Scott 1997). Veľkosť tela sa pohybuje medzi 25 až 40 cm (Bertram 1970), vážia od 126 g do 229 g (Craig & Feare 2009).

Beo je stály a pohybuje sa najčastejšie v najvyššom stromovom poschodí (Archawaranon 2003). Živí sa primárne ovocím, ktoré doplňuje rôznym hmyzom ako napríklad kobyčkami, ďalej malými jaštericami, ale aj zberom nektáru z kvitnúcich stromov (Bertram 1970). Obýva poloopadavé vlhké lesy (Eaton et al. 2016), kde

hniezdi v dutinách stromov. Beo je sekundárny dutinový hniezdič – využíva dutiny stromov vytvorené d'atlovitými vtákmi, termitmi alebo rozpadom dreva hubami. Hniezdiaci strom má veľkú, hustú korunu a nie je zdrojom potravy – vyberajú si ho aby pár nebol rušený inými vtákmi. Strom v ktorom hniezdia je ďalej obklopený živými stromami s dostatočným odstupom (ich konáre sa nedotýkajú) a sú zároveň nižšie, ako hniezdiaci strom (Archawaranon 2006a). Dutina sa nachádza priemerne v 23 metrovej výške. Vchod je veľký cca 6 cm a jej hĺbka je približne 45 cm, s miernymi odchýlkami, podľa toho o ktorý poddruh ide – *G. r. intermedia* alebo *G. r. religiosa* (Archawaranon 2003). Dá sa predpokladať, že veľkostné rozdiely vo vchode budú aj medzi druhmi.

Hniezdna sezóna prebieha rôzne podľa miesta výskytu. V Indii beo posvätný hniezdi medzi Aprílom a Júlom, v severovýchodnej Ázii medzi Septembrom a Júlom. Beo malozobý hniezdi medzi Februárom a Septembrom, takisto aj beo cejlónsky (Craig & Feare 2009). Rod Beo je monogamný, samec aj samica sa spoločne podieľajú na výstavbe hniezda, inkubácii aj kŕmení mláďat. V čase, keď jeden z páru je v dutine, druhý častokrát stráži vonku v tesnej blízkosti (Archawaranon 2002). Samica znáša jeden až tri tyrkysové vajcia s hnedými bodkami, väčšinou majú dve, ojedinele tri znášky za sezónu (Archawaranon 2003). Inkubácia vajec trvá cca 15 dní a kŕmenie mláďat trvá 27 až 45 dní (Bertram 1970; Archawaranon 2002). Mimo hniezdnu sezónu beo vytvára krdle s 10 až 50 jedincami (Feare & Craig 1998; Archawaranon 2003). V zajatí sa môže dožívať až 24 rokov (Baker 1926).

## 3.2 Stručná charakteristika vybraných taxónov

### 3.2.1 Beo malozobý (*Gracula indica*)

Vyskytuje sa na juhu Srí Lanky a v pohorí južnej Indie Západný Ghát. Celková veľkosť populácie nebola zaznamenaná (BirdLife International 2018). Veľkosť beo malozobého je 23–25 cm s váhou 126 g. Zadné laloky sa nedotýkajú a majú výbežok až na temeno hlavy (Craig & Feare 2009). Vystupuje ako lokálne bežný druh. Udáva sa, že je do istej miery tolerantný na zhoršovanie kvality habitatu (BirdLife International 2018), môže sa vyskytovať aj na obhospodarovanej ploche s dostatočným zalesnením (Craig & Feare 2009). Zo všetkých druhov beo je tento najmenej žiadaný na trhu. Dôvodom môže byť častý odchyt až dospelých jedincov alebo neprítomnosť hlbších tónov vo vokalizácii. Volania má frekvenčne vyššie a menej variabilné ako beo posvätný. Pozostávajú najmä z hlasných prenikavých hvizdov a „hrdelných“ prejavov (Craig & Feare 2009).



Obr. 2: Beo malozobý  
(Craig & Feare 2009)

### 3.2.2 Beo cejlónsky (*Gracula ptilogenys*)

Ide o endemický druh žijúci na Srí Lanke (BirdLife International 2016), veľký 25 cm. Na šiji má dva oddelené laloky a predné chýbajú – ako jedinému z rodu. Báza zobáka je šedá až čierna. Je schopný pretrvávajúť v narušených a sekundárnych habitatoch. Okrem v dažďových pralesoch sa vyskytuje aj na plantážach alebo aj v ľudských záhradách (Craig & Feare 2009). Nemusí byť teda v priamom ohrození, aj napriek tomu počty v populáciách pravdepodobne klesajú kvôli strate habitatu. Srí Lanka v posledných rokoch prešla intenzívnym odlesňovaním a fragmentáciou lesov. Medzi rokmi 1956 a 1983 bola odhadovaná strata lesného porastu 44 % (BirdLife International 2016). Vokalizácia beo cejlónskeho je opísaná ako „hrdelná“ a „krákoravá“ s prenikavými hvizdmi (Craig & Feare 2009).



Obr. 3: Beo cejlónsky  
(Craig & Feare 2009)

### 3.2.3 Beo vraní (*Gracula robusta*)

Nachádza sa na ostrovoch Babi, Bangkaru, Tuangku, Simuk a Nias. Je veľký 32 cm, čím je najväčším druhom beo. Má výrazne zakrivený silný zobák a veľké biele zrkadielko (Craig & Feare 2009). Zadné laloky sú takisto o poznanie väčšie ako u zvyšných druhov (Eaton et al. 2016) a predná špička zadného laloku končí na úrovni polovice predného laloku (Švejcarová pers. comm. 2020). Na trhu je veľmi populárny, asi najviac zo všetkých beo, pravdepodobne kvôli svojej veľkosti a hlasnej vokalizácii (Shepherd 2006; Harris et al. 2015). To markantne znižuje jeho počty až na hranicu vyhnutia. Naposledy bol videný v 30. rokoch (Eaton et al. 2015), znovuobjavený až v roku 2016 (Ng et al. 2020), avšak na ostrove Nias je pravdepodobne vychytaný (Švejcarová pers. comm. 2020).



Obr. 4: Beo vraní  
(Craig & Feare 2009)

### 3.2.4 *Gracula venerata*

Donedávna bol tento druh evidovaný ako poddruh beo posvätného. Obýva Malé Sundy – ostrovy Lombok, Sumbawa, Pantar, Alor (Craig & Feare 2009). Je veľký 26 až 30 cm. Má výrazne veľký zobák, rozdelené dva laloky na temene s rozlíšiteľnými bilaterálnymi hrbolčeky. Vyskytuje sa aj na okrajoch lesa. Ide o veľmi vzácny druh a na niektorých miestach je lokálne vyhynutý (BirdLife International 2020).



Obr. 5:  
*Gracula venerata*  
(Craig & Feare 2009)

### 3.2.5 Beo posvätný (*Gracula religiosa*)

Areál rozšírenia ma rozsiahly – od východnej Indie, cez južnú Čínu východne hraničiac Palawanom. Južne sa vyskytujú na Borneu a Veľkých Sundách vrátane ostrovov Enggano (BirdLife International 2018). Introdukovaný bol do Puerto Rica, Floridy a Havaja. Tiež na Vianočné ostrovy, tam ale časom vyhynul. Beo posvätný je väčší druh s veľkosťou 30 cm a váhou medzi 161 až 229 g. Častokrát využíva okraje lesov, uprednostňuje roztrúsené zhluky lesa pred hustým porastom.



Môže byť prítomný aj na obhospodarovanej pôde s dostatkom veľkých stromov (Craig & Feare 2009). Na trhu je veľmi obľúbeným druhom po celej Ázii (BirdLife International 2018). Podrobný popis vokalizácie sa nachádza v podkapitole Vokalizácia podľa Bertrama. Beo posvätný má viacero poddruhov, ktorých počet sa časom menil (Sibley & Monroe 1990, 1993; Craig & Feare 2009; Hoyo et al. 2016). Nasledujúce členenie je podľa najaktuálnejšej dostupnej publikácie del Hoyo et al. (2016). Vynechaný je popis poddruhu *G. r. peninsularis* nakoľko nahrávky od tohto taxónu sa nepodarilo získať.

#### *G. r. religiosa*

Areál výskytu je Južné Thajsko kde sa kríži s *G. r. intermedia* (Archawaranon 2002), ďalej Malajský polostrov, Sumatra, Sever Natunasu, ostrov Bangka, Belitung, Jáva, Bali a Borneo (Craig & Feare 2009).



Obr. 6: Beo posvätný –  
*G. r. religiosa*  
(Craig & Feare 2009)

#### *G. r. intermedia*

Rozšírenie má v severnej a severo-východnej Indii, Nepále, južnej Číne, východnom Mjanmarsku, Thajsku, Kambodži, Laose a Vietname (Craig & Feare 2009). V Thajsku sa nachádza hybridná zóna s *G. r. religiosa* (Archawaranon 2002). *Intermedia* je menšia než *G. r. religiosa*, s menším menej zahnutým zobákom. Laloky sa pod okom spájajú (Craig & Feare 2009).



Obr. 7: Beo posvätný –  
*G. r. intermedia*  
(Craig & Feare 2009)

#### Beo mníšsky (*G. r. enganensis*)

Craig & Feare (2009) ho uvádzajú ako samostatný druh, neskôr už nie (Craig & Feare 2020). Nachádza sa len na ostrove Enggano v Indonézii. Je veľký 27 cm, biele zrkadielko je väčšie než u *G. r. religiosa*, zobák je kratší od ostatných skupín (Craig & Feare 2009).



Obr. 8: Beo posvätný –  
*G. r. enganensis*  
(Craig & Feare 2009)

*G. r. batuensis*

Nachádza sa na súostroví Batu a Mentawai v Indonézii Väčší ako *G. r. religiosa* (Craig & Feare 2009), a je vzácný (Eaton et al. 2015).

*G. r. andamanensis*

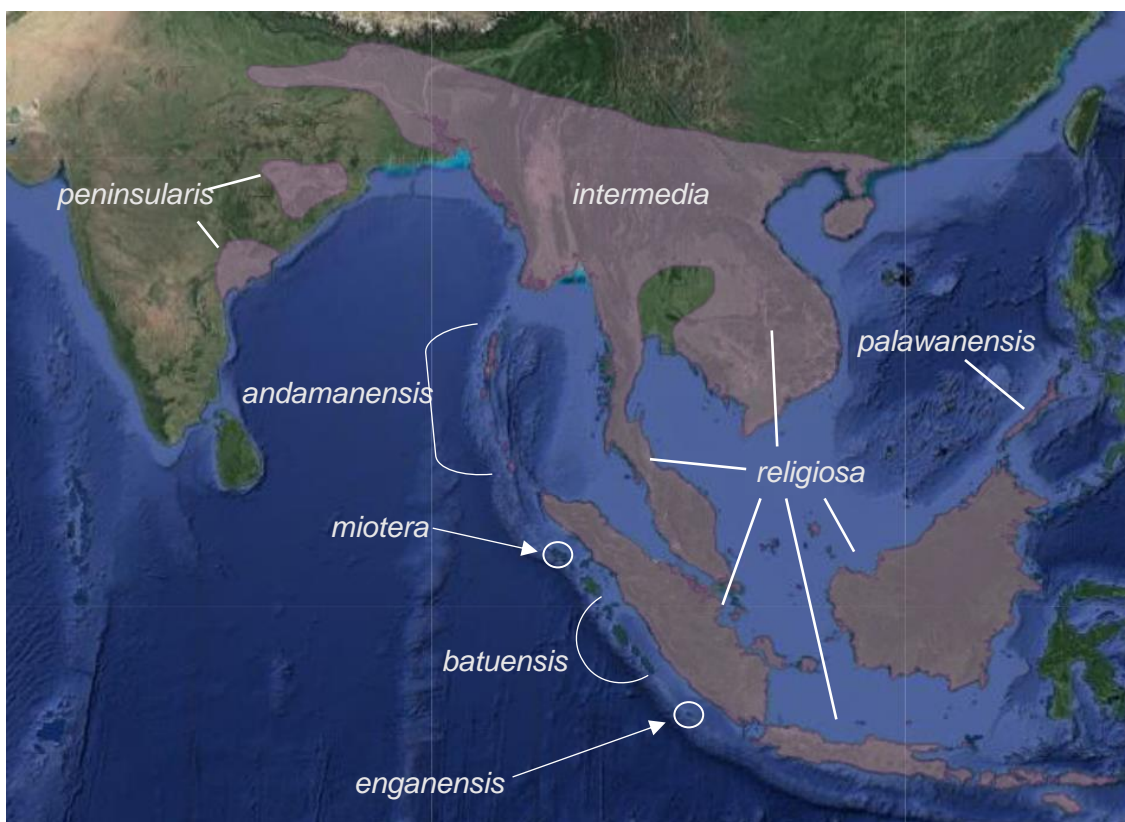
Vyskytuje sa na Andamanoch, Nikobaroch a Kokosových ostrovoch. Laloky pod okom sa spájajú alebo sú len minimálne oddelené. Zobák je dlhší a menej zahnutý ako u *religiosa* (Craig & Feare 2009).

*G. r. palawanensis*

Výskyt je na ostrove Palawan na Filipínach. Vzrastom je menší s kratším zobákom než *religiosa*. Laloky sú oddelené (Craig & Feare 2009).

*G. r. miotera*

Nachádza sa na ostrove Simeulue. Niekedy tento poddruh nie je ani uvádzaný (Craig & Feare 2009). Na druhú stranu Ng et al. (2020) ho navrhujú povýšiť ako samostatný druh. Tento poddruh je veľmi vzácný a počas rokov 2010 a 2015 nebol ani raz zaznamenaný (Eaton et al. 2015).



Obr. 9: Zobrazenie rozšírenia beo posvätného (BirdLife International 2020) a jeho poddruhov (Craig & Feare 2009)

## 3.3 Ohrozenie

V Červenom zozname figurujú v kategórií ‚menej dotknutý‘ (LC) dva druhy: beo posvätný a beo malozobý. Beo cejlónsky je v kategórii ‚takmer ohrozený‘ (NT), *Gracula venerata* je v kategórii ‚ohrozený‘ (EN), zatiaľ čo beo vraní je ‚kriticky ohrozený‘ (CR). U každého druhu je však rovnaký trend – pokles populácií (BirdLife International 2016, 2018). Za zmienku patrí aj fakt, že na celosvetovej stránke pre záznam vtáčích hlasov xeno-canto (2020) je púšťanie aj sťahovanie nahrávok beo posvätného aj napriek statusu menej dotknutý pozastavené, na vyžiadanie je však možné získať nahrávky od autora. To isté platí aj pre kriticky ohrozeného beo vranieho a aj pre beo mníšskeho. Zároveň sa nerobia komplexné výskumy, a tak nie je status populácií známy (BirdLife International 2016, 2018). Je pravdepodobné, že sú na tom horšie, než sa uvádza.

### 3.3.1 Strata habitatu

Ohrozenie rodu beo plynie z ľudskej činnosti. Na jednej strane ide o stratu lesného habitatu – straty možnosti hniezdiť alebo získať potravu. Spôsobuje to dopyt dreva ako suroviny, ale aj zabratie vhodnej pôdy na pestovanie plodín (Bertram 1970). V trópoch sa približne 80 % poľnohospodárskej pôdy získava z lesných habitatov (Gibbs et al. 2010) a tento trend bude pravdepodobne rásť kvôli neustále narastajúcej ľudskej populácii (Godfray et al. 2010). Beo je do istej miery tolerantný na antropogénne zmeny, môže navštevovať blízke plantáže alebo záhrady (BirdLife International 2016). Veľký problém môže ale predstavovať strata habitatu na malých ostrovoch – ako napríklad na Indonézskom Simeulue, kde kvôli tomu došlo k dramatickému zníženiu počtu, skoro až vyhubeniu poddruhu *miotera* u beo posvätného (Eaton et al. 2015).

### 3.3.2 Beo ako domáce zviera

Na druhej strane existuje obrovský dopyt po vtákoch z rodu beo, chovaných ako domáce zviera, v prvom rade kvôli obľúbenej tradícii v Indonézii chovať vtáky v klietkach a s nimi spojenými súťažami v speve (Jepson 2010). Vtáky predstavujú najpopulárnejšiu skupinu domácich zvierat – len v piatich najväčších mestách Indonézie je ich pravdepodobne 2,6 milión jedincov. Zo získaných dotazníkov o chove vtákov 60,2 % pochádza z voľnej prírody (Jepson & Ladle 2005). Táto voľnočasová aktivita ohrozuje mnohé voľne žijúce populácie, niektoré až na pokraj vyhynutia (Chng et al. 2015), nevynímajúc rod beo, pričom pravdepodobne najžiadanejším druhom je beo vraní kvôli svojmu hlasnému prejavu a väčšiemu vzhľadu (Harris et al. 2015).

Následkom bolo jeho vyhubenie na ostrove Babi za veľmi krátky čas (Eaton et al. 2015). Problém pytliactva narastá aj vďaka rozširovaniu infraštruktúry, ktorá im umožňuje sa jednoduchšie dostať k svojej koristi (Harris et al. 2017).

Beo je zároveň populárny aj celosvetovo a patrí medzi najbežnejšie predávané rody (Nijman 2010). Dôvodom je jeho veľmi dobrá schopnosť naučiť sa imitovať ľudskú reč (Grosslight & Lively 1963; Klatt 1977; Archawaranon 2003). Táto schopnosť je známa pomerne dlho. Napríklad beo posvätný pravdepodobne získal svoje druhové meno vďaka starej tradícii učiť tieto vtáky v chrámoch krátke modlitby (Bertram 1970) a aj v starovekom Grécku bol v obľube u vysoko postavených osôb (Anderson 2009). Jeho popularita časom vzrastá tak, že už v 19. storočí sú počty beo ohrozované (Finsch 1899) a koncom 20. storočia sú zaznamenané poklesy jeho populácie kvôli pytliactvu (Van Marle & Voous 1988). V dnešnej dobe až 61 % vyliahnutých vajec je ilegálne odobratých človekom, čo spolu s predáciou napríklad hadmi, veľkými jaštericami, vtákmi z čeľade zobákorožcovitých (Bucerotidae) a inými dôvodmi činí 88 % stratu hniezdiacim párom. Ak sa však hniezda strážili počas 24 hodín denne niekoľko mesiacov, percentá sa obrátili a preživalo 75 % vyliahnutých vajec. Beo môže znášať až tri znášky za sezónu, v ojedinelých prípadoch veľkého tlaku pytliačov až sedem krát za sezónu, to však vôbec nepomáha, keďže všetko je následne ukradnuté. Ďalšou stránkou problému je samotné prežívanie zvierat počas prenosu na trh. Viac než 50 % mláďat umiera kvôli nedostatku vody, potravy a z vyčerpania. Ak prežijú, sú častokrát ponechané osamote v klietke, aby boli stimulované učiť sa imitovať ľudskú reč (Archawaranon 2003).

Vhodnou alternatívou ilegálneho odberu pri tak veľkom dopyte a zatiaľ nie až tak efektívnej ochrane by mohlo byť vytvorenie chovných staníc (Archawaranon 2006b). Ľudia by takto odchované vtáky mohli preferovať - sú krotkejšie a sú schopné lepšie imitovať (Archawaranon 2005). Avšak niektorí autori uvádzajú takýto chov ako príliš náročný a nepravdepodobný (Grosslight 1963), iní ho úspešne skúmajú (Archawaranon 2006b). Bertram (1967) popisuje obdobné riešenie – ľudia žijúci v Ásame poskytli vtákovi beo náhradné „dutiny“ v podobe košov vyrobených z bambusu a trávy. Z nich sa mláďatá vyberali oveľa jednoduchšie ako z prirodzených hniezd, zároveň ich mali blízko svojich domov, a tak si tieto mláďatá nekradli medzi sebou. Išlo o udržateľnejší spôsob, pretože sa nikdy nevybrala celá znáška vajec.

### 3.3.3 Hybridizácia

Posledným faktorom ohrozenia rodu beo je hybridizácia. Tú cielene vytvárajú chovatelia napríklad medzi beo vraním a beo posvätným na zlepšenie spevu a celkového vzhľadu jedinca. Pri možnom spätnom vypúšťaní je pravdepodobná ďalšia hybridizácia a strata genotypu už beztak ohrozenej divokej populácie (BirdLife 2018). Nejasná taxonómia takisto umožňuje nevedomú hybridizáciu najmä v záchovných programoch, ktoré by práve mali dbať o záchranu daného druhu, a teda jeho genotypu. Takáto nevedomosť spôsobila v európskych zoológických záhradách minimalizáciu genotypovo čistých jedincov (Švejcarová pers. comm. 2020). Okrem straty genetického materiálu hrozba hybridizácie spočíva aj v rôznej miere kompetície nepôvodných druhov (Eaton et al. 2015) alebo šírení chorôb (Collar et al. 2015).

### 3.3.4 Legislatíva

V rámci legislatívnej ochrany rodu beo je viacero úrovní. Medzinárodne je chránený Dohovorom o medzinárodnom obchode s ohrozenými druhmi voľne žijúcich živočíchov a voľne rastúcich rastlín (CITES) od roku 1992 v Apendixe III, v ktorom sa nachádzajú druhy ohrozené obchodom len v niektorých zemiach – obchod s nimi je možný, ale regulovaný. V roku 1997 bol presunutý do Apendixu II, ktorý obmedzuje obchod s vybranými druhmi vďaka prísnyim opatreniam tak, aby ich využívanie bolo zlučiteľné s prežitím druhu v prírode (BirdLife International 2018). Lokálna ochrana je pre každý druh rôzna a v každom štáte sú iné podmienky. V Indii bol export beo posvätného zakázaný v roku 1972. V Malajzii platí od roku 2002 exportná kvóta 3000 vtákov ročne, avšak neboli vytvorené žiadne štúdie, ktoré by preukázali toto číslo ako udržateľné. V Mjanmarsku aj na Srí Lanke je držať, chytať alebo predávať beo posvätného nelegálne (CITES 2020). V Indonézii je takto chránený aj beo vraní (Shepherd et al. 2004). Zároveň sa o ochranu snažia aj Indonézske mimovládne organizácie vytváraním záchranného programu. Ten by mal spočívať aj v chovaní a množení v zajatí (BirdLife International 2018). Ako je však spomenuté vyššie, nelegálny a veľmi rozšírený obchod stále intenzívne ohrozuje tento rod (Archawaranon 2003; Eaton et al. 2015; Harris et al. 2015).

### 3.4 Vokalizácia

Vokalizácia u vtákov pozostáva z rôznych typov volaní a spevu. Volania sú zložené z jednoduchých a krátkych zvukov, ktoré produkujú obidve pohlavia počas celého roka (Catchpole & Slater 2008). Sú rôzne typy volaní a každé z nich má svoju vlastnú funkciu. Mnohokrát sú dedičné, a teda vtáky sa ich nemusia učiť (Marler 2004).

Spev je vo všeobecnosti dlhší a komplexnejší akustický prejav. Slúži ako nástroj pohlavného výberu (Catchpole & Slater 2008), na ochranu vlastného hniezdiaceho teritória pred ostatnými samčekom (Yasukawa 1981) a v prvom rade na rozpoznanie vlastného druhu (Mathevon & Aubin 2001) alebo samotných jedincov (Sandoval et al. 2014). Temperátnymi druhmi je spev produkovaný väčšinou samčekom počas obdobia hniezdenia (Konishi 1985). Niektoré vtáky, žijúce hlavne v tropických oblastiach, majú aj spievajúce samičky, a to počas celého roka (Langmore 1998). Spev je u niektorých druhov geneticky fixovaný (Kroodsma & Konishi 1991). Papagáje (Psittaciformes), kolibríky (Trochiliformes) a spevavce zo skupiny Oscines sa ho musia učiť (Jarvis 2004) a zároveň miera vrodenej je druhovo rôzna (Marler & Sherman 1985; Lehongre et al. 2006).

U rodu beo existuje mnoho štúdií ohľadom jeho imitačnej schopnosti (Grosslight 1963, 1964; Foss 1964; Klatt & Stefanski 1974; Rausch & Scheich 1982; Archawaranon 2005a; Turney 2013), avšak málo je zameraných na jeho prirodzenú vokalizáciu (Bertram 1970; Hartshorne 1973). Viacero autorov sa domnieva, že beo nemá vrodenu časť svojho prejavu a všetko získava učením. Vysvetľujú si tak jeho schopnosť imitácie, ktorá sa prejaví len za izolácie od svojho druhu (Klatt & Stefanski 1974; Bertram 1970; Archawaranon 2005a). Nie sú však známe štúdie, ktoré by tento fakt skúmali podrobne, tak ako sa to robí u iných druhov, napríklad ohluchnutím alebo izoláciou od všetkých zvukov od mláďaťa (Konishi 1965; Marler & Waser 1977). Výsledkom potvrdzujúcim získavanie vokalizácie iba z učenia by bol tichý izolovaný vták. Možnou vrodenu vokalizáciou by mohli byť popisované dva zvuky v práci Grosslight (1963), kde však nedošlo k úplnej izolácii a teda nemožno vrodenu 100% preukázať. Ich dovezené mláďatá z dvoch lokalít produkovali dva spoločné zvuky. Išlo o krátku vokalizáciu trvajúcu menej než jednu sekundu - takzvané „awk“, ktoré robili pomerne často a alarmujúci škrek, ktorý jedince produkovali keď boli rozrušené.

Okrem toho, že beo získava pravdepodobne svoju vokalizáciu len učením (Klatt & Stefanski 1974; Bertram 1970; Archawaranon 2005a), ďalej sa uvádza, že nespieva a namiesto toho má mnoho kontaktných hlasov (Hartshorne 1973). U niektorých druhov rozpoznať spev od volaní môže byť problematické (Thorpe 1961;

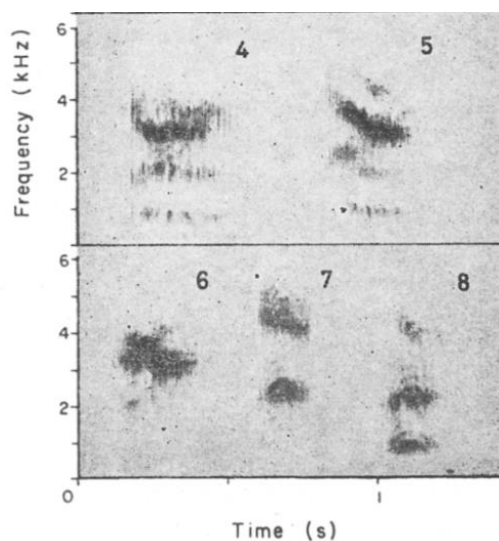
Armstrong 1963). Bertram (1970), ktorý ako jediný klasifikoval akustický prejav beo, tiež popisuje ťažkosť charakteristiky beo prejavu ako spev alebo volania. Jeho vokalizáciu rozdelil do štyroch kategórií a u poslednej („volania“) uviedol repertoár pohybujúci sa od troch až trinásť typov. V každom prípade je pre výslednú vokalizáciu beo zásadný sociálny kontakt a kontext (Archawaranon 2005b). Chované beo v samostatnej kletke nemá takzvané „chip - calls“. Ak sú chované v spoločnom aviáriu, tento kontaktný hlas nechýba. Zároveň repertoár mali beo väčší, ak boli v oblastiach s väčšou hustotou svojho druhu (Bertram 1970).

### 3.4.1 Vokalizácia podľa Bertrama

Nasledujúca časť je čerpaná z unikátnej monografie, ktorý predstavuje jediný zdroj týkajúci sa analýzy vokalizácie a je zásadný pre porovnanie s výsledkami diplomovej práce (Bertram 1970). Opiera sa o 22 mesiacov pozorovaní vo voľnej prírode. Lokality štúdie boli Ásam, Kerala, Orissa v Indii, Bhután a Cejlón. Zaoberá sa prevažne poddruhom beo posvätného *Gracula religiosa intermedia*, ďalej beo malozobým a beo cejlónskym. Prirodzenú vokalizáciu u beo rozdelil do štyroch kategórií, ktoré produkoval každý jedinec.

#### Zvuky „Um“

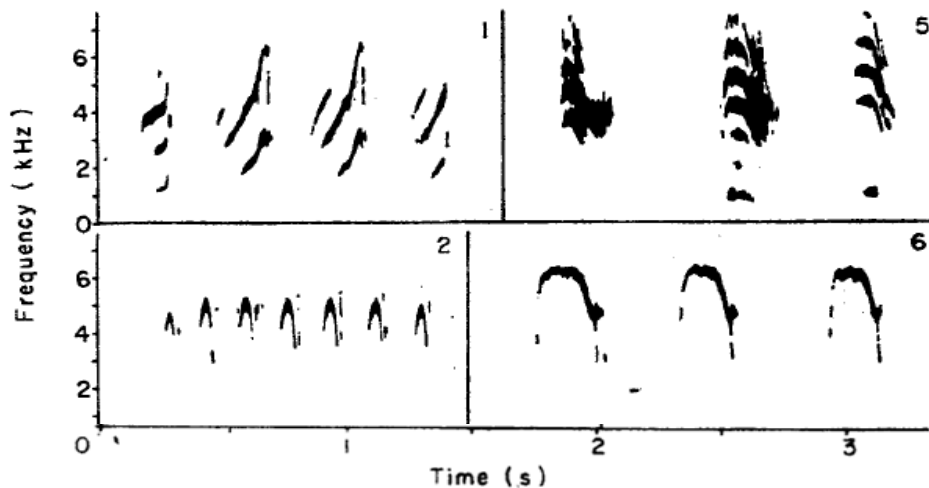
Predstavujú najpoužívanejšiu formu vokalizácie. Sú produkované skoro stále keď je vták aktívny, preto sa kontext ich použitia nedá vyvodiť. S určitosťou sa však dalo odhadnúť, kedy vták plánuje odletieť – vtedy ich „um“ bolo frekvenčne vyššie a rýchlejšie. Ide o veľmi variabilný zvuk štruktúrne, frekvenčne, časovo aj hlasitosťou. Nebola teda pozorovaná individuálna rozdielnosť. Takisto slúžia na udržiavanie kontaktu, ale v bezprostrednej blízkosti. Ďalej pravdepodobne slúžia na koordinovanie aktivít, najmä odletu a zmeny smeru letu.



Obr. 10: Ukážka sonogramov zobrazujúcich zvuky „Um“ (Bertram 1970)

## „Šeptavé hvizdy“

Ide o tiché, vysoko frekvenčné zvuky, ktoré sú ťažko počuteľné a nahrateľné. Častokrát sa rovnaká štruktúra tohto typu opakuje za sebou, viď obrázok. Typy šeptavých hvizdov sú pre každého jedinca typické, nezdediajú ich ani so svojím partnerom ani susedom. Ani časom ich vták neobmieňa. Produkujú ich pri nízkej aktivite – napríklad keď sedia osamote na konári, až potom začnú robiť „um“ zvuk a až neskôr „volania“. Trvanie je 0,7 až 1,5 s. Fundamentálna frekvencia od 5 kHz.

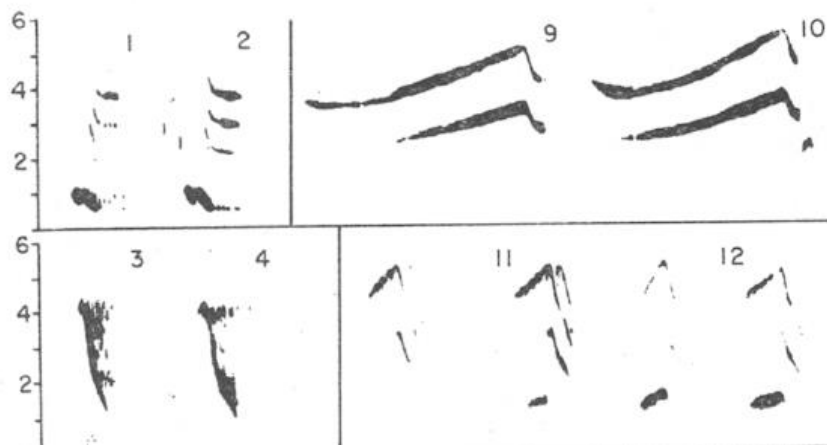


Obr. 11: Ukážka sonogramov zobrazujúcich typy „šeptavých hvizdov“(Bertram 1970)

## „Volania“

Pozostávajú z hlasných variabilných, ale štruktúrne precíznych zvukov. Sú produkované pri videní alebo počutí iného beo, zároveň volajú častejšie keď je pár od seba, než keď sú blízko. Tento typ vokalizácie je štruktúrne extrémne variabilný. Každý jedinec má svoj typický repertoár typov „volaní“, ktorý je v čase stabilný. Žiadne z nich nezdieľa so svojím partnerom, len niektoré so susedom rovnakého pohlavia. Preto má každý typ „volaní“ limitované rozšírenie – vtáky vzdialené od seba viac než 14 km nezdediajú žiaden typ „volaní“. O aký typ pôjde záleží teda v prvých mesiacoch mladého jedinca – od toho čo sa naučí. Zároveň vtáky žijúce v oblastiach s hustejšou populáciou beo mali väčší repertoár, taktiež vtáky ktoré častejšie vokalizovali. Trvanie je 0,2 až 1,5 s. Fundamentálna frekvencia 0,5 až 5 kHz.

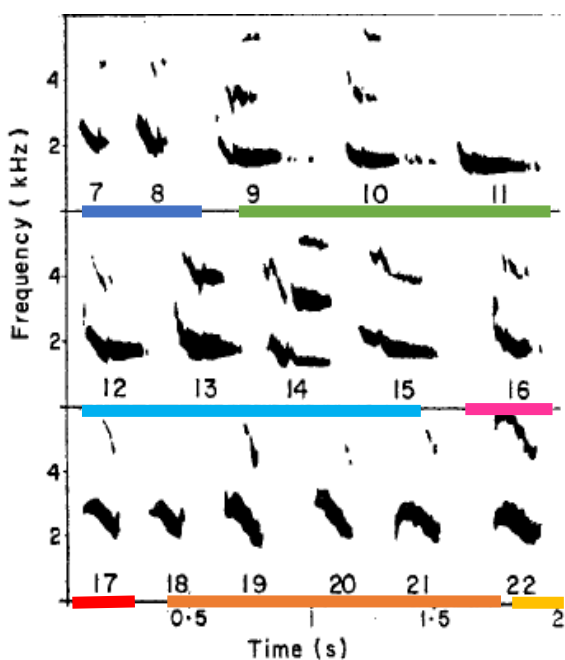




Obr. 12: Ukážka sonogramov zobrazujúcich zdieľané štyri typy „volaní“ u dvoch párov, každá dvojica predstavuje „volanie“ od obidvoch párov (Bertram 1970).

### „Chip - calls“

Ide o veľmi obvyklé prenikavé a hlasné zvuky, ktoré sú počuteľné na veľkú diaľku. Sú produkované vždy rovnakou intenzitou – je teda možné odhadnúť vzdialenosť vokalizujúceho vtáka. Existuje individuálna aj geografická variabilita, ktorá pravdepodobne vzniká pri učení. Beo zároveň dokáže rozpoznávať „chip - calls“ svojho regiónu na ktoré reagujú viac. „Chip - calls“ slúžia na udržiavanie kontaktu na väčšiu vzdialenosť, ďalej pri konfliktných situáciách a aj ako alarmujúce volanie. Tento typ je robený aj jedincami chovanými spoločne v klietke, keď prichádza chovateľ s potravou, pri neznámych ľuďoch ich neprodukovali. V prípade ak išlo o dospelé vtáky z voľnej prírody „chip - calls“ v prítomnosti človeka nerobili. Trvanie je do 0,25 s. Fundamentálna frekvencia 2 až 3 kHz.



Obr. 13: Ukážka sonogramov zobrazujúcich geografickú a individuálnu variabilitu typu „chip-calls“ u *G. r. intermedia* (1 - 21) a beo malozobého (22). Každé číslo predstavuje jedného jedinca (Bertram 1970).

7 - 8 – Kaziranga, Ásam

9 - 11 – Hatisar, Bhután

12 - 15 – Siliguri, Západný Bengál

16 – Gahauti, Ásam

17 – dospelý jedinec z voľnej prírody chovaný v zajatí

18 - 21 – mladé jedince chytené z Ásamu, chované s 17

22 – chytený po vyletení z hniezda, chovaný spolu s 17 až 21

### 3.4.2 Geografická variabilita

Vtáčí spev sa v rámci lokálnych populácií častokrát líši (Lemon 1975) – takáto variácia sa nazýva dialektom. Najjasnejšie sú rozdiely medzi populáciami ktoré majú jeden alebo pár typov spevov a zároveň majú tendenciu zdieľať veľkú časť so svojimi susedmi, je to tak napríklad u strnádlika jazvečieho (*Zonotrichia leucophrys*) (Baptista 1975). Podobnosť spevu môže rýchlo klesať aj po malých vzdialenostiach – u sýkoriek veľkých (*Parus major*) sa tak deje už po 100 m (McGregor & Krebs 1982). Rozdiely v dialektoch a ich rozšírenia môžu byť odlišné pre jeden druh na rôznych miestach ako je to u drozda červenkavého (*Turdus iliacus*). Pri meste Oslo boli skúmané dialekty jasne ohraničené a pretrvávali na svojej lokalite niekoľko rokov (Bjerke 1980, Bjerke & Bjerke 1981). U populácii žijúcich pri Trondheime hranice medzi dialektmi neboli až také markantné (Espmark 1982). Rôzne dialekty sú pozorované aj v rámci poddruhu – napríklad u strnádlika krovínového (*Arremonops rufivirgatus*) (Gómez et al. 2020).

Dialekt môže vznikáť kvôli geografickým bariéram, a teda nemožnosti byť v kontakte a počuť sa (Rost 1990). Zároveň mnoho tropických druhov v rámci svojej populácie majú veľkú variabilitu spevu aj na krátke vzdialenosti (Nottebohm 1969; Nyari 2007; Tobias & Seddon 2009). Dôvodom na vznik dialektu môže byť spôsob učenia (West & King 1985) alebo sociálny kontext – vtáky sa častokrát prispôbujú vokalizáciou svojim susedom (Güttinger 1979; Nordby et al. 1999). Dialekty môžu predstavovať rozmnožovacia bariéru (Danner et al. 2011) alebo sa miešať v hybridnej zóne (Kenyon et al. 2016). Ako primárny prezygotický mechanizmus (Danner et al. 2011) môžu mať za následok budúce možné morfológické a genetické odlišnosti, vedúce k následnej speciácii (Coyne & Orr 2004).

Beo má pravdepodobne väčšinu svojej vokalizácie naučenú (Archawaranon 2005a). V spojitosti s rozsiahlym areálom rozšírenia (Eaton et al. 2016) vyplýva, že u neho existujú dialekty. Rozdiely sú badateľné u poddruhu beo posvätného *G. r. intermedia*, ktorý má regionálne rozdielne typy „chip - calls“ a typy „volaní“ vzdialené nad 14 km, pričom tie zdieľajú medzi sebou len rovnaké pohľavia (Bertram 1970). Beo pravdepodobne zásadnú rozmnožovacia bariéru nemá, síce v rámci poddruhu beo posvätného odpovedal menej na vokalizácie z iného regiónu (Bertram, 1970), ale pri chovaní v klietke sa u beo poddruhov *G. r. religiosa* a *G. r. intermedia* neprejavila rozmnožovacia bariéru, páry si sami vybrali svoj, ale aj iný poddruh (Archawaranon 2002).

Špeciálnu rolu v geografickej vokalizačnej variabilite predstavujú ostrovy, na ktorých druhy majú jednoduchší repertoár (Naugler & Smith 1991). Teórií prečo je to tak je viacero. Jedenou z nich predstavuje dôsledok efektu hrdla fľaše. Môže tak dôjsť nielen k zníženej genetickej variabilite, ale aj k menšiemu repertoáru z nedostatočnej variability spevu na učenie (Baker et al. 2001). Iným vysvetlením môže byť nepotrebnosť komplexného spevu čoby ukazovateľa druhu v prostredí s malým počtom druhov (Naugler & Ratcliffe 1994). Názorným príkladom je spev sýkorky belasej (*Cyanistes caeruleus*). Populáciám žijúcim v oblasti stredozemného mora, kde sa nevyskytuje sýkorka veľká, chýba ich špecifický trilok (Doutrelant & Lambrechts 2001). Taxóny beo v mnohých prípadoch obývajú ostrovy, ktoré sú geograficky veľmi staré (Voris 2000), a teda podobný efekt by mohol platiť aj u nich.

### 3.4.3 Imitácia

Učenie druhovej vokalizácie u spevavcov prebieha v takzvanej senzitívnej fáze mladého vtáka, ktorej dĺžka je druhovo podmienená (Adret-Hausberger et al. 1990; Nelson 1998; Lachlan & Slater 2003). Ďalším faktorom ovplyvňujúcim výsledný zvukový prejav je aj sociálny kontakt, niektoré druhy potrebujú na správne učenie živého tútora, čo predstavuje dospelý vták, ako napríklad u škoreca obyčajného (*Sturnus vulgaris*) (Chaiken et al. 1994). Iným zase stačí nahrávka z kazety, ako je to v prípade strnádlika močiarného (*Melospiza georgiana*) (Marler & Peters 1982). Za človekom zmenených podmienok sú niektoré druhy, napríklad strnádlik jazvečí (*Zonotrichia leucophrys*) (Baptista & Petrinovitch 1984) schopné naučiť sa spev odlišného druhu. Iné túto schopnosť majú prirodzene a rozširujú si tak svoj repertoár, extrémnym príkladom je austrálsky lyrochvosť hrabavý (*Menura novaehollandiae*) (Higgins et al. 2001).

U rodu beo je známe, že okrem vokalizácie svojho druhu sa vie naučiť imitovať rôzne zvuky, vrátane ľudskej reči (Grosslight 1964; Bertram 1970; Klatt 1974). To je však možné iba dokým ide o mladého vtáka – aj u beo je dôležitý čas senzitívnej fázy. Archawaranon (2005a) zistil, že beo sa najlepšie učil imitovať v prípade, ak sa začalo s učením u mláďat mladších ako štyri týždne. Ešte deväť mesačný beo je schopný imitácie, ale nie tak úspešne, ako keď je výrazne mladší. Ďalším zásadným faktorom je sociálny kontakt (Archawaranon 2005b). Dôležitý je nielen mladý vek, ale aj izolácia jedinca od svojho druhu, len vtedy prebieha učenie žiadaného obsahu (Bertram 1970, Ripley & Ripley 1972). Beo, ktorí boli učení mladší ako štyri týždne, ale boli chovaní v kletke s dospelými jedincami, vokalizovali prirodzene. Takisto aj beo staršie ako šesť mesiacov chytené z voľnej prírody, napriek tréningu vokalizovali prirodzene (Archawaranon 2005a).

Archawaranon (2005b) následne poukázal na dôležitosť sociálneho kontextu. Ak sa aj mláďatá učili v izolácii a boli dobrými imitátormi, po presunutí do kletky s dospelými vtákmi, imitovať prestali. So spätným premiestnením do izolácie sa k nej vrátili. Ešte zaujímavejšie bolo zistenie, kedy neimitujúce beo, chované spolu s dospelcami, po presunutí do izolácie začali opakovať žiadané slová, a teda učenie aj napriek prítomnosti dospelých jedincov prebehlo. Otázkou zostáva, či to nemohlo byť sprostredkované už neprirodzenými vokalizáciami dospelcov. To, ako beo často imitoval, záležalo aj od dominancie. Ak sa pridali do kletky imitátori k beo, ktorí sa to až tak dobre nenaučili – imitátori nevokalizovali, pretože pri každej snahe boli prenasledovaní. Situácia sa obrátila ak sa do kletky dali obidve skupiny naraz – imitátori vokalizovali voľne, zatiaľ čo tých, čo sa to dobre nenaučili d'obali. Aj Bertram (1970) popisuje podobnú situáciu. Mláďatá, ktoré počuli „chip - calls“ v Kazirange, po chytení a držaní v kletke s dospelým jedincom z Ásamu vokalizujú ako on.

V prírode beo imituje rovnaké pohlavie – samce susediacich samcov a samice susediace samice. Ide o vnútro druhovú funkciu individuálneho rozpoznávania a udržiavania puta. Beo vo voľnej prírode teda disponujú vokalizáciou svojho druhu (Bertram 1970). Existuje však aj unikátny záznam, ktorý popisuje schopnosť napodobovať výstražný krik gibona mentavejského (*Hylobates klossii*) a kahau mentavejského (*Simias concolor*) krdľom beo vo voľnej prírode (Tenaza 1976).

### 3.4.4 Aplikácia štúdia vokalizácie

Skúmanie a charakteristika vtáčieho spevu predstavujú rôzne nástroje – jedným z nich je zachytenie prebiehajúcej evolúcie a vzniku nového druhu. Speciácia vzniká reprodukčnou izoláciou istého genotypu v populácii, môže to byť dôsledok pohlavného výberu (Ridley 1993) alebo dostatočne dlhej geografickej izolácie (Vanechoutte 1997). Prvotnú – prezygotickú reprodukčnú izoláciu populácie pohlavným výberom u spevavcov predstavujú preferencie rôznych kvalít spevu samicami, ktoré preferujú lokálny spev (Payne et al. 2000; Searcy et al. 2002; Toews 2017). Rozdiely v speve vznikajú kultúrnym prenosom – vznikajúcimi pri učení spevu. Eventuálne sa prejavia v podobe dialektov (Slater 1986). Tieto odlišnosti práve kvôli špecifickým preferenciám samiciek môžu viesť k fixácii istého genotypu, ktorý sa prejaví aj v morfológii. Neskôr sa tieto nadobudnuté rozdiely prejavia aj ako ďalší stupeň reprodukčnej izolácie (postzygotickej), napr. neživotaschopnosť hybridov.

U vtákov tento krok prebieha oveľa pomalšie a rýchlu speciáciu umožňuje najmä prezygotická reprodukčná izolácia (Grant & Grant 1997). Z vyššie uvedených dôvodov je spev vhodným indikátorom práve prebiehajúcej evolúcie a ukazovateľom jedinečnosti populácie – ktorá ešte nie je merateľná genetickými testami (Soha et al. 2004).

Akustický prejav vtáka môže ďalej slúžiť ako taxonomický nástroj – existuje mnoho prípadov objavenia nového druhu na základe svojej špecifickej vokalizácie. Môže ísť o zaraďované taxóny ako poddruhy napríklad v prípade svrčiaka taiwanského (*Bradypterus alishanensis*) (Rasmussen et al. 2000). Môžu sa rozdeliť aj „len“ farebné morfy dosiaľ spoločného druhu. Z potápky ostrozobej (*Aechmophorus occidentalis*) sa vyčlenila potápka bielolíca (*A. clarkii*) po zistení, že každý dovtedy iný farebný morf má svoje špecifické volanie pri lákaní samíc, na ktoré v miestach prekryvu skoro výlučne odpovedá len daný morf (Nuechterlein 1981). Vokalizáciou sa dajú rozlíšiť aj morfológicky veľmi podobné druhy – takto bol popísaný kolibiarik hôrny (*Phylloscopus emeiensis*) (Alström & Olsson 1995). Ďalším príkladom opísania nových druhov na základe dosiaľ nepoznanej vokalizácie sú štyri nové druhy v rode tapakulo (*Scytalopus*) (Whitney 1994; Krabbe & Schulenberg 1997; Bornschein et al. 1998). Nové objavy na základe vokalizácie sa týkajú aj krkavcovitých – napr. u vrany hájovej (*Corvus sinaloae*) (Davis 1958).

V neposlednom rade môžeme využiť štúdium vokalizácie ako nástroj na ochranu – vďaka bioakustickému monitoringu. Pomocou neho môžeme mať lepší prehľad o stave populácie, kvalite habitatu, reprodukčnej schopnosti (Berger-Tal et al. 2011), ale aj samotnej životaschopnosti danej populácie. Lailo et al. (2008) poukázali na spojitosť samčieho slabého repertoáru a náchylnosti populácie na vyhynutie u škovránka plachého (*Chersophilus dupontii*). Dlhodobým monitorovaním sa teda môžeme lepšie rozhodovať ako ďalej chrániť vybrané druhy (Berger-Tal et al. 2011). Mnoho vtákov je možné určiť do druhu podľa sluchu (Klvaňová & Voříšek 2007). Existujú však aj viaceré štúdie potvrdzujúce úspešné zautomatizovanie rozpoznávania nahrávok z terénu (Evan & Mellinger 1999; Lopes et al. 2011; Raghuram et al. 2016). Výhody plynú z možnosti dlhodobého nahrávania, zachytenie druhov s nízkou vokalizačnou aktivitou, monitorovanie populácie aj v ekologicky citlivých oblastiach alebo v náročne dostupnom teréne (Bardeli et al. 2010). Na druhú stranu tento prístup prináša aj mnoho problémov – vytvorenie vhodného rozpoznávacieho algoritmu vyžaduje obrovské množstvo vstupných vzorových dát, ktoré častokrát nie sú dostupné.

Obzvlášť náročné to môže byť v prípade vtákov učiacich sa po celý život, ktoré často menia svoj repertoár (Bradbury & Balsby 2016). Ďalšou prekážkou predstavujú rôzne interferujúce zvuky, ich náročná filtrácia, a teda celková náročnosť na kvalitu nahrávky (Raghuram et al. 2016).

V každom prípade na úspešný bioakustický monitoring je zásadné poznať vokalizáciu cieľového druhu a spôsob, akým popisuje vlastnosti populácie (Teixeira et al. 2019). U rodu beo doposiaľ nebol robený bioakustický monitoring s tým, že je stále málo štúdií o jeho speve ako takom. Zároveň má obrovský areál rozšírenia naprieč mnohými štátmi (Eaton et al. 2016). Dá sa predpokladať, že takýto monitoring je veľmi náročné robiť a u väčšiny taxónov sa presne nevie, ako sú na tom voľne žijúce populácie (Craig & Feare 2009).

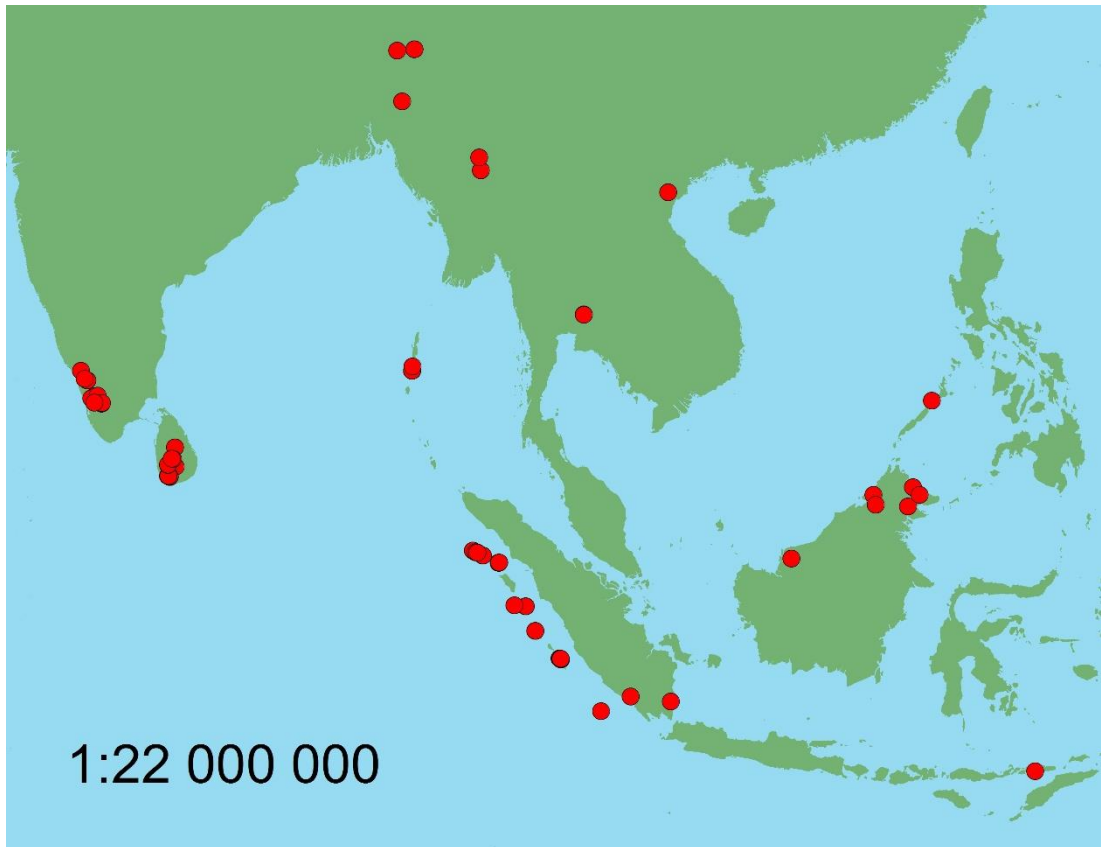
## 4 Metodika

Metodika diplomovej práce pozostávala zo štyroch hlavných krokov - získania nahrávok, vizuálnej analýzy, vytvorenie databázy jednotlivých elementov a porovnanie získaných repertoárov medzi sebou.

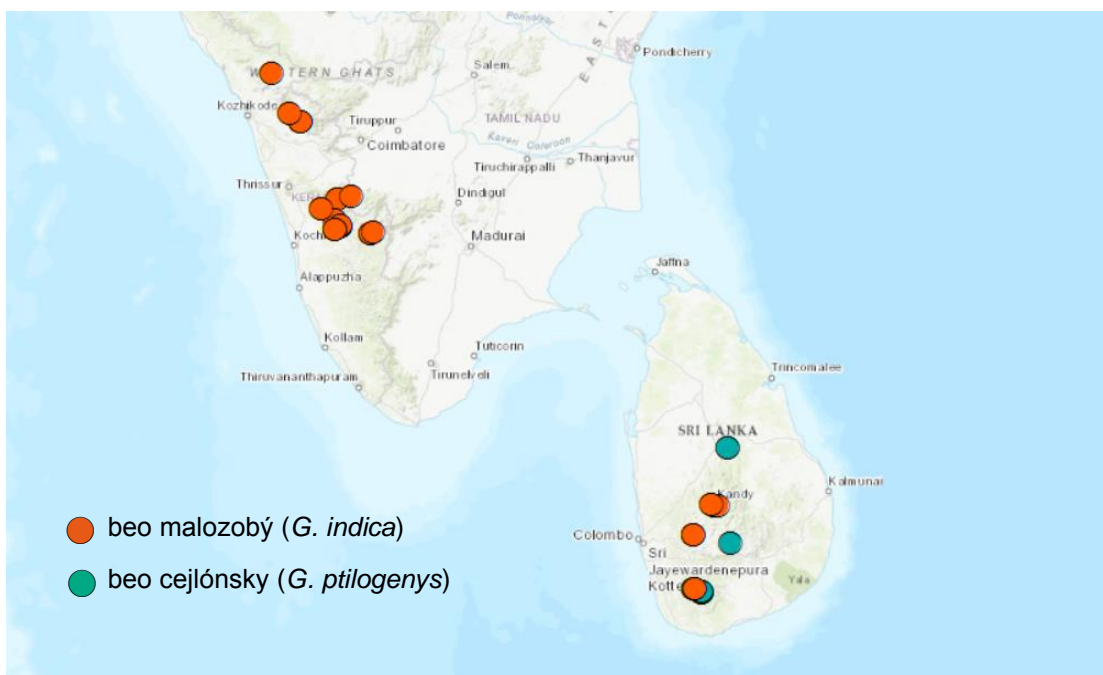
### 4.1 Nahrávky

Použité nahrávky pre túto diplomovú prácu jednak pochádzajú z vlastných nahrávok Terezy Švejcarovej a Tomáša Ouhela nahratých v Indonézii v rokoch 2018 a 2019 zachytávajúc beo vranieho a dva poddruhy beo posvätného. Konkrétne ide o ostrovy Simeulue, Bangkaru, Tanahmasa, Pagai-utara, Pagai-selatan a Simuk. Nahrávky zo Simeulue (14 nahrávok) zachytávajú len vtáky v klietkach, a to po jednom až dvoch jedincoch v nahrávke – ide o *Gracula religiosa miotera*. Ide o vtáky, ktoré sú vo voľnej prírode pravdepodobne už vyhubené (Ng et al. 2020), a teda ide o mimoriadne cenné nahrávky, ku ktorým sa dostať je veľmi náročné. Takto cenné nahrávky predstavujú aj tie z ostrova Bangkaru (14 nahrávok). Zachytávajú dve skupiny vtákov vo voľnej prírode vzdialených viac než 5 metrov, ide o tiež veľmi ohrozený druh – beo vranieho (Ng et al. 2020). Ten sa vyskytuje aj na nahrávke z ostrova Simuk. Na ostrove Pagai - utara a Pagai - selatan boli zachytené aj jedince v klietkach, aj vo voľnej prírode. Z ostrova Tanahmasa sú nahrávky len z voľnej prírody, v oboch prípadoch ide o poddruh *Gracula religiosa batuensis* (18 nahrávok).

Zvyšný použitý materiál bol získaný z voľne dostupných nahrávok na stránkach [www.xeno-canto.org](http://www.xeno-canto.org) a [www.avocet.integrativebiology.natsci.msu.edu](http://www.avocet.integrativebiology.natsci.msu.edu). Tak boli získané vokalizácie beo malozobého (*G. indica*) (34 nahrávok) a cejlónskeho (*G. ptilogenys*) (11 nahrávok). Nahrávky beo posvätného sú voľne dostupné len na avocete, zo stránky xeno-canto bolo nutné kontaktovať autorov. Tie zachytávajú skoro všetky poddruhy vo voľnej prírode okrem *penninsularis* a *miotera*. Nahrávky sú v počte 14 krát *andamanensis*, deväť krát *intermedia* a desať krát *religiosa*, dva krát *batuensis*, jeden krát *enganensis* a *palawanensis*. Jedna z nahrávok je jediná od druhu *Gracula venerata*, autor nahrávky ju evidoval ako poddruh beo posvätného.

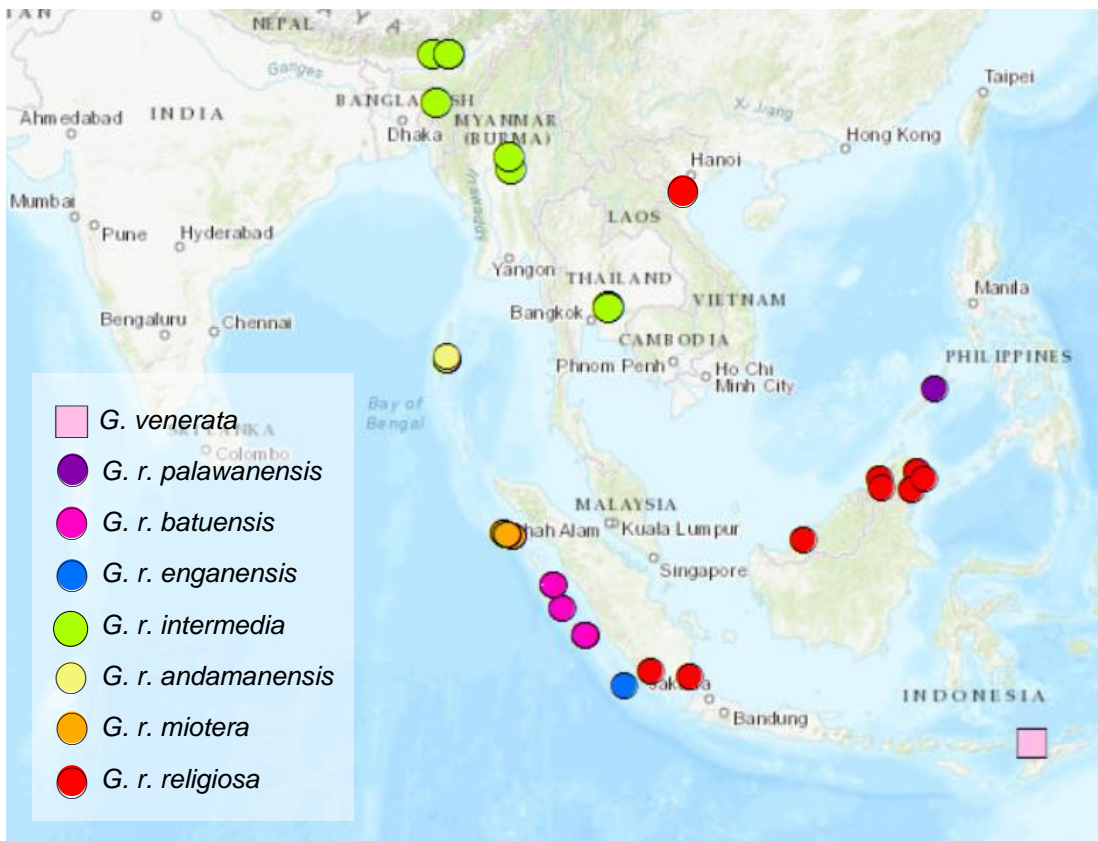


Obr. 14: Zobrazenie lokalít všetkých použitých nahrávok

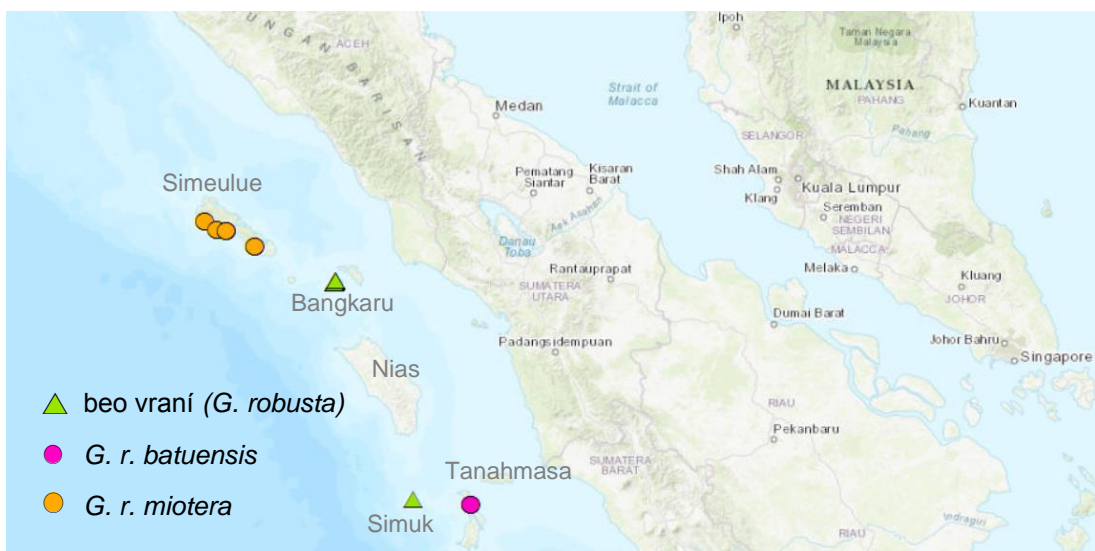


Obr. 15: Zobrazenie lokality nahrávok beo malozobého a beo cejlónskeho





Obr. 16: Zobrazenie lokality nahrávkov druhu *G. venerata* a poddruhov beo posvätného



Obr. 17: Zobrazenie lokality nahrávkov beo vranieho v kontexte najbližších nahrávkov

## 4.2 Vizuálna analýza

Vizuálna analýza ako plnohodnotný prístup ku kategorizácii vokalizácie je využívaná v niekoľkých prácach (Owens et al. 2016; Petrusková et al.; 2016 Van Boheemen et al. 2019). Na začiatku bolo nutné z nahrávok vytriediť vokalizácie beo a oddeliť prípadné imitácie. To prebiehalo pomocou softvéru Raven Pro 1.5. (Cornell Lab of Ornithology). Vizualizácia cez sonogramy nebola exaktne štandardizovaná, nakoľko kvalita nahrávok sa rôžnila, a teda nastavenia prijateľné pre jednu, nezlepšovali viditeľnosť druhej. Nahrávky boli použité vo formáte WAV a vo formáte MP3. Následne bola vizuálne analyzovaná nahrávka po nahrávke a bol vytváraný katalóg elementov na základe ich celkového priebehu – frekvencie a trvania. Pre každý z nich bol vytvorený jedinečný kód, zvukový záznam a vizuálna stopa.

Zaznamenané elementy boli následne exportované do webového programu Koe, ktorý bol vyvinutý na klasifikovanie a popisovanie vokalizačných elementov (Fukuzawa et al. 2020). Všetky nahrávky ktoré boli predtým vo formáte MP3 bolo nutné previesť do formátu WAV. Cez tento program bola vytvorená skúška správneho kategorizovania všetkých elementov pomocou ordinačných metód. Z elementov boli najprv extrahované všetky ich vlastnosti, ktoré program Koe ponúka – okrem iného išlo aj o časovú dĺžku elementu, maximálnu frekvenciu elementu, dominantnú frekvenciu elementu. Agregáčna metóda bola zvolená zvolená „divcon 7 median“, ktorá najviac uchováva temporálne vlastnosti. Ordinačná metóda bola zvolená t-SNE s PCA predspracovaním, ktorá podľa autorov programu Koe zachováva štruktúru a je efektívna pri definovaní a rozlišovaní medzi klastrami (Fukuzawa et al. 2020). Ak bolo vizuálne zaradenie elementov správne, výsledne zhluky v ordinačnej metóde by mali odpovedať zvolenému zaradeniu.

## 4.3 Analýza repertoáru

Posledným krokom bolo porovnanie repertoáru nahrávok medzi sebou a vytvorenie dendrogramu (hierarchická klastrovacia metóda), ktorý vizualizuje podobnosť medzi nahrávkami. Výsledok by mal ukázať či je možné odlíšiť druhy medzi sebou podľa identifikovaného repertoáru. Dáta potrebné pre tento krok boli pripravené nasledovne. Identifikované elementy v každej nahrávke boli zapísané do Excel tabuľky, ktorá v každom riadku obsahovala informácie o nahrávke a prítomné elementy v nej zaznačené ako neprítomné (0) alebo ako prítomné (1). Z takto upravených dát sa vypočítala repertoárová podobnosť dvojíc pomocou Jaccardovho indexu. Následne prebehla klastrovacia analýza pomocou UPGMA (unweighted pair

group method with arithmetic mean) algoritmu na stránke <http://genomes.urv.cat/UPGMA/index.php>. Uložený dendrogram vo formáte Newick bol vizualizovaný v programe FigTree v. 1.4.0 or MEGA 6.0.

Verzií dendrogramov vzniklo viacero. Prvý obsahoval všetky nahrávky a všetky elementy. Druhý porovnával medzi sebou nahrávky, ktoré boli zlúčené k sebe, ak patrili k príslušnej skupine. Skupina bola definovaná ako niekoľko nahrávok z toho istého miesta, nahrávaná v minimálnom časovom odstupe – niekoľko dní. Každá novo vzniknutá skupina predstavovala jeden riadok, v ktorom boli obsiahnuté prítomné elementy v každej nahrávke, ktorá do danej skupiny patrila. Nasledujúce dendrogrami pracovali už len s prístupom zoskupenia nahrávok do skupín. Takto sa dosiahol popis repertoáru buď toho istého jedinca s viacerými nahrávkami alebo repertoár toho istého krdľa vtákov nahraného v iný čas. Zvyšné tri verzie dendrogramu boli modulované na základe elementov.

Prvý dendrogram zo skupín nahrávok nepracoval s typom T2, ktorý sa nachádzal u všetkých taxónov, a teda nemal veľkú diskriminačnú silu. V druhom prístupe boli zároveň odstránené elementy, ktoré sa vyskytli len v jednej nahrávke. Tretí prístup obsahoval typ T2, zároveň odstraňoval typ elementov, ktoré sa nachádzali len v jednej nahrávke. Ak išlo o podtyp, zlúčil sa s už existujúcim typom. Týmto sa malo docieľiť vylúčenie individuálnej variability, išlo však o najlabilnejší prístup, pretože takto upravený repertoár mohol byť skreslený tým, že niektoré typy boli príliš variabilné na to, aby po zlúčení do jedného boli diskriminačné. Zvolený prístup do výsledkov bol druhý – dendrogram, ktorý pracoval so skupinami a mal odstránený typ T2 a odstránené elementy nachádzajúce sa iba v jednej nahrávke. Odstránením typu T2 sa zvýšila diskriminačná sila a odstránením elementov len v jednej nahrávke sa odstránila individuálna variabilita, na ktorú sa táto diplomová práca pri skúmaní taxónov ako takých nezameriava.

## 5 Výsledky

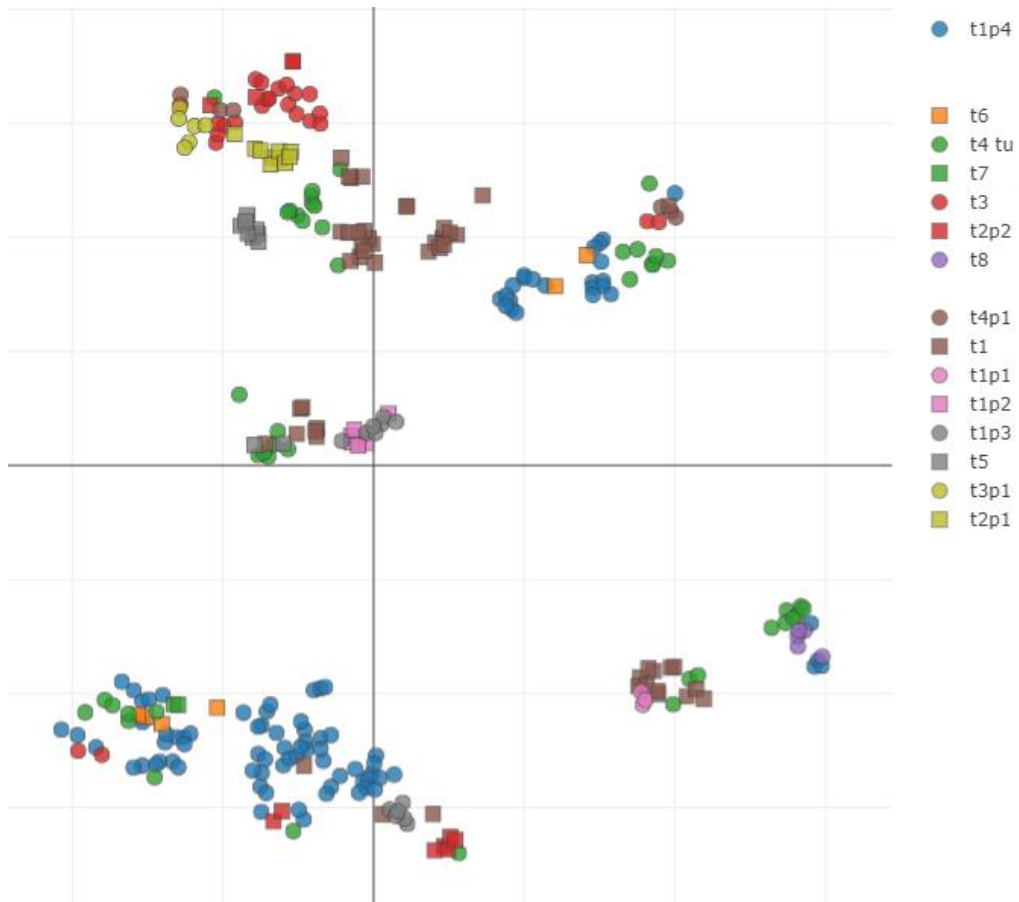
### 5.1 Vizuálna analýza

Celkovo bolo získaných a následne spracovaných 157 nahrávok o celkovej dĺžke 83 hodín a 52 minút. Z nich bolo zaznamenaných 175 elementov, ktoré boli následne zaradené do 64 typov (T) s podtypmi (P). Najpočetnejším typom bol T1P8, ktorý sa vyskytol 1156 krát. Druhým najpočetnejším typom bol T2 (930 krát). Mnoho typov sa vyskytli len pár krát – jeden krát bolo zaznamenaných až 85 elementov, skoro až polovica z celkovej počtu, dva krát sa vyskytlo 27 elementov. Jediný typ sa nachádzal u všetkých taxónov – T2. Vyobrazenie identifikovaných elementov u konkrétnych taxónov je v Prílohe 1. V tabuľke 1 je prehľad typov podľa druhu a poddruhu u beo posvätného.

| Taxón                       | N° typov | Dva najpočetnejšie typy | N° jedinečných typov | N° zdieľaných typov |
|-----------------------------|----------|-------------------------|----------------------|---------------------|
| <b><i>G. ptilogenys</i></b> | 16       | T1P4, T2                | 7                    | 9                   |
| <b><i>G. indica</i></b>     | 41       | T43, T44                | 25                   | 16                  |
| <b><i>G. robusta</i></b>    | 38       | T1P8, T19               | 20                   | 18                  |
| <b><i>G. religiosa</i></b>  |          |                         |                      |                     |
| <i>G. r. miotera</i>        | 66       | T2, T37                 | 45                   | 21                  |
| <i>G. r. batuensis</i>      | 29       | T2, T31P3               | 11                   | 18                  |
| <i>G. r. andamanensis</i>   | 20       | T1P3, T2                | 9                    | 11                  |
| <i>G. r. religiosa</i>      | 17       | T1P7, T1P4              | 2                    | 15                  |
| <i>G. r. intermedia</i>     | 28       | T1P4, T51               | 8                    | 20                  |
| <i>G. r. palawanensis*</i>  | 6        | T59, T2                 | 2                    | 4                   |
| <i>G. r. enganensis*</i>    | 4        | T1P4, T2                | 0                    | 4                   |
| <b><i>G. venerata*</i></b>  | 2        | T1P15, T2               | 0                    | 2                   |

Tab. 1: prehľad typov u každého taxónu, \* označuje taxóny len s jednou nahrávkou

Výsledky z analýzy v programe Koe ukazujú celkovú úspešnosť v kategorizácii elementov. Niektoré však vykazujú aj viacero klastrov než žiadaný jeden (napríklad T1P4). Na druhú stranu sú blízko seba elementy, ktoré boli kategorizované ako podtypy (napríklad T1P2 a T1P3). Pre prehľadnosť sú zo zobrazenia vynechané elementy prítomné iba jeden krát a typ T2, ktorý je extrémne individuálne variabilný. Každý tvar a farba reprezentuje špecifický element, počet zobrazených konkrétnych tvarov predstavuje ich celkový počet naprieč nahrávkami.



Obr. 18: ukážkové zobrazenie identifikovaných elementov podľa t-SNE s PCA predspracovaním, agregované cez divcon 7 median v programe Koe – Beo cejlónsky

## 5.2 Analýza repertoáru

V dendrograme zobrazujúcom vzťahy medzi skupinami nahrávok bez typu T2 a bez elementov vyskytujúcich sa len v jednej nahrávke je možné vidieť zklastrované niektoré taxóny beo. Potvrdilo sa, že na základe vokalizácie je možné od seba odlíšiť niektoré druhy - beo malozobého, beo cejlónskeho, beo vranieho a poddruh beo posvätného *G. r. miotera*. V prípade beo malozobého, ktorého nahrávky sú od geograficky oddelených populácií, jedna časť je z južnej Indie, druhá zo Srí Lanky, nebol nájdený rozdiel a nahrávky z oboch oblastí boli zklastrované do jednej skupiny. Ďalej je zaujímavé, že aj napriek prekryvu areálu s ďalším druhom, beo cejlónskym, sú nahrávky oboch druhov zo Srí Lanky v analýze jasne oddelené.

U poddruhov beo posvätného okrem *G. r. miotera* sa nepodarilo potvrdiť hypotézu, keďže nevytvárajú jasné klastre v rámci svojho poddruhu. Dôvodom je pravdepodobne nedostatočná kvalita a množstvo nahrávok od každého poddruhu. Zároveň aj to málo nahrávok bolo z častokrát veľmi vzdialených miest. To je aj možným vysvetlením pre klaster s beo cejlónskym narušeným rôznymi poddruhmi beo posvätného. Treba však podotknúť, že vyšli tri klastre obsahujúce síce rôzne poddruhy, ale stále ide o zoskupenie jedného druhu – beo posvätného.

Celý dendrogram sa nachádza v prílohe 2. Každá skupina nahrávok predstavuje jeden riadok so svojim špecifickým názvom, ktorý popisuje rod - druh - lokalitu - rok nahratia - poradie nahrávky - príslušnosť nahrávky k jedincom/ skupine, F predstavuje počet „frames“ na nahrávku, čiže počet vyznačených všetkých elementov na nahrávku, E označuje počet typov elementov – elementy, ktoré boli identifikované a zaradené do jednotlivých kategórií, napríklad GreIBor201706 F32 E4.

## 6 Diskusia

Správne rozlišovanie jednotlivých taxónov beo, ktoré sú si morfológicky veľmi podobné je pre ich ochranu zásadné (Ng et al. 2020). Jedným z neinvazívnych prístupov by mohlo byť určovanie na základe ich vokalizácie, ktorá dosiaľ nebola podrobnejšie skúmaná naprieč všetkými jeho taxónmi.

Na skúmanie vokalizácie sa častokrát používa ručné kategorizovanie nájdených elementov (Owens et al. 2016; Petrusková et al.; 2016 Van Boheemen et al. 2019). Tento proces je možné robiť aj automaticky pomocou rôznych softvérov, ktoré pre úspešné rozlišovanie potrebujú veľké množstvo, veľmi kvalitných nahrávok (Bradbury & Balsby 2016; Raghuram et al. 2016). Pre účel tejto diplomovej práce, ktorá pracovala s rôzne znečistenými nahrávkami bol zvolený prístup ručnej kategorizácie, pri ktorej bolo identifikovaných 175 elementov repertoáru beo. Niektoré z nich sa nachádzajú aj v ukázkach sonogramov jedinej práce, ktorá popisuje vokalizáciu beo (Bertram 1970). V nej sú popísané štyri vokalizačné kategórie a do všetkých štyroch spadajú niektoré identifikované elementy. Prvú kategóriu „um“ pravdepodobne predstavuje celý typ T2. Podľa Bertrama (1970) ide o najpoužívanejšiu formu vokalizácie, čo súhlasí so zistením v rámci tejto diplomovej práce – je prítomný v každom taxóne, s viacerými nahrávkami, kde jediným elementom bolo práve T2. Kategóriu „septavých hvízdov“ predstavujú zvuky, ktoré častokrát opakujú svoju štruktúru, to platí najmä pre celý typ T24 alebo niektoré podtypy typu T3. Ďalej T1P4 je pravdepodobne jedným z ukážok v kategórii „volaní“. Kategóriu „chip - calls“ by mohol podľa sonogramu predstavovať napríklad typ T6 alebo podtyp T11P1.

Viac než polovica identifikovaných elementov tvoria jedinečné hlasové prejavy, ktoré sa vyskytli v jednej alebo v dvoch nahrávkach. To môže byť vysvetlené viacerými spôsobmi. Jedným z nich je individuálna variabilita. Tá môže vznikáť cez chyby pri učení spevu, samotnou geografickou variabilitou, ale je prítomná aj ako prirodzený spôsob vnútro druhového rozlíšenia (West & King 1985; Rost 1990; Sandoval et al. 2014). Ďalším z vysvetlení je variabilita len určitého typu vokalizácie. Tá sa podľa Bertrama (1970) najviac prejavuje v kategórii „chip - calls“ a „volaní“. Podľa jeho zistení „volania“ utvárajú typický repertoár jedinca, s partnerom sa vôbec nezdediajú, nanajvýš zopár so susedom rovnakého pohlavia. Takéto „volania“ majú limitované rozšírenie a vtáky už po 14 km ich vôbec nezdediajú. Obmedzené zdieľanie typov vokalizácie medzi susedmi nie je výnimkou ani pri ostatných druhoch. U Pinky obyčajnej (*Fringilla coelebs*) na Novom Zélande zdieľanie celých typov spevov

(sekvencií slabík) prudko klesá s narastajúcou vzdialenosťou, nie však krátkych slabík (tvorené viacerými elementami) (Lynch et al. 1989). Takisto sýkorky veľké zdieľajú najviac v okolí do 100 m, po tom tento fenomén prudko klesá (Mcgregor & Krebs 1982). Použité nahrávky sú si areálom rozšírenia častokrát veľmi vzdialené, ak by ku každému miestu bolo dostupných viacero nahrávok, je možné, že počet jedinečných elementov by sa ustálil. Široký a jedinečný repertoár môže byť zároveň veľmi príťažlivý pre samičky. Tie častokrát uprednostňujú pri výbere partnera veľký repertoár ako signál životaschopnosti jedinca (Eens et al. 1991; Buchanan et al. 2003). Zároveň je nutné poznamenať, že variabilita vokalizácie závisí aj od kontextu, v ktorom ju daný vták prejavuje (Bertram 1970). Je teda možné, že niektoré nahrávky obsiahli iný kontext ako ostatné a výsledkom sú osamotené elementy, ktoré by ale mohli byť viacej zdieľané, len kontext v ktorom sa vyskytujú v iných nahrávkach zachytený nebol.

Kategorizácia zvukového prejavu beo bola kontrolovaná programom Koe, ktorý slúži na klasifikovanie a popisovanie vokalizačných elementov (Fukuzawa et al. 2020). Výsledné klastre elementov naprieč taxónmi vo veľkej miere odpovedali ručnej kategorizácii, v mnohých prípadoch sa však vytvorilo z jedného elementu viacero klastrov. Vysvetlením môže byť veľká rôznorodosť kvality nahrávok, ktorá pravdepodobne ovplyvnila aj výsledok klastrovania – vytvorené podskupiny elementov môžu predstavovať klastre podobne kvalitných nahrávok. Koe nevie oddeľovať okolitý hluk od samotného elementu, nie sú k dispozícii pokročilé možnosti s čistením nahrávky. Na druhú stranu je tiež možné, že mohlo dôjsť k pochybeniu počas samotnej kategorizácii elementov, nakoľko ich bolo k dispozícii vyše päť tisíc. Všetky problémové elementy budú v budúcnosti ďalej analyzované pre potreby odbornej publikácie.

Výsledky z UPGMA dendrogramu u väčšiny druhov potvrdzujú hypotézu možnosti rozlíšenia taxónov beo podľa ich vokalizačného prejavu. Na základe vokalizácie boli odlišiteľné celkovo tri druhy a jeden poddruh. Rozlíšenie beo cejlónskeho a beo malozobého bolo úspešné aj napriek zdieľanej časti areálu na Srí Lanke. Ďalší vyčlenený druh predstavuje beo vraní, ktorý bol povýšený z poddruhu beo posvätného na samostatný druh len nedávno (del Hoyo et al. 2016). Zaujímavé rozlíšenie predstavuje aj aktuálne poddruh beo posvätného *G. r. miotera*, ktoré podporuje tvrdenia autorov Ng et al. (2020). Tí poukazujú na odlišnosť *G. r. miotera* po morfolologickej aj genetickej stránke od iných beo taxónov, a teda možnosti povýšenia na samostatný druh. Práve identifikácia a monitoring poddruhov beo posvätného sú zásadné pre jeho ochranu. V európskych zoologických záhradách



v rámci záchovných programov vzniká nevedomá hybridizácia alebo na strane druhej, skúsení chovatelia majú problém s ich rozmnožovaním možno práve kvôli odlišnému hlasovému prejavu (Švejcárová pers. comm. 2020). Čo sa týka stavov vo voľnej prírode je beo posvätný len „menej dotknutý“ (BirdLife International 2016), to však vyplýva z jeho veľké areálu rozšírenia (BirdLife International 2018) a veľkého počtu poddruhov (del Hoyo et al. 2016). Vo všeobecnosti je náročnejšie chrániť poddruhy, ktoré mnohokrát majú len latinský názov meniaci sa podľa aktuálnych fylogenetických dát (Glenn et al. 2018). To najmä ohrozuje genetickú diverzitu tropických druhov, u ktorých práve poddruhy sú častokrát od seba fylogeneticky odlišné (Phillimore & Owens 2006).

Ostatné poddruhy beo posvätného boli zklastrované do troch skupín s rôznymi poddruhmi alebo vmiešané do klastru spolu s beo cejlónskym. Dôvodom nezlúčenia príslušných poddruhov do odpovedajúcich skupín môže byť malé množstvo použitých nahrávok, ktoré sú príliš ďaleko od seba, keďže ide o druh s veľmi rozsiahlym areálom rozšírenia (BirdLife International 2018). Tak sa nemuseli zachytiť spoločné elementy, ktoré sú častokrát zdieľané na krátku vzdialenosť (Bertram 1970). Taktiež išlo častokrát o krátke nahrávky, a tak je možné, že sa nepodarilo zachytiť dostatočnú časť geograficky variabilnej zložky repertoáru s diskriminačnou hodnotou. V prípade krátkych nahrávok je aj veľká pravdepodobnosť zachytenia veľmi frekventovaného elementu, ktorý je však pomerne zdieľaný, a preto došlo ku klastrovaniu aj s inými taxónmi. Do budúcnosti bude dôležité sa sústrediť na zvukovú identifikáciu týchto poddruhov.

Možné pochybenia pri kategorizácii vokalizácie rodu beo mohli vzniknúť zo zahrnutia iného vtáčieho druhu, keďže primárne išlo o cudzie nahrávky. Ďalej mohli byť zahrnuté rôzne imitácie, ktoré sú však vo voľnej prírode extrémne vzácne, v domácom chove prítomné, ale tie boli častokrát zjavné a označené už pri nahrávaní (alarm, sliedka apod.). Pre úplnú istotu správnej príslušnosti elementu do konkrétneho typu alebo podtypu by bolo ideálne použiť program Luscinia (Lachlan 2007), v ktorom je možné každý jeden element ručne obkresliť a následne vytvoriť dendrogram. Ide však o časovo extrémne náročnú prácu, keďže v použitých nahrávkach bolo spolu zaznamenaných vyše päť tisíc samostatných zvukov („frames“) s rôzne komplexnou štruktúrou. Ďalšiu alternatívu predstavuje prístup Bertrama (1970), ktorý vytvoril len štyri kategórie zahŕňajúce všetku vokalizáciu – tie vychádzajú najmä z etologického kontextu, ktorý v tejto diplomovej práci nebolo možné použiť. Tým, od ktorého sú použité nahrávky v tejto práci sa takisto snažil pri nahrávaní beo pozorovať ich správanie, ale kvôli ich zdržiavaniu sa v najvyššom

stromovom poschodí bolo takmer nemožné ich kontinuálne pozorovať. Stojí teda za zváženie, ako veľmi bol Bertram (1970) pri svojich pozorovaniach úspešný.

V rámci identifikovaných repertoárov taxónov je veľmi pravdepodobné, že sa nepodaril zachytiť celý. Dôvodom je v niektorých prípadoch minimálne zdieľanie na väčšiu vzdialenosť, a teda pri nahrávkach z veľkého areálu sa tieto elementy strácajú. Ďalším faktorom je kontext pri ktorom jedinca produkujú svoju vokalizáciu (Bertram 1970) – s obmedzeným počtom nahrávok na konkrétne miesto môže dôjsť k opomenutiu elementov vydávaných za iných okolností. V prípade napríklad strnádky žltej (*Emberiza citrinella*) sa uvádza minimálne 40 nahrávok celých spevov na jedinca ako spôsob zachytenia celého repertoáru (Caro et al. 2009). Ten sa nedá porovnávať s taxónmi beo, ale je to ukážkou ako veľmi je dôležité mať niekoľko nahrávok z rovnakej lokality, čo v rámci tejto diplomovej práce vo väčšine prípadov nebolo možné splniť. Na druhú stranu pri beo vraníom bolo dostupných z ostrova Bangkaru až 39 nahrávok a po analyzovaní už cca päť nahrávok o dĺžke približne desať minút sa šírka repertoáru nezvyšovala (9 typov). Môže teda ísť o zachytenie celého repertoáru? Bertram (1970) uvádza, že ak beo žije v oblastiach s väčšou hustotou svojho druhu ich repertoár je vyšší, Naugler & Ratcliffe (1994) pripisujú málo komplexný spev prostrediu s nízkym počtom iných druhov a všeobecne ostrovný hlasový repertoár je považovaný za jednoduchší (Naugler & Smith 1991). Všetky tri podmienky beo vraní spĺňa. Vo zvyšných ostrovných nahrávkach efekt jednoduchého repertoáru nie je až taký zjavný. Aj v samotnej nahrávke zo Simuku, ktorá takisto zachytáva beo vranieho je veľmi vysoký počet typov elementov (29). Takisto je to aj v prípade poddruhu *G. r. miotera* (66). V obidvoch prípadoch ide o nahrávky vtákov v klietkach a nie z voľnej prírody, čo by mohlo mať za následok nárast typov. Beo celónsky, ktorý zdieľa svoj areál rozšírenia s beo malozobým a je na podstatne väčšom ostrove než doposiaľ spomínané druhy, má podstatne menej identifikovaných typov elementov (16). V strede dvoch extrémov sú ostrovné poddruhy *G. r. batuensis* (29 typov elementov) a *G. r. andamanensi* (20 typov elementov), pričom z Andamán ide o nahrávky jednej skupiny. Efekt ostrovného jednoduchého repertoáru z momentálnych výsledkov nie je zjavný.

## 7 Záver

Pri skúmaní vokalizačného prejavu rodu beo vznikol unikátny katalóg vokalizácie rodu beo. Na jeho základe bol vytvorený UPGMA dendrogram, ktorý ukázal možnosť rozlíšenie taxónov beo podľa ich repertoáru u troch druhov zo štyroch – beo cejlónskeho, beo malozobého a beo vranieho. Zároveň bolo možné odlíšiť aj jeden poddruh beo posvätného, a to *G. r. miotera*. Tým sa podporujú genetické aj morfológické výsledky v prospech jeho povýšenia na samostatný druh. Pre zvyšné poddruhy beo posvätného je nutné získať väčšie množstvo nahrávok a z viac oblastí.

Počty rodu beo klesajú najmä kvôli populárnosti na trhu s domácimi zvieratami, ale aj kvôli ničeniu jeho habitatu. Problém v ochrane tohto druhu predstavuje odlíšenie taxónov, ktoré sú kriticky ohrozené od tých menej. Morfológicky je to veľmi náročné, tak ako aj geneticky. Neinvazívny a pomerne jednoduchý prístup by mohla predstavovať identifikácia podľa hlasového prejavu. Výsledky diplomovej práce predstavujú potencionálny prínos k takémuto riešeniu, ktorý by mohol minimalizovať problémy s hybridizáciou v záchranných centrách, záchovných programoch a efektívnou konfiškáciou cieľových taxónov na trhoch s klieťkovým vtáctvom. V budúcnosti by sa mohli výsledky práce rozšíriť o väčší počet nahrávok zo Sumatry, ktorá predstavuje jedno z centier obchodu s beo. Na jej trhoch sa miešajú beo menej ohrozené s druhmi na pokraji vyhynutia. Pre ich efektívnejšiu ochranu je do budúcnosti zásadne ich s istotou medzi sebou rozlišovať.

## 8 Zdroje

**Adret-Hausberger M., Güttinger H.R. & Merkel F.W., 1990:** Individual life history and song repertoire changes in a colony of starlings (*Sturnus vulgaris*). *Ethology* 84, 265–280.

**Ali S. & Ripley S. D., 1972:** Handbook of the Birds of India and Pakistan. Vol. 5. Oxford University Press, Bombay. S. 190–198.

**Alström P. & Olsson U, 1995:** A new species of *Phylloscopus* warbler from Sichuan Province, China. *Ibis* 137, 459–468.

**Archawaranon M., 2003:** The impact of human interference on Hill Mynahs *Gracula religiosa* breeding in Thailand. *Bird Conservation International* 13 (2), 139–149.

**Archawaranon M., 2005:** Vocal imitation in Hill Mynahs *Gracula religiosa*: factors affecting competency. *International Journal of Zoological Research* 1, 26–32.

**Baker E. C. S., 1926:** The Fauna of British India: Birds. Taylor & Francis, London.

**Baker M. C., Baker E. M. & Baker M. S. A., 2001:** Island and island-like effects on vocal repertoire of singing honeyeaters. *Animal Behaviour* 62 (4), 767–774.

**Baptista L. F., 1975:** Song dialects and demes in sedentary populations of the white-crowned sparrow (*Zonotrichia leucophrys nuttalli*). University of California Press, Berkeley.

**Baptista L.F. & Petrinovich L., 1984:** Social interaction, sensitive phases and the template hypothesis in the white-crowned sparrow. *Animal Behaviour* 32, 172–181.

**Berger-Tal O., Polak T., Oron A., Lubin Y., Kotler B. P., & Saltz D, 2011:** Integrating animal behavior and conservation biology: A conceptual framework. *Behavioral Ecology* 22, 236–239.

**Bertram B., 1967:** Hill Myna *Gracula religiosa* Linnaeus breeding in artificial nests in Garo Hills, Assam. *Journal of the Bombay Natural History Society* 64 (2), 369–370

**Bertram B., 1970:** The Vocal Behaviour of the Indian Hill Mynah, *Gracula religiosa*. *Animal Behaviour* 3, 79–192.

**BirdLife International, 2016:** *Gracula ptilogenys*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016 (online) [cit.2020.03.03], dostupné z <<https://www.iucnredlist.org>>.

**BirdLife International, 2018:** *Gracula indica*, *Gracula religiosa*, *Gracula robusta* (amended version of 2017 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2018 (online) [cit.2020.03.03], dostupné z <<https://www.iucnredlist.org>>.

**BirdLife International, 2020:** Species factsheet: *Gracula religiosa*, *Gracula ptilogenys*, *Gracula indica*, *Gracula venerata*, *Gracula robusta* (online) [cit.2020.03.03], dostupné z <<https://www.iucnredlist.org>>.

**Bjerke T. K. & Bjerke T. H., 1981:** Song dialects in the redwing *Turdus iliacus*. *Ornis Scandinavica* 12 (1), 40–50.

**Bjerke T. K., 1980:** Continuity and change in dialect structure of redwing *Turdus iliacus*. *Fauna norv. Ser. C Cinclus* 3, 73–9.

**Bradbury J. W. & Balsby T. J. S., 2016:** The functions of vocal learning in parrots. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 70 (3), 293–312.

**Buchanan K.L., Spencer K.A., Goldsmith A.R. & Catchpole C.K. 2003:** Song as an honest signal of past developmental stress in the european starling (*Sturnus vulgaris*). *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 270, 1149–56.

**Caro S. P., C. Keulen & P. Poncin, 2009:** Song repertoires in a western European population of Yellowhammers *Emberiza citrinella*. *Acta Ornithologica* 44, 9–16.

**CITES, 2020:** Convention on international trade in endangered species of wild fauna and flora (online) [cit. 2020.04.5]. Dostupné z <<https://cites.org/sites/default/files/eng/com/ac/22/E22-10-2-A3.pdf>>.

**Collar N. J., Lierz M., Stanley Price M. R., Wirth R. Z., 2015:** Release of confiscated and captive-bred parrots: is it ever acceptable? *Oryx* 49 (2), 202–203.

**Coyne J. A. & Orr H. A., 2004:** Speciation. Sinauer Associates, Sunderland, MA.

**Craig A. & Feare C., 2009:** Family Sturnidae (Starlings). In: del Hoyo J., Elliott A., Sargatal J., Christie D. A. & de Juana E (eds.): *Handbook of the Birds of the World – Vol. 14: Bush-shrikes to Old World Sparrows*. LynxEditions, Barcelona. S. 654–758. ISBN: 9788596553507.

**Craig A. & Feare C., 2020:** Enggano Myna (*Gracula enganensis*), Common Hill Myna (*Gracula religiosa*) (online) [cit. 2020.03.17]. Dostupné z <<https://www.hbw.com>>.

**Danner J. E., Danner R. M, Bonier F., Martin P. R., Small T. W., & T. Moore I. T., 2011:** Female, but not male, tropical sparrows respond more strongly to the local song dialect: implications for population divergence. *The American Naturalist* 178, 53–63.

**Davis L. I., 1958:** Acoustic evidence of relationships in North American crows. *Wilson Bull.* 70, 151–167.

**del Hoyo J., Collar N. J., Christie D. A., Elliott A., Fishpool L. D. C., Boesman P. & Kirwan G. M., 2016:** *HBW and BirdLife International Illustrated Checklist of the*

Birds of the World. Vol. 2: Passerines. Lynx Editions & BirdLife International, Barcelona & Cambridge. ISBN 9788496553989.

**Doutrelant C. & Lambrechts M. M., 2001:** Macrogeographic variation in song - a test of competition and habitat effects in Blue tits. *Ethology* 107 (6), 533–544.

**Eaton J. A., van Balen B., Brickle N. W. & Rheindt F. E., 2016:** Birds of the Indonesian Archipelago, Greater Sundas and Wallacea. Lynx Editions, Barcelona. S. 496. ISBN 9788494189265.

**Eens M., Pinxten R. & Verheyen R.F. 1991:** Male song as a cue for mate choice in the european starling. *Behaviour* 116, 210–238.

**Espmark Y., 1982:** Microgeographical and individual variation in the morphology of song of the redwing *Turdus iliacus*. *Fauna norv. Ser. C Cinclus* 6, 73–83.

**Evan W. & Mellinger D., 1999:** Monitoring grassland birds in nocturnal migration. *Stud. Avian Biol.* 19, 219–229.

**Feare Ch. & Craig A., 1998:** Starlings and Mynas. HELM, London.

**Fernández Gómez R. A., Morales-Mávil J. E. & Sosa-López J. R., 2020:** Geographic variation and divergence of songs in the Olive Sparrow species complex. *Journal of Field Ornithology* 91 (1), 77–91.

**Finsch O., 1899.** Das Genus *Gracula* und seine Arten nebst Beschreibung einer neuen Art. In: Chlegel H. (eds.): Notes from the Leyden Museum. Vol XXI. E. J. Brill Publishers and Printers, Leyden. S. 1–22.

**Foss B.M., 1964:** Mimicry in mynas (*Gracula religiosa*): a test of mowrer's theory. *British Journal of Psychology* 55, 85–88.

**Fukuzawa Y., Webb W. H., Pawley M. D. M., Roper M. M., Marsland S., Brunton D. H. & Gilman A., 2020:** Koe: Web-based software to classify acoustic units and analyse sequence structure in animal vocalizations. *Methods in Ecology and Evolution* 11 (3), 431– 441.

**Gibbs H. K., Ruesch A. S., Achard F., Clayton M. K., Holmgren P., Ramankutty N., Foley J. A., 2010:** Tropical forests were the primary sources of agricultural land in the 1980s and 1990s. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 107, 16732–16737.

**Glenn E., Fitzsimons J. A. & Garnett S. T., 2018:** Standardising English names for Australian bird subspecies as a conservation tool. *Bird Conservation International* 28, 73-85

**Godfray H. C. J., Beddington J. R., Crute I. R., Haddad L., Lawrence D., Muir J. F., Pretty J., Robinson S., Thomas S. M. & Toulmin C., 2010:** Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327 (5967), 812–818.

**Güttinger H. R., 1979:** The integration of learnt and genetically programmed behaviour: a study of hierarchical organization in songs of canaries, greenfinches and their hybrids. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 49, 285–303.

**Harris J. B. C., Green J. M. H., Prawiradilaga D. M., Giam X., Giyanto Hikmatullah D., Putra C. A. & Wilcove D. S., 2015:** Using market data and expert opinion to identify overexploited species in the wild bird trade. *Biol. Conserv.* 187, 51–60.

**Harris J. B. C., Tingley M. W., Hua F., Li Yong D., Adeney J. M., Ming Lee T., Marthy W., Prawiradilaga D. M., Sekercioglu C. H., Suyadi Winarni N. & Wilcove D. S., 2017:** Measuring the impact of the pet trade on Indonesian birds. *Conservation Biology* 31 (2), 394–405.

**Hartshorne C., 1973:** *Born to sing: An interpretation and world survey of bird songs.* Indiana University Press, Bloomington.

**Higgins P. J., Peter J. M. & Cowling S. J., 2006:** *Handbook of Australian, New Zealand and Antarctic Birds: Vol. 7, Boatbill to Starlings.* Oxford University Press, Melbourne.

**Higgins P. J., Peter J. M. & Steele W. K., 2001:** *Handbook of Australian, New Zealand & Antarctic Birds: Vol. 5, Tyrant-flycatchers to Chats.* Oxford University Press, Melbourne.

**Chaiken M., Böhner J. & Marler P., 1994:** Repertoire turnover and the timing of song acquisition in European starlings. *Behaviour* 128, 25–39.

**Chng S. C. L., Eaton J. A., Krishnasamy K., Shepherd C. R. & Nijman V. 2015:** In the market for extinction: an inventory of Jakarta's bird markets. TRAFFIC, Petaling Jaya, Selangor, Malaysia.

**Jarvis E. D., 2004:** Learned birdsong and the neurobiology of human language. *Ann. NY Acad. Sci.* 1016, 749–777.

**Jepson P. & Ladle R. J., 2005:** Bird-keeping in Indonesia: conservation impacts and the potential for substitution-based conservation responses. *Oryx* 39 (39), 1–6.

**Jepson P., 2010:** Towards an Indonesian bird conservation ethos: reflections from a study of bird-keeping in the cities of Java and Bali. In: Tidemann S. & Golser A. (eds.): *Ethno-ornithology: birds, indigenous peoples, culture and society.* Earthscan, London. S. 313–330.

- Kenyon H. L., Alcaide M., Toews D. P. L. & Irwin D. E., 2016:** Cultural isolation is greater than genetic isolation across an avian hybrid zone. *Journal of Evolutionary Biology* 30, 81–95.
- Klvaňova A. & Voříšek P., 2007:** Review on large-scale generic population monitoring schemes in Europe 2007. *Bird Census News* 20, 50–56.
- Konishi M., 1965:** The role of auditory feedback in the control of vocalization in the white-crowned sparrow. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 22, 770–783.
- Krabbe N. & Schulenberg T. S., 1997:** Species limits and natural history of *Scytalopus tapaculos* (Rhinocryptidae), with descriptions of the Ecuadorian taxa, including three new species. *Orn. Monogr.* 48, 47–88.
- Lachlan R. F. & Slater P. J. B., 2003:** Song learning by chaffinches: how accurate, and from where? *Animal Behaviour* 65, 957–969.
- Lachlan R. F., 2007:** Luscinia: a bioacoustics analysis computer program. (online) [cit.2020.04.28], dostupné z <[www.lusciniasound.org](http://www.lusciniasound.org)>.
- Laiolo P., Vögeli M., Serrano D. & Tella J. L., 2008:** Song diversity predicts the viability of fragmented bird populations. *PLoS ONE* 3 (3), e1822.
- Lehongre K., Lenouvel P., Draganoui T. & Del Negro C., 2006:** Long-term effect of isolation rearing conditions on songs of an ‘open-ended’ song learner species, the canary. *Animal Behaviour* 72, 1319–1327.
- Lemon R. E., 1975:** How birds develop song dialects. *Condor* 77, 385–406.
- Lopes M. T., Gioppo L. L., Higushi T. T., Kaestner C. A. A., Silla Jr. C. N. & Koerich A. L., 2011:** Automatic bird species identification for large number of species. *IEEE International Symposium on Multimedia*, 117–122.
- Marler P. & Peters S., 1982:** Developmental overproduction and selective attrition: new processes in the epigenesis of birdsong. *Developmental Psychobiology* 15, 369–378.
- Marler P. & Sherman V. 1985:** Innate differences in singing behavior of sparrows reared in isolation from adult conspecific song. *Animal Behaviour* 33, 57–71.
- Marler P. & Waser M.S., 1977:** Role of auditory feedback in canary song development. *Journal of Comparative and Physiological Psychology* 91, 8–16.
- McGregor P. K. & Krebs J. R., 1982:** Song types in a population of great tits (*Parus major*): Their distribution, abundance and acquisition by individuals. *Behaviour* 79, 126–152.



- Naugler Ch. T. & Smith P. C., 1991:** Song similarity in an isolated population of fox sparrows (*Passerella iliaca*). *The Condor* 93 (4), 1001–1003.
- Naugler Ch. T. & Ratcliffe L., 1994:** Character release in bird song: a test of the acoustic competition hypothesis using american tree sparrows *Spizella arborea*. *Journal of Avian Biology* 25 (2), 142–148.
- Ng D. Y. J., Švejcarová T., Sadanandan K. R., Ferasyi T. R., Lee J. G., Prawiradilaga D. M., Ouhel T., Ng E. Y. & Rheindt F. E., 2020:** Genomic and morphological data help uncover extinction-in-progress of an unsustainably traded hill myna radiation (online) [cit.2020.04.28], dostupné z <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ibi.12839>>.
- Nijman, V. 2010:** An overview of international wildlife trade from southeast asia. *Biodiversity and Conservation* 19, 1101–1114.
- Nordby J.C., Campbell S.E. & Beecher M.D. 1999:** Ecological correlates of song learning in song sparrows. *Behavioral Ecology* 10, 287–297.
- Nottebohm F., 1969:** The song of the chingolo, *Zonotrichia capensis*, in Argentina: description and evaluation of a system of dialects. *Condor* 71, 299–315.
- Nuechterlein G. L., 1981:** Courtship behaviour and reproductive isolation between Western Grebe colour morphs. *Auk* 98, 335–349.
- Nyari A. S., 2007:** Phylogeographic patterns, molecular and vocal differentiation, and species limits in *Schiffornis turdina* (Aves). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 44, 154–164.
- Owens J. L., Olsen M., Fontaine A., Kloth Ch., Kershenbaum A., Waller S., 2017:** Visual classification of feral cat *Felis silvestris catus* vocalizations. *Current Zoology* 63 (3), 331–339.
- Payne R. B., Payne L. L., Woods J. L. & Sorenson M. D., 2000:** Imprinting and the origin of parasite–host species associations in brood-parasitic indigobirds, *Vidua chalybeata*. *Animal Behaviour* 59 (1), 69–81.
- Phillimore A. B. & Owens I. P. F., 2006:** Are subspecies useful in evolutionary and conservation biology? *Proc. R. Soc. B* 273, 1049–1053.
- Petrusková T., Pišvejcová I., Kinštová A., Brinke T. & Petrusek A., 2015:** Repertoire-based individual acoustic monitoring of a migratory passerine bird with complex song as an efficient tool for tracking territorial dynamics and annual return rates. *Methods in Ecology and Evolution* 7 (3), 274–284.

- Rasmussen P. C., Round P. D., Dickinson E. C. & Rozendaal F. G. 2000:** A new bush-warbler (Sylviidae, *Bradypterus*) from Taiwan. *Auk* 117, 279–289.
- Rausch G. & Scheich H., 1982:** Dendritic spine loss and enlargement during maturation of the speech control system in the mynah bird (*Gracula religiosa*). *Neuroscience Letters* 29 (2), 129–133.
- Ridley M., 1993:** *Evolution*. Blackwell Scientific Publications, Cambridge, Massachusetts. ISBN 0632034815.
- Rost R., 1990:** Song dialects of the marsh tit (*Parus palustris*) and their functional significance: a test of models. In: Van Den Elzen R., Schuchmann K. L. & K. Schmidt-Koenig K. (eds.): *Current topics in avian biology*. Verlag, Bonn. S. 111–122.
- Sandoval L., Méndez C. & Mennil D.J. 2014:** Individual distinctiveness in the fine structural features and repertoire characteristics of the songs of white-eared ground-sparrows. *Ethology* 120, 275–286.
- Searcy W., Nowicki S., Hughes M., Peters S. & Boake Ch. R., 2002:** Geographic song discrimination in relation to dispersal distances in song sparrows. *The American Naturalist* 159 (3), 221–230.
- Shepherd Ch. R., 2006:** The bird trade in Medan, north Sumatra: an overview. *BirdingASIA* 5, 16–24.
- Shepherd Ch. r., Sukumaran J. & Wich S. A., 2004:** *Open Season: An analysis of the PetTrade in Medan, Sumatra 1997 – 2001*. TRAFFIC Southeast Asia, Petaling Jaya, Selangor, Malaysia. S. 67. ISBN 9833393020.
- Sibley C. G. & Monroe B. L., 1993:** *A Supplement to Distribution and Taxonomy of Birds of the World*. Yale University Press, New Haven. ISBN 9780300055498.
- Sibley C. G., & Monroe B. L., 1990:** *Distribution And Taxonomy Of Birds Of The World*. Yale University Press, New Haven. ISBN 9780300049695.
- Soha J. A., Nelson D. A. & Parkerb P. G., 2004:** Genetic analysis of song dialect populations in Puget Sound white-crowned sparrows. *Behavioral Ecology* 15 (4), 636–646.
- Teixeira D., Maron M., van Rensburg B. J., 2019:** Bioacoustic monitoring of animal vocal behavior for conservation. *Conservation Science and Practice* 1 (8), e72.
- Tenaza R. R., 1976:** Wild mynahs mimic wild primates. *Nature* 259, 561 (1976).

**Tobias J. A. & Seddon N., 2009:** Signal design and perception in *Hypocnemis* antbirds: evidence for convergent evolution via social selection. *Evolution* 63, 3168–3189.

**Toews D. P. L., 2017:** From song dialects to speciation in white-crowned sparrows. *Molecular Ecology* 26 (11) 2842–44.

**Turney T.H., 1982:** The association of visual concepts and imitative vocalizations in the mynah (*Gracula religiosa*). *Bull. Psychon. Soc.* 19, 59–62.

**Van Boheemen S. J., Diblíková L., Bílková J., Petrušek A. & Petrusková T., 2019:** Extraordinary variation in a simple song: No geographical patterns in initial phrase variation of the Yellowhammer, a passerine with pronounced dialects. *The Auk* 136 (4), 1–18.

**Van Marle J. G. & Voous K. H., 1988:** The birds of Sumatra: an annotated check – list. British Ornithologists Union, Great Britain. S. 265. ISBN 9780907446095.

**Voris H. K., 2000:** Maps of pleistocene sea levels in southeast asia: shorelines, river systems and time durations. *Journal of Biogeography* 27, 1153 – 1167.

**West M. J. & King A. P., 1985:** Studying dialects in songbirds: Finding the common ground. *Behavioral and Brain Sciences* 8, 85–133.

**Whitney B. M., 1994:** A new *Scytalopus* tapaculo (Rhinocryptidae) from Bolivia, with notes on other Bolivian members of the genus and the *magellanicus* complex. *Wilson Bull.* 106, 585–614.

**Wiens J. J. & Graham CH., 2005:** Niche conservatism: integrating evolution, ecology, and conservation biology. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 36, 519– 539.

**xeno-canto, 2020:** *Gracula religiosa* (online) [cit.2020.04.1], dostupné z <<https://www.xeno-canto.org/species/Gracula-religiosa>>.

## Zoznam obrázkov

Obr. 1: Zobrazenie rozšírenia rodu *Gracula* (BirdLife International 2020), vlastná kompilácia

Obr. 2: Beo malozobý (Craig & Feare 2009)

Obr. 3: Beo cejlónsky (Craig & Feare 2009)

Obr. 4: Beo vraní (Craig & Feare 2009)

Obr. 5: *Gracula venerata* (Craig & Feare 2009)

Obr. 6: Beo posvätný – *G. r. religiosa* (Craig & Feare 2009)

Obr. 7: Beo posvätný – *G. r. intermedia* (Craig & Feare 2009)

Obr. 8: Beo posvätný – *G. r. enganensis* (Craig & Feare 2009)

Obr. 9: Zobrazenie rozšírenia beo posvätného (BirdLife International 2020) a jeho poddruhov (Craig & Feare 2009), vlastná kompilácia

Obr. 10: ukážka sonogramov zobrazujúcich zvuky „Um“ (Bertram 1970)

Obr. 11: ukážka sonogramov zobrazujúcich typy „šeptavých hvízdov“ (Bertram 1970)

Obr. 12: ukážka sonogramov zobrazujúcich zdieľané 4 typy „volaní“ (Bertram 1970).

Obr. 13: ukážka sonogramov zobrazujúcich geografickú a individuálnu variabilitu typu „chip-calls“ (Bertram 1970).

Obr. 14: Zobrazenie lokalít všetkých použitých nahrávok, vlastná kompilácia

Obr. 15: Zobrazenie lokality nahrávok beo malozobého a beo cejlonského, vlastná kompilácia

Obr. 16: Zobrazenie lokality nahrávok druhov *G. venerata* a beo posvätného s jeho poddruhmi, vlastná kompilácia

Obr. 17: Zobrazenie lokality nahrávok beo vranieho v kontexte najbližších nahrávok, vlastná kompilácia

Obr. 18: Zobrazenie identifikovaných elementov podľa t-SNE s PCA predspracovaním, agregované cez divcon 7 median v programe Koe – Beo cejlónsky

Obr. 19: Zobrazenie UPGMA dedrogramu

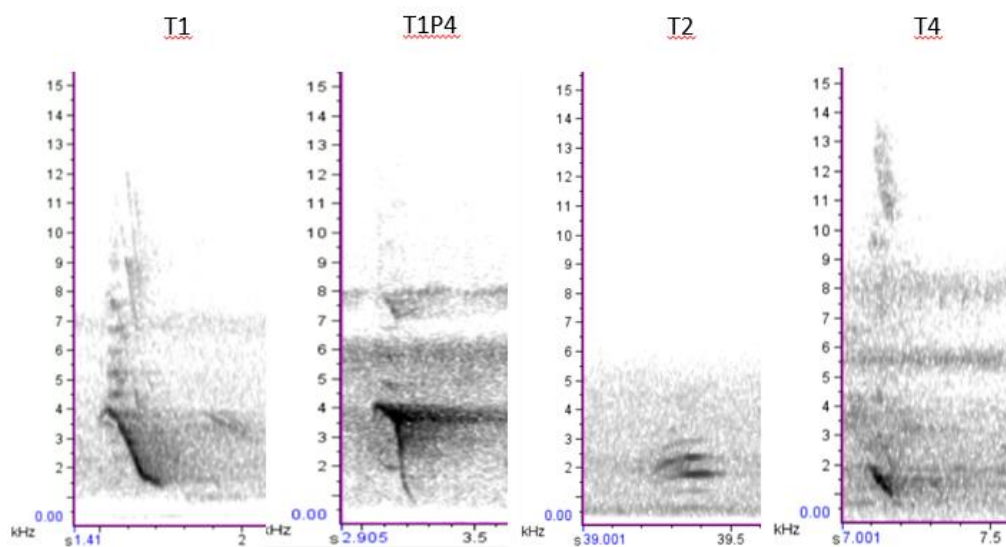
# 9 Prílohy

## Príloha 1 – katalóg elementov

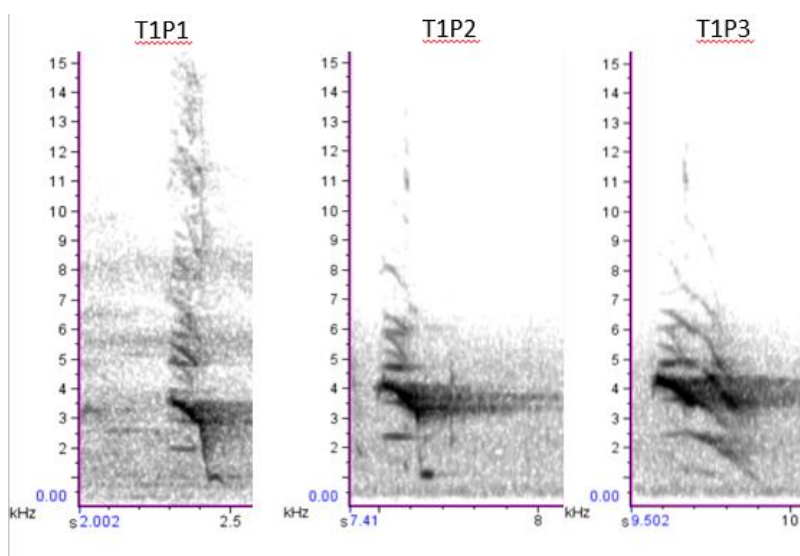
### Beo cejlónsky

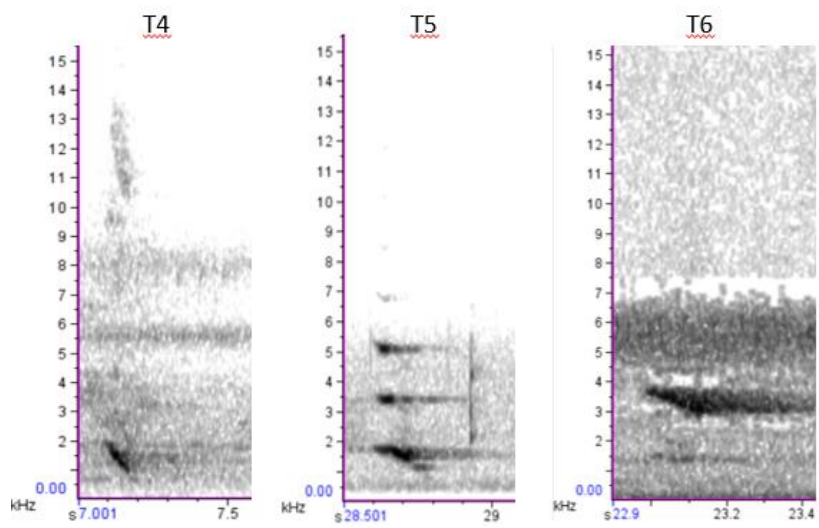
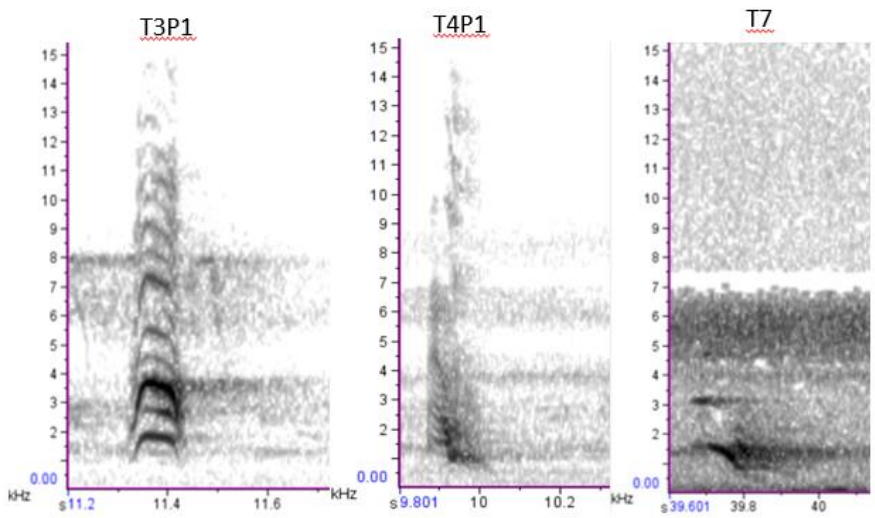
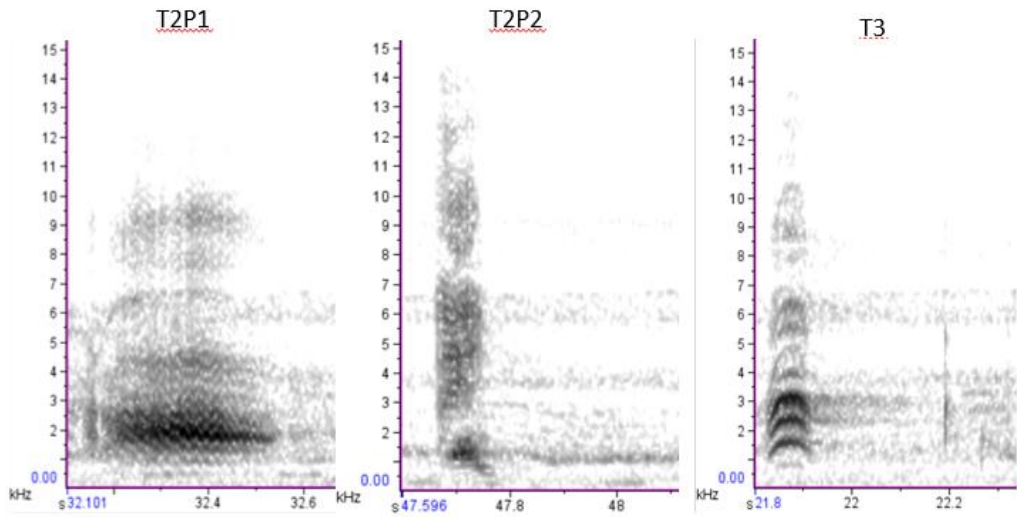
(*Gracula ptilogenys*)

#### Typické typy elementov

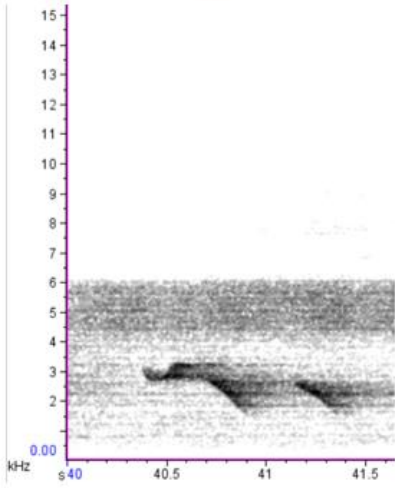


#### Typy elementov





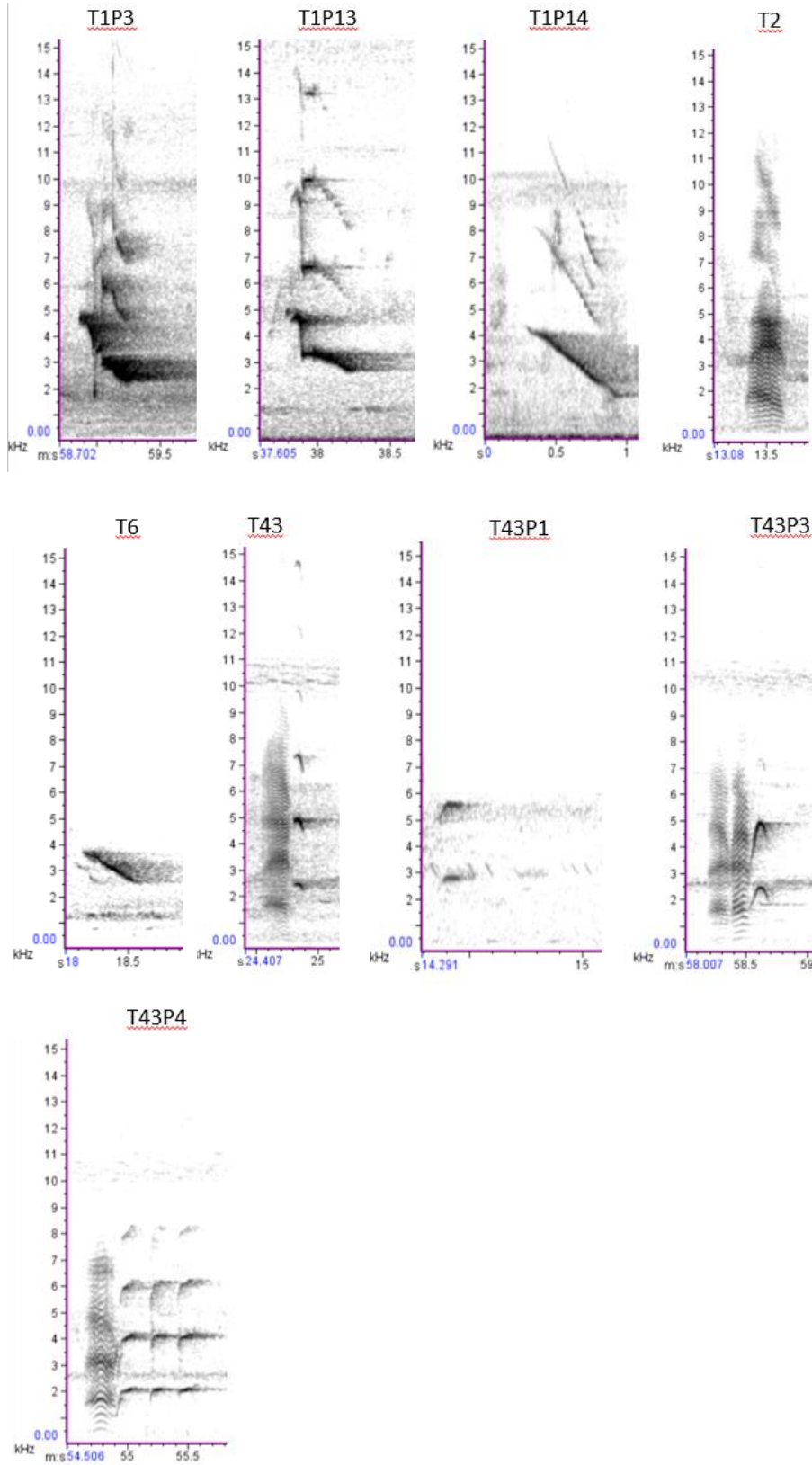
T8



# Beo malozobý

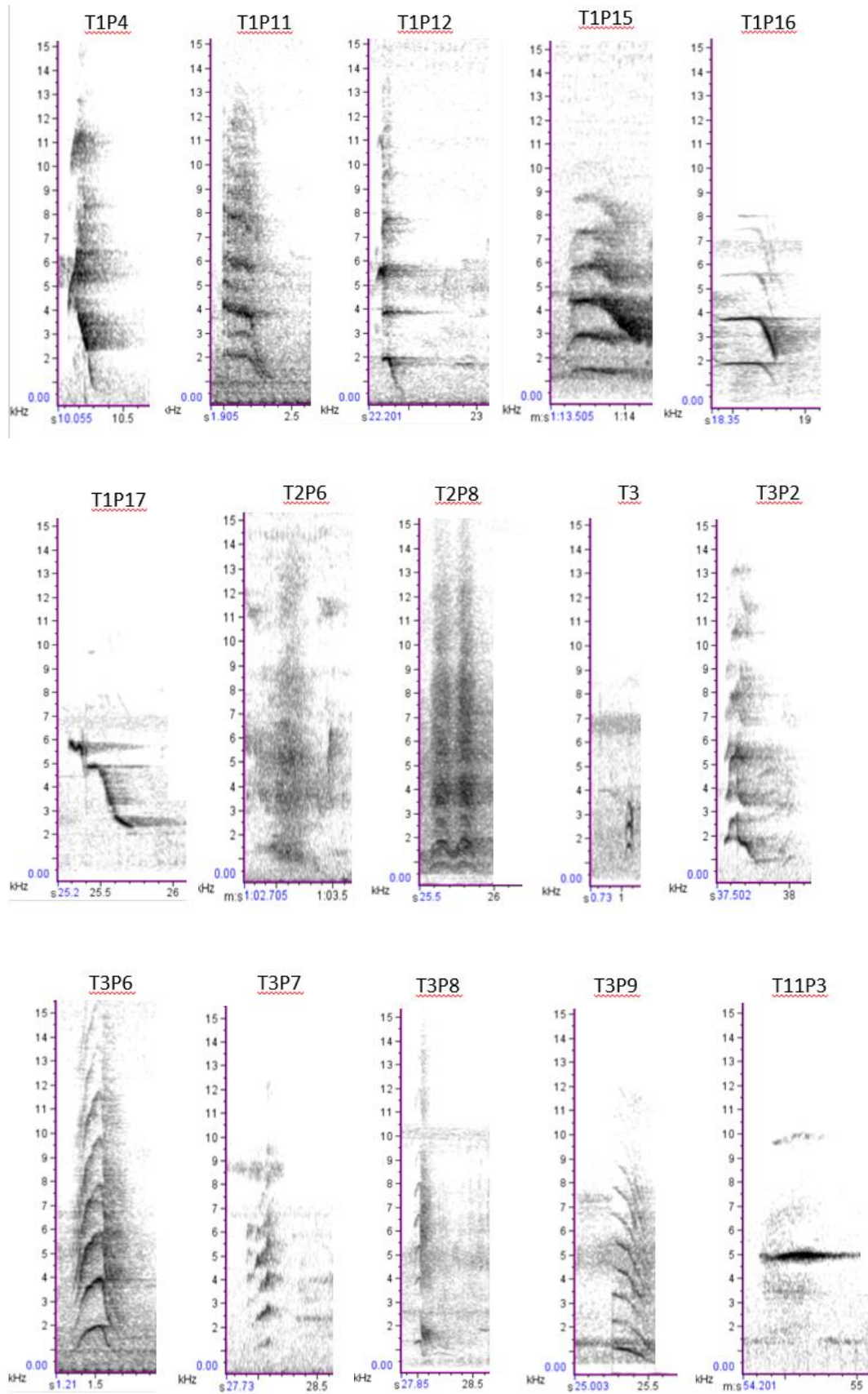
(*Gracula indica*)

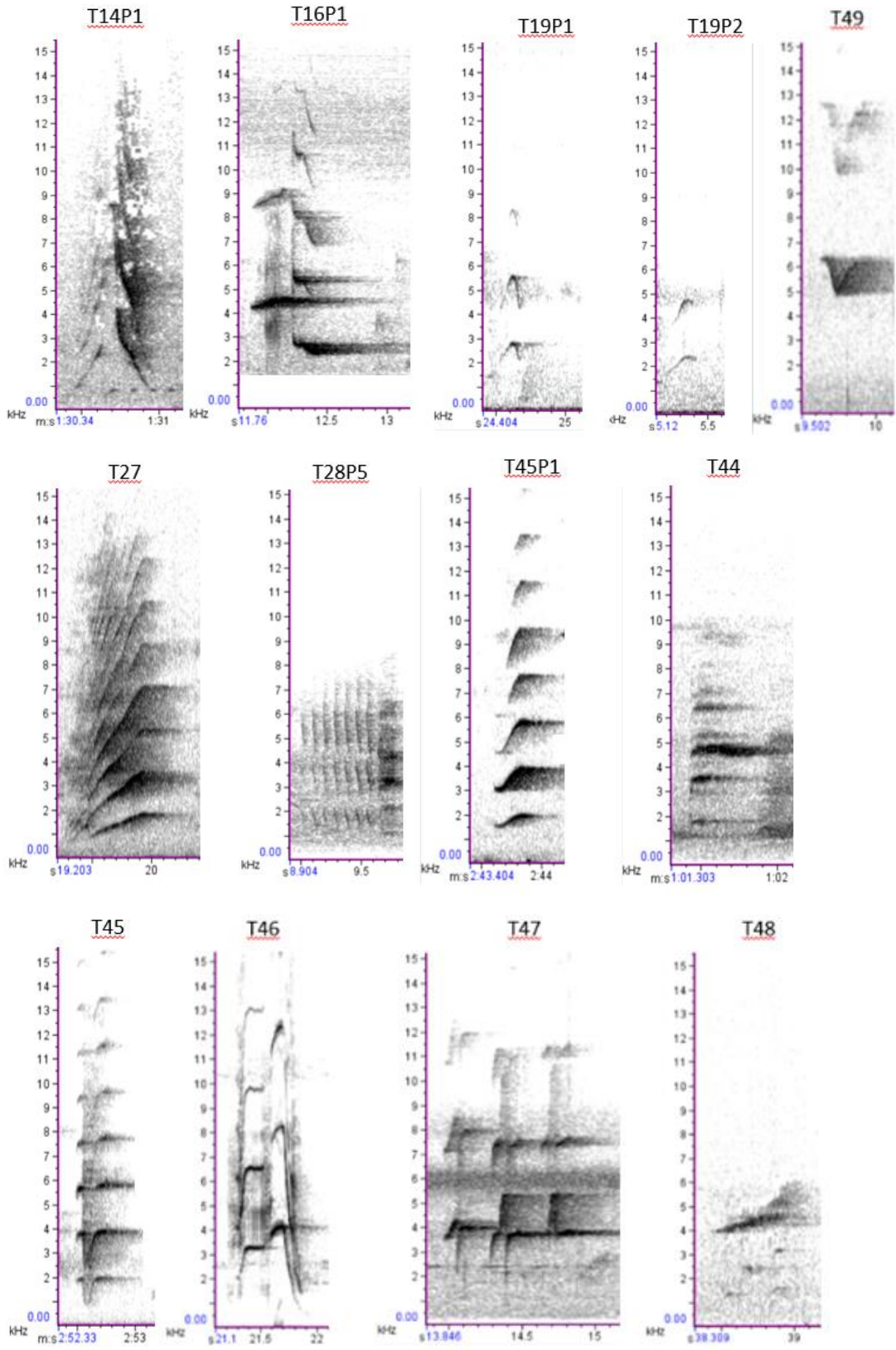
## Typické typy elementov





# Typy elementov

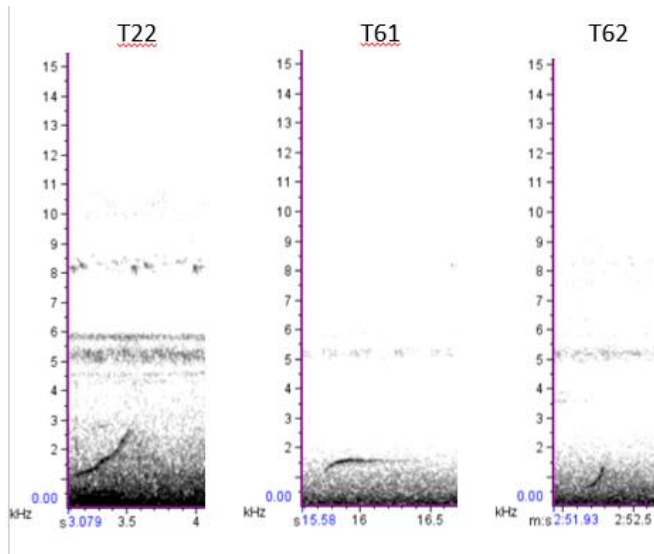
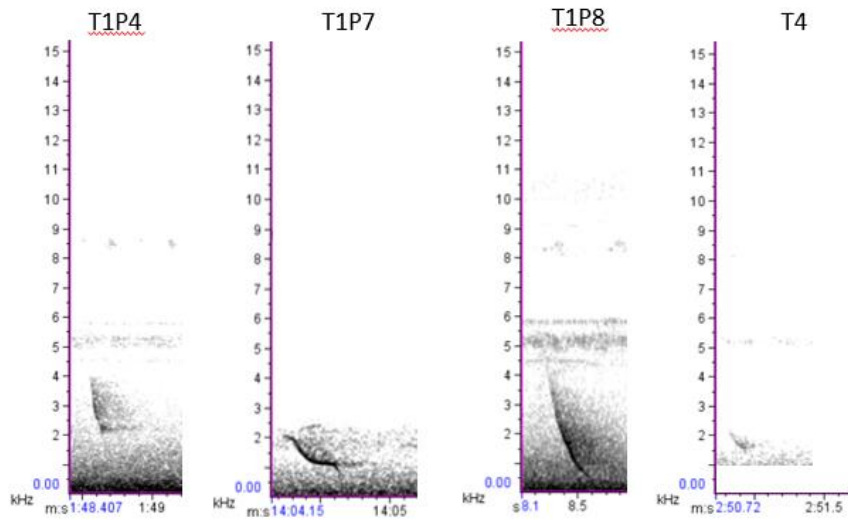




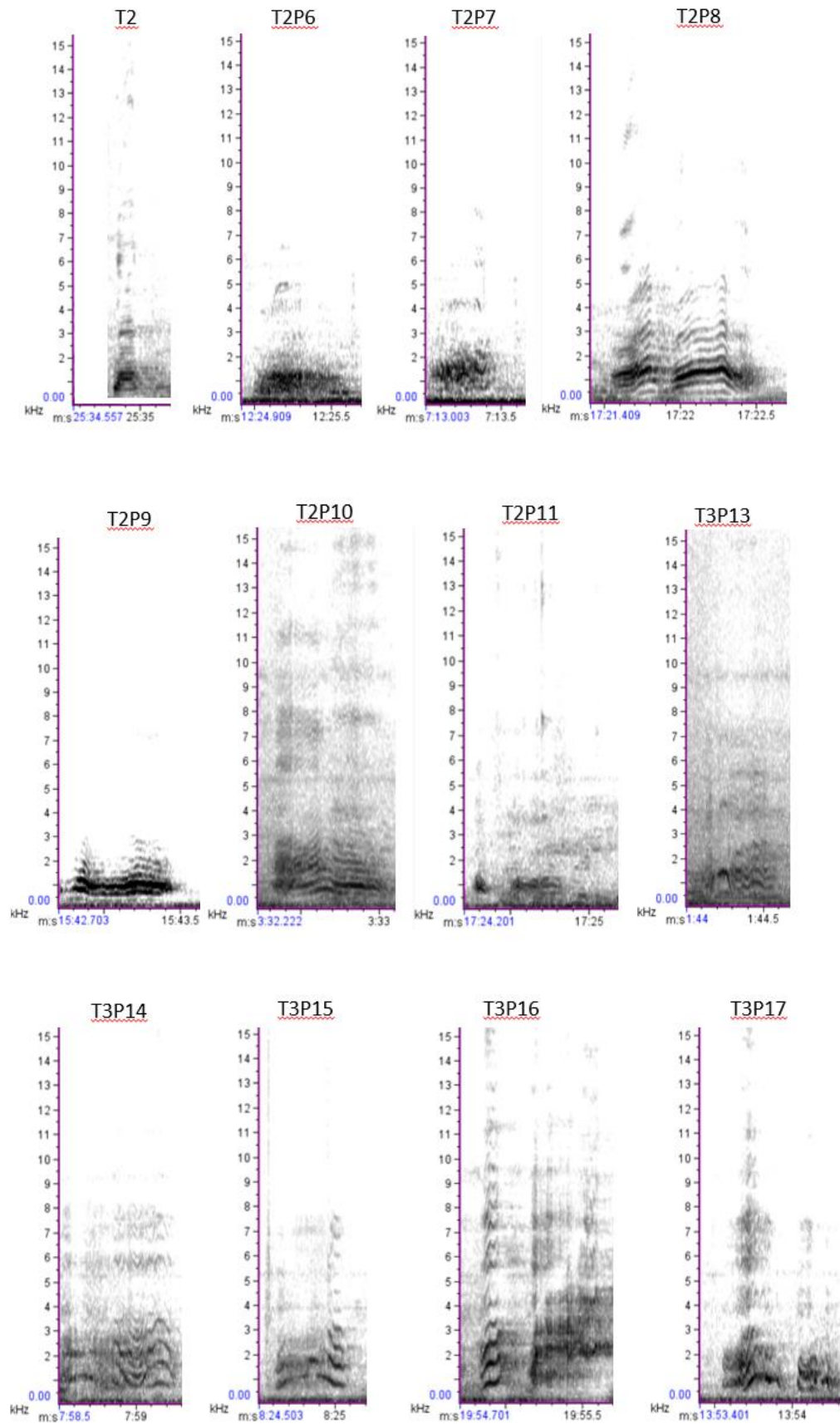
# Beo vraní

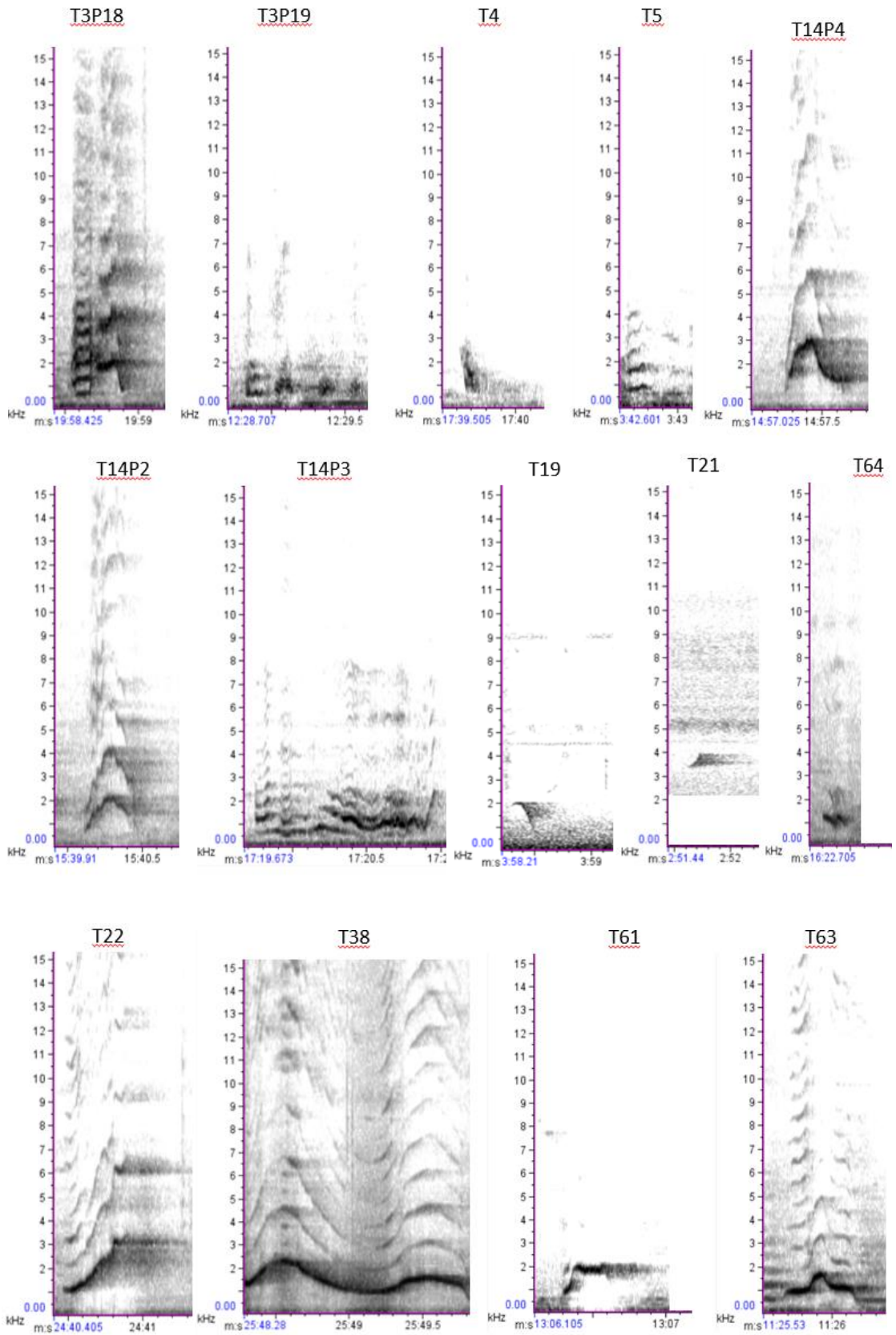
(*Gracula robusta*)

## Typické typy elementov



# Typy elementov



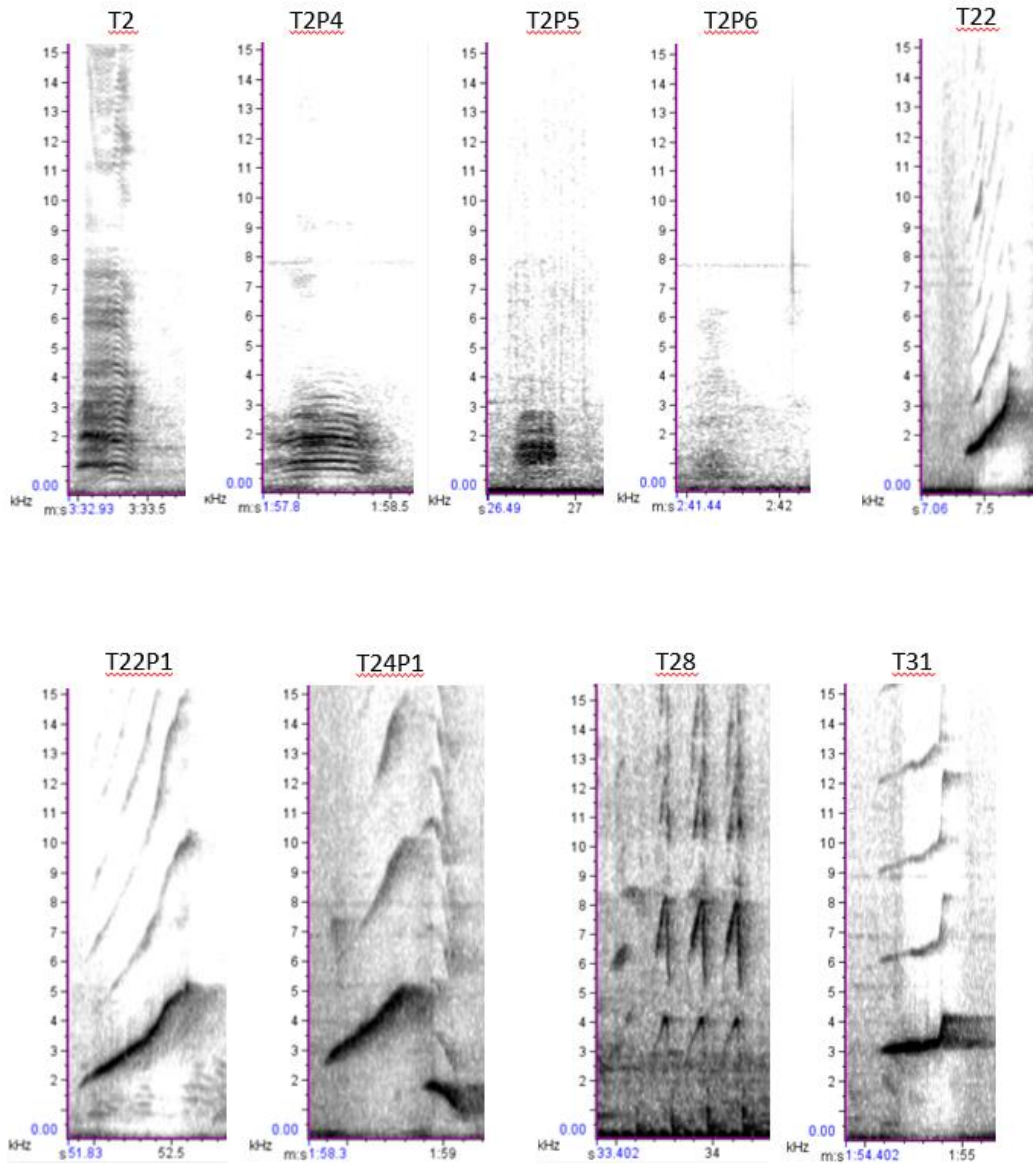


# Beo posvätný

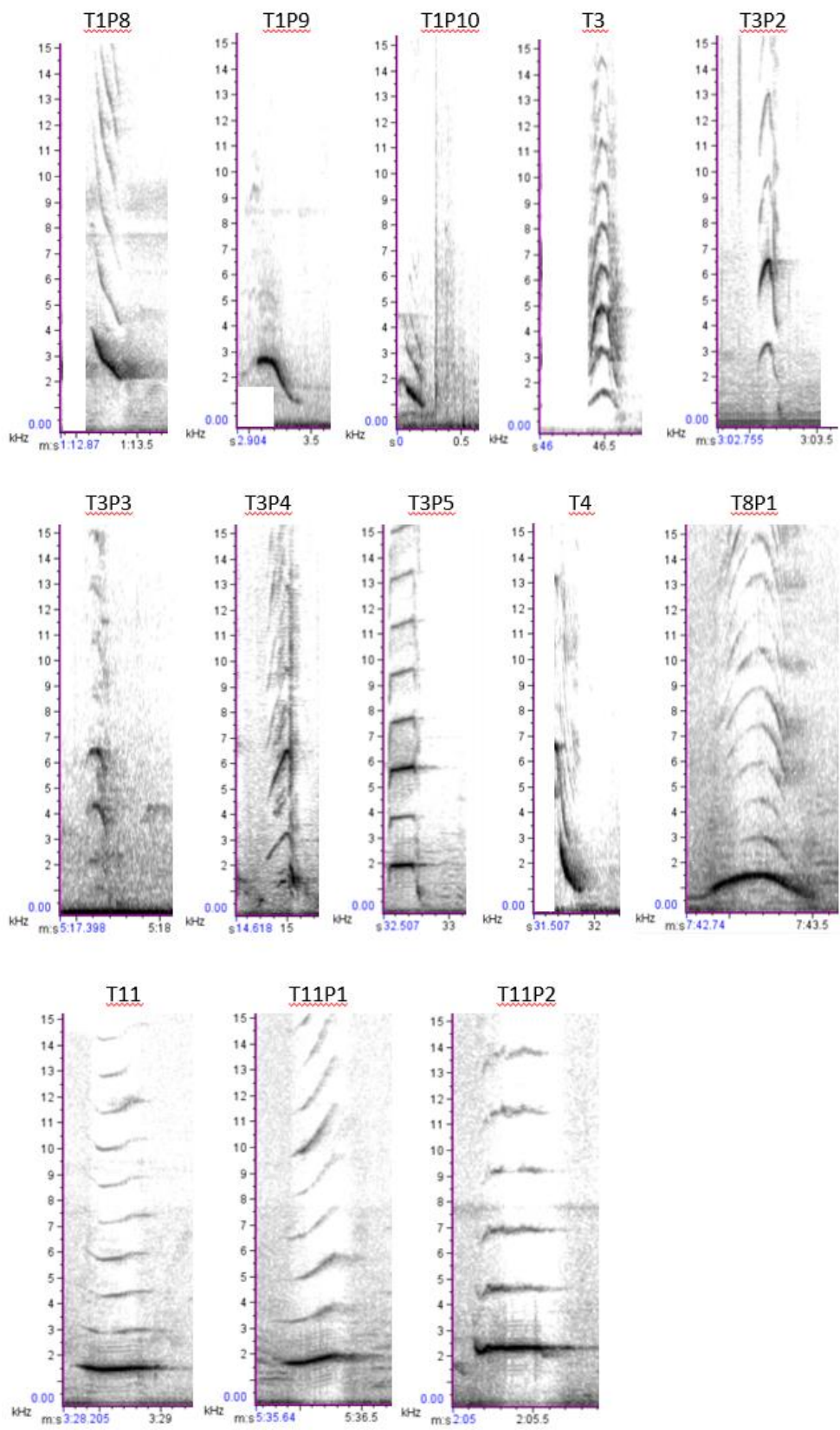
(*Gracula religiosa*)

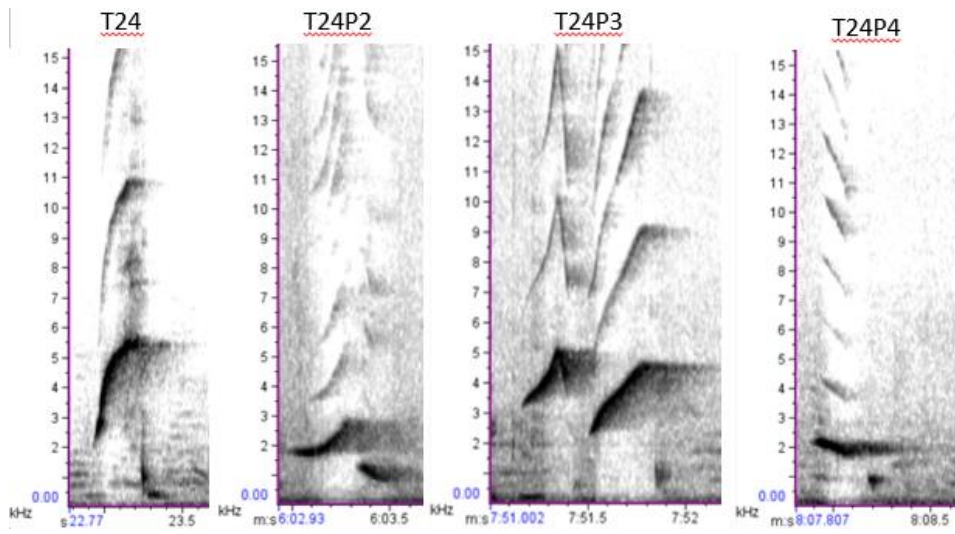
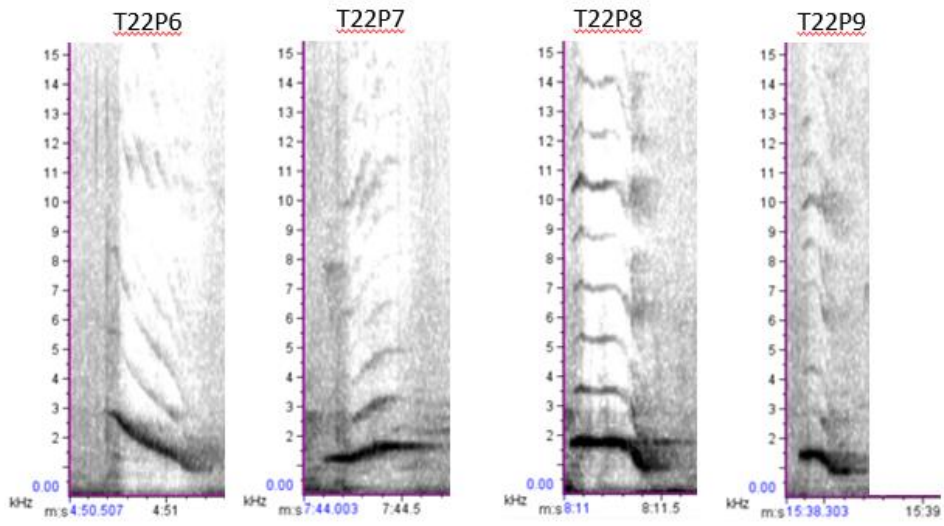
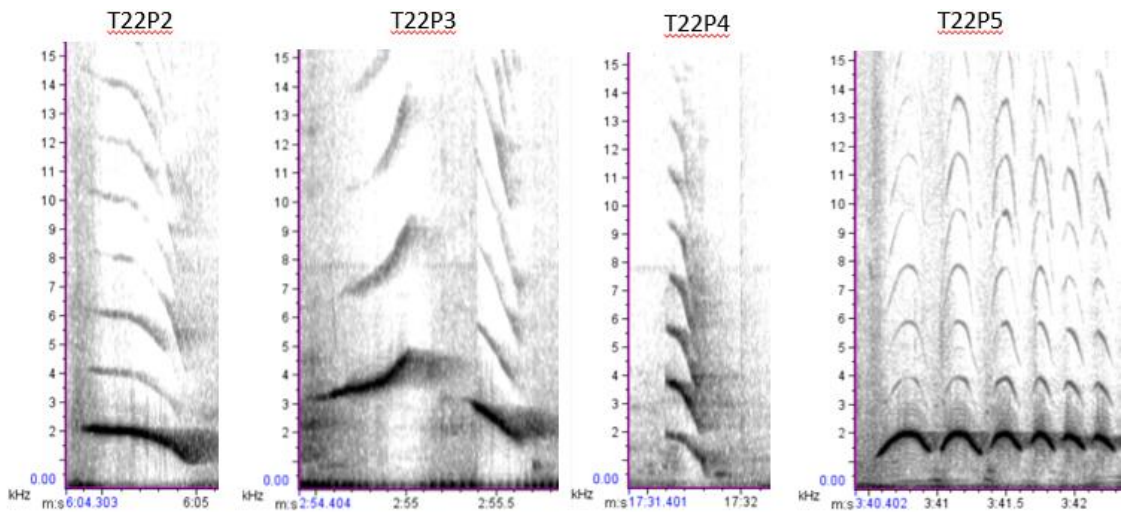
## Poddruh *G. r. miotera*

### Typické typy elementov

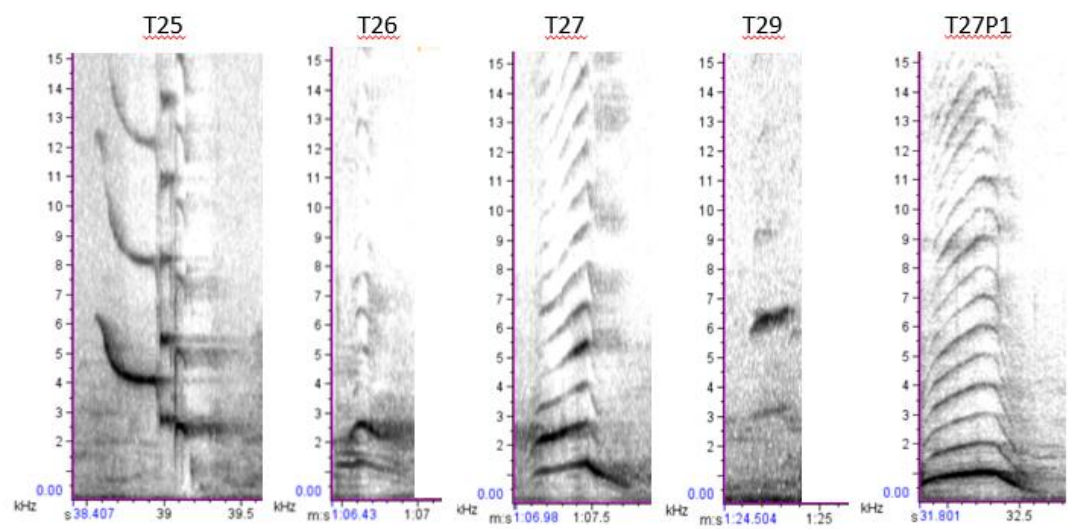
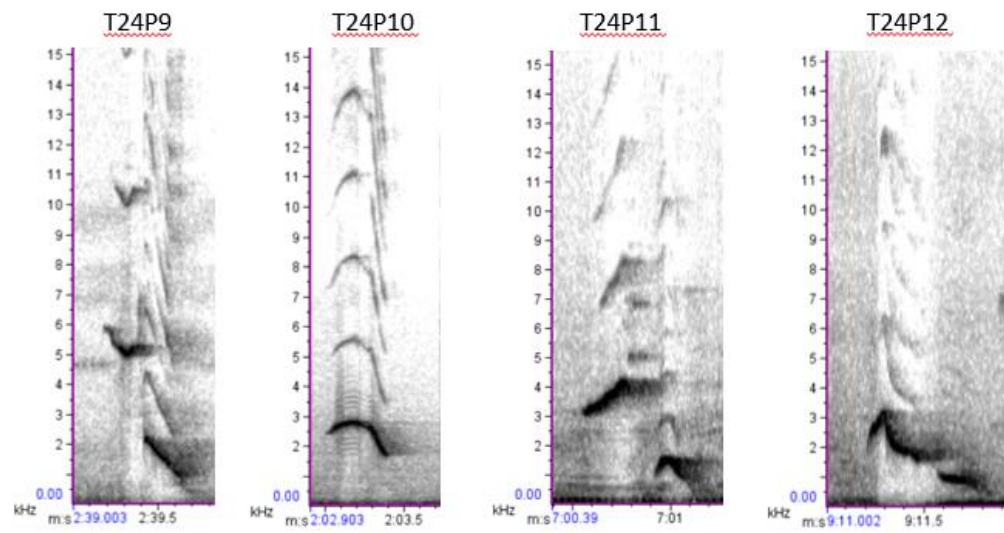
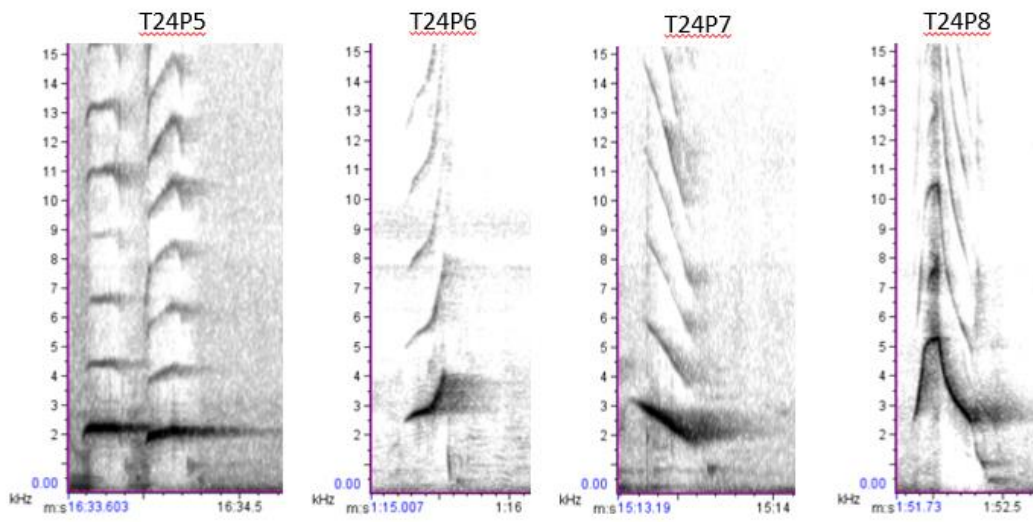


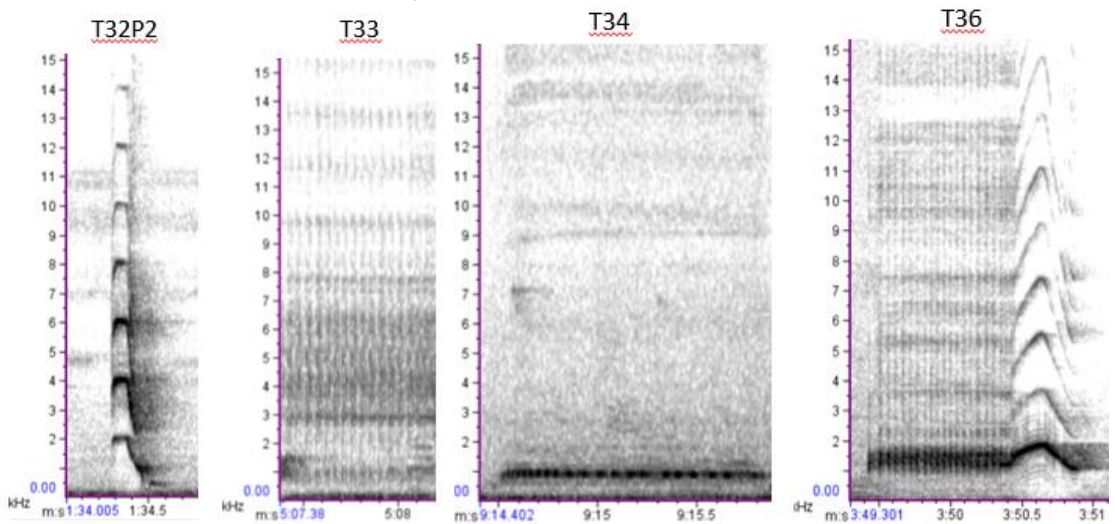
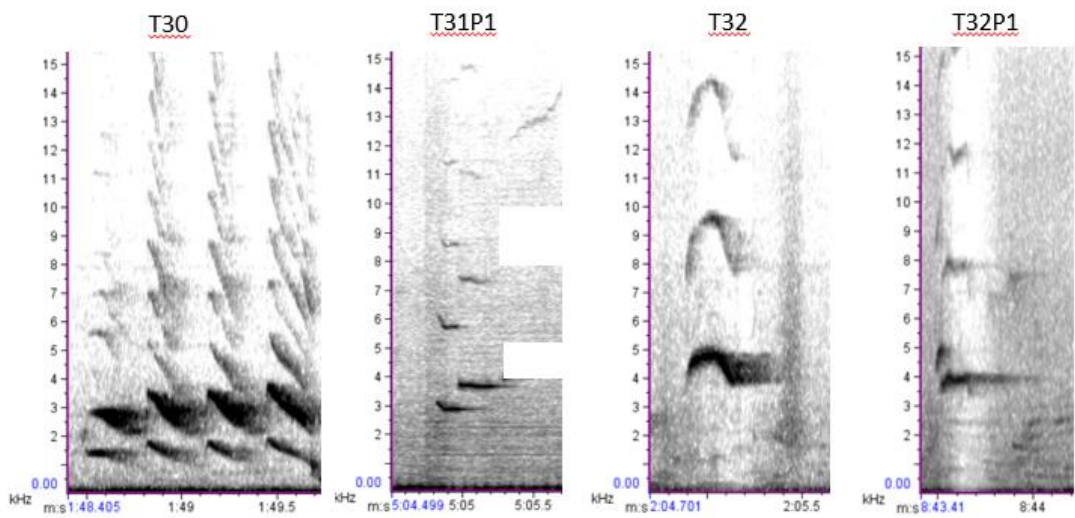
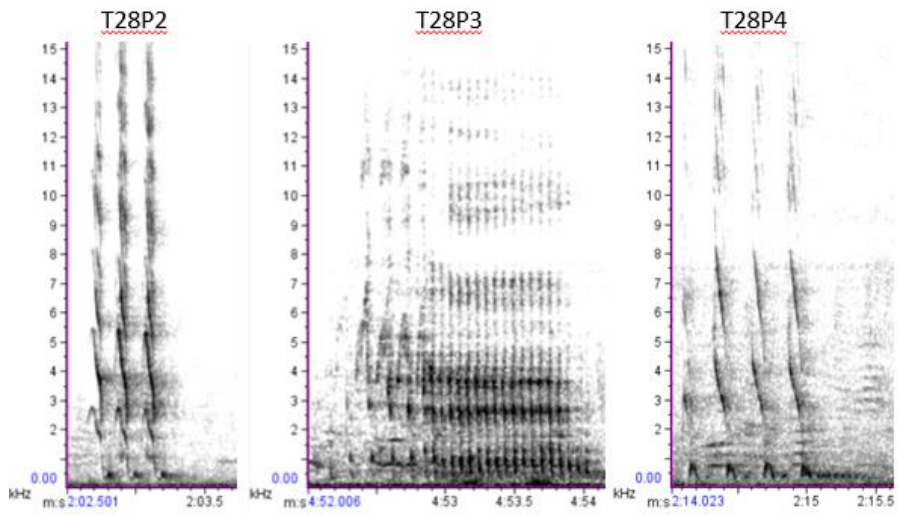
# Typy elementov

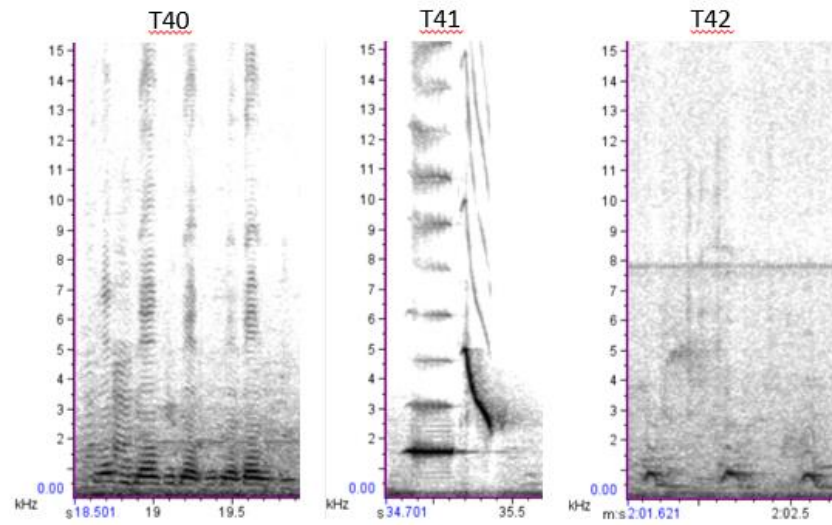
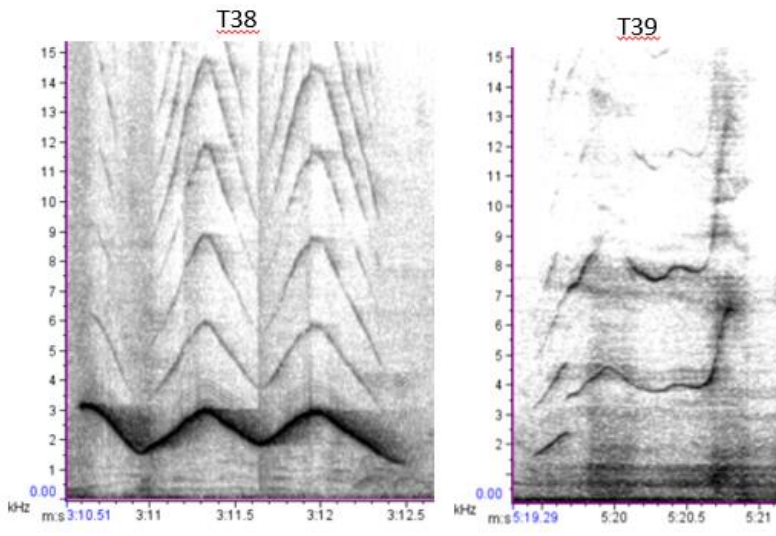
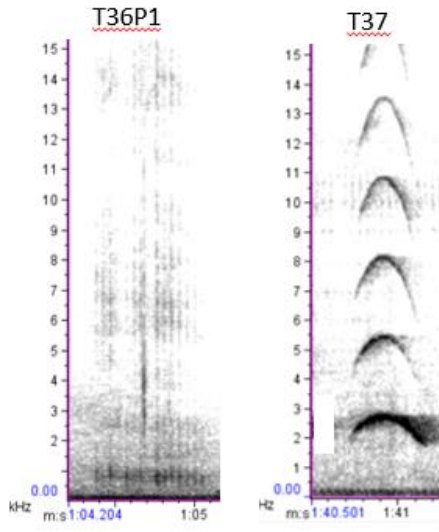






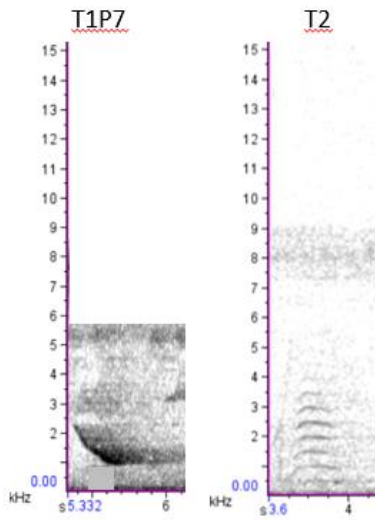




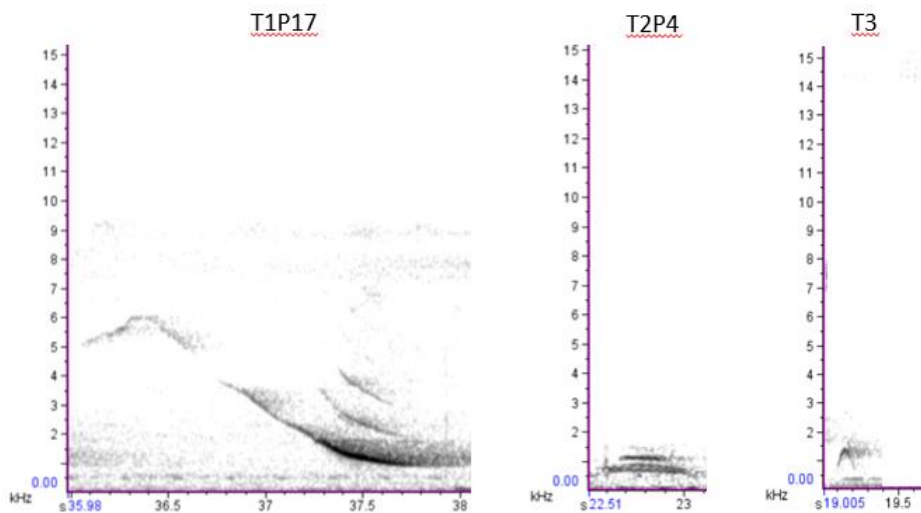
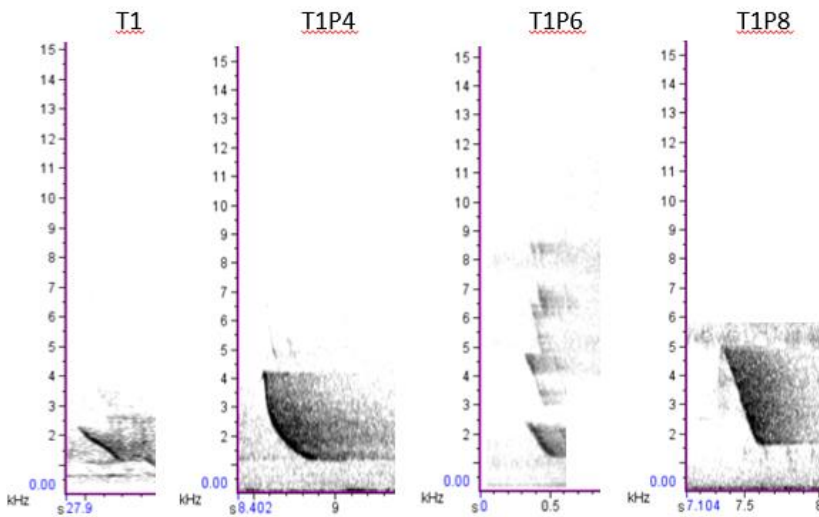


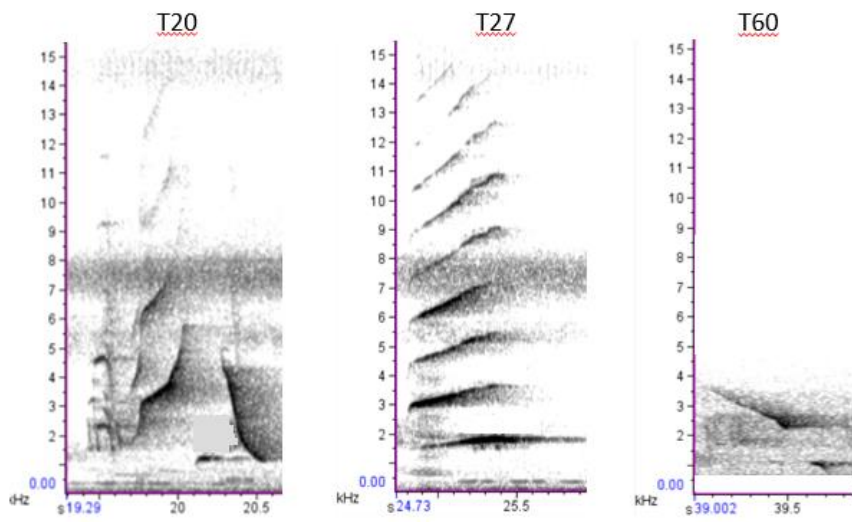
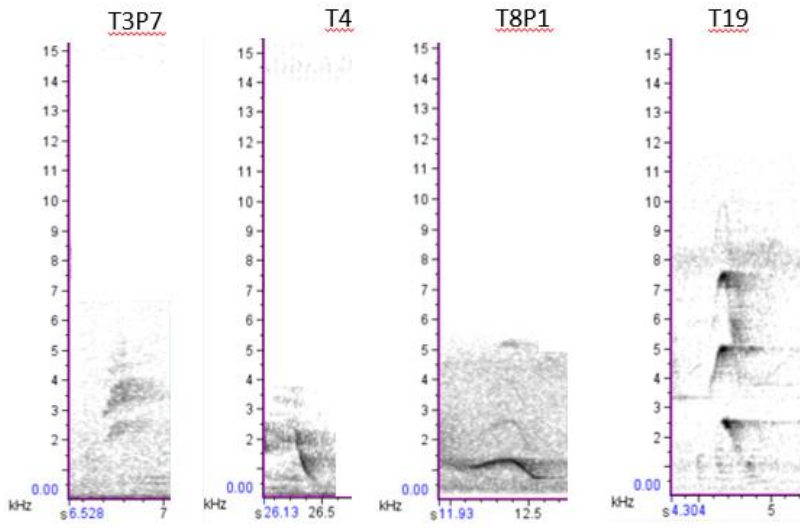
# Poddruh *G. r. religiosa*

## Typické typy elementov



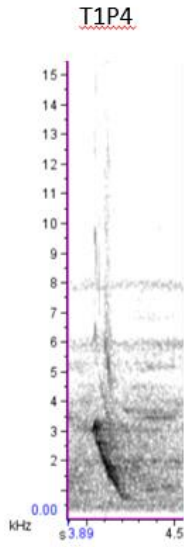
## Typy elementov



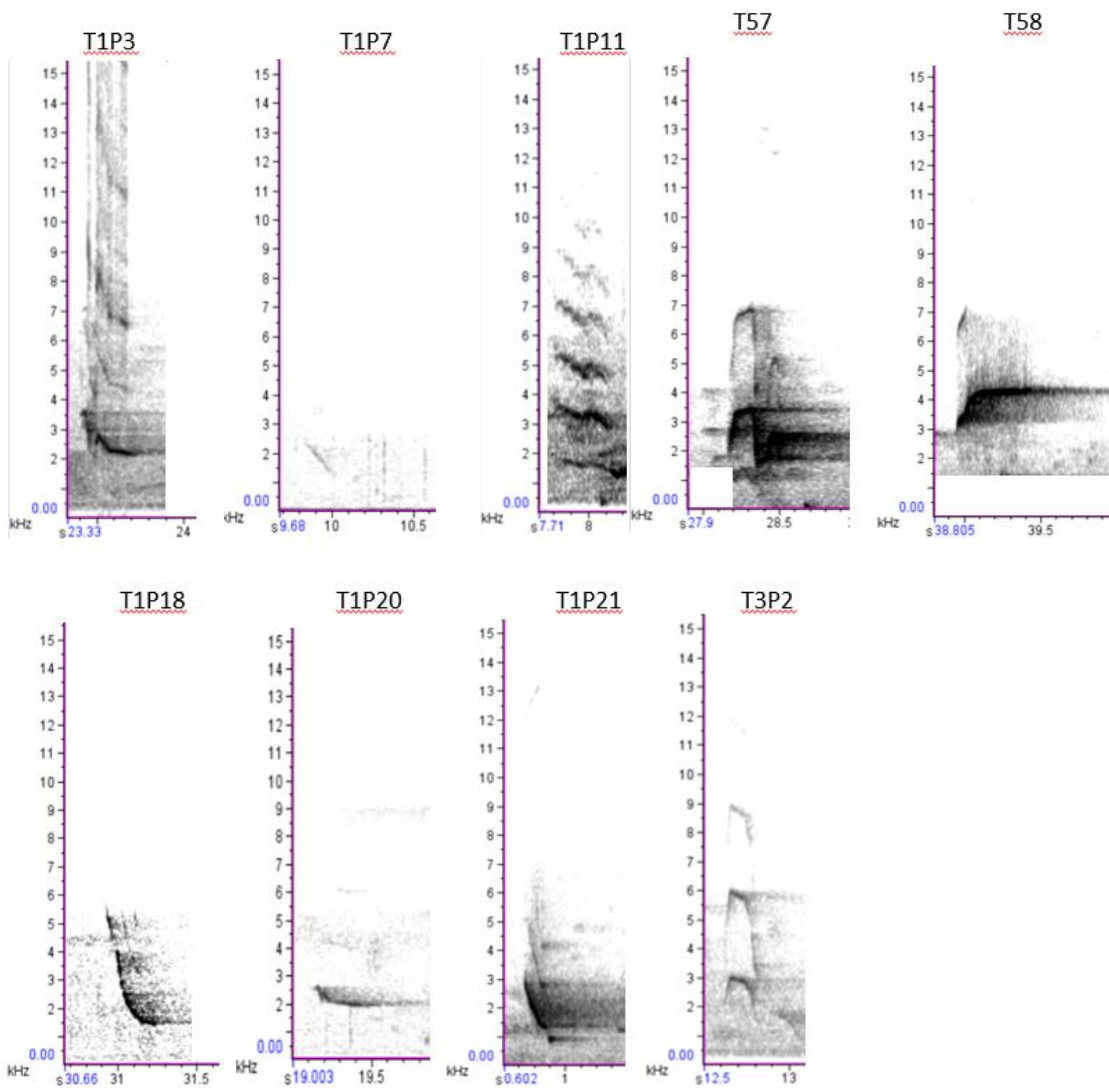


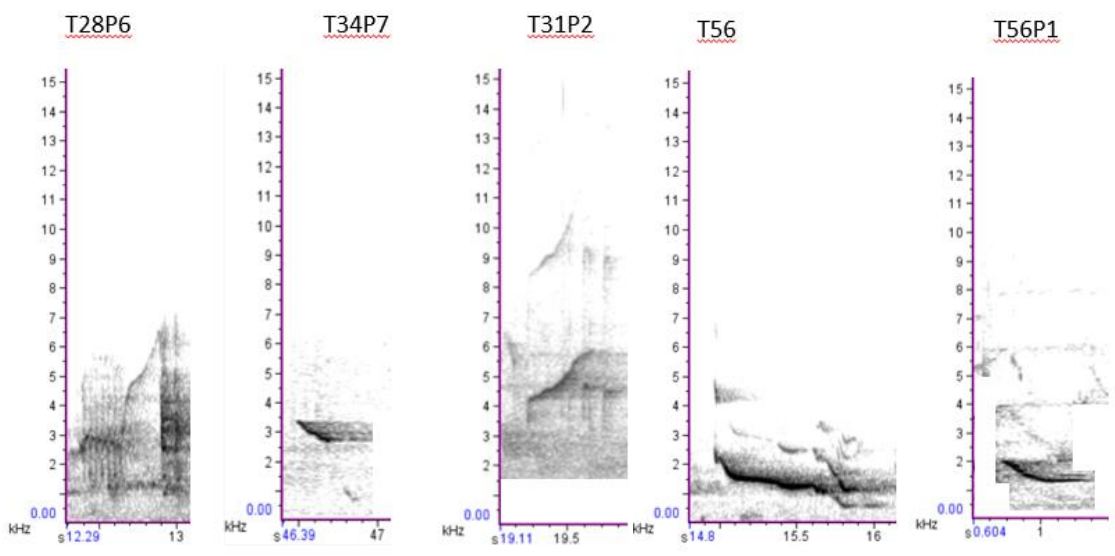
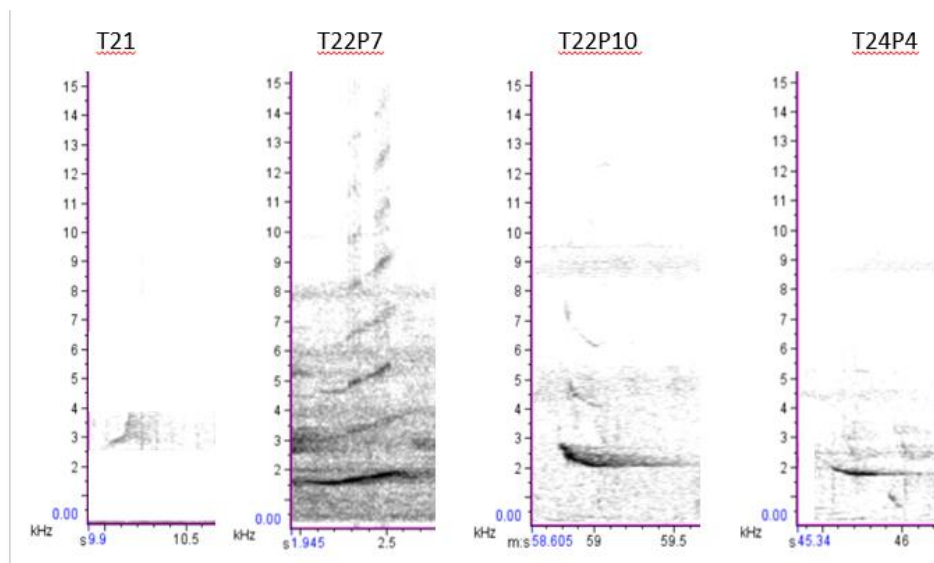
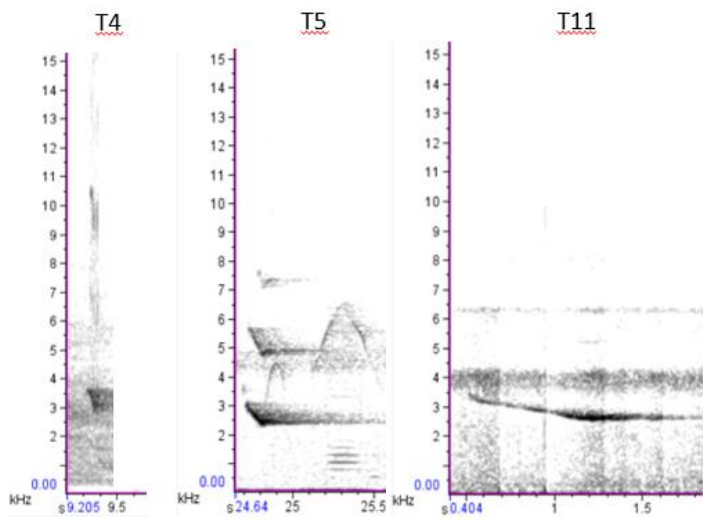
# Poddruh *G. r. intermedia*

## Typické typy elementov



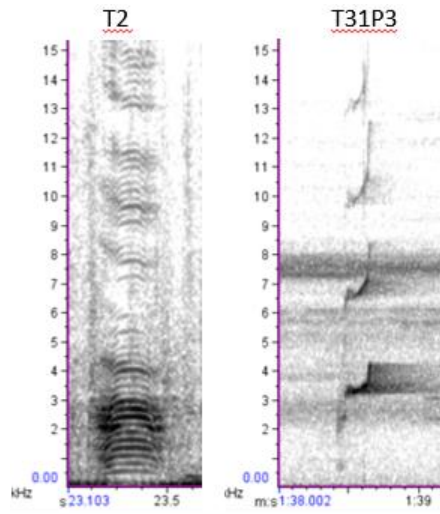
## Typy elementov



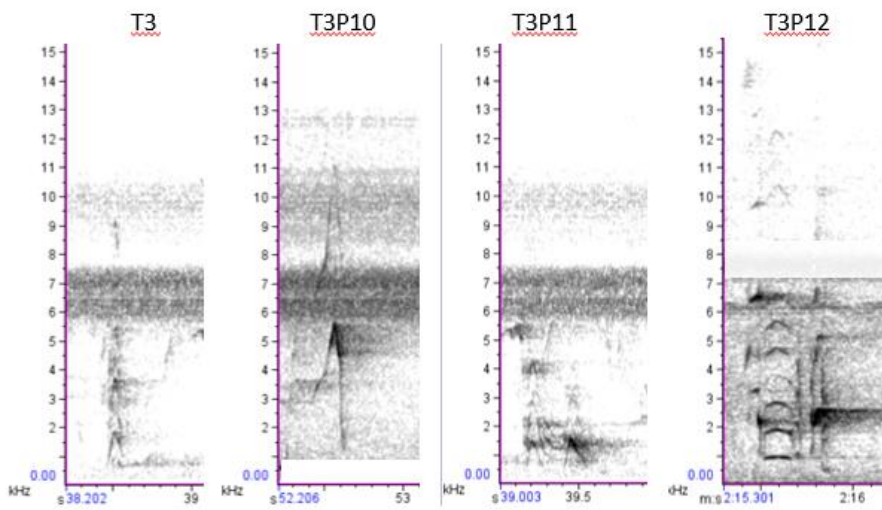
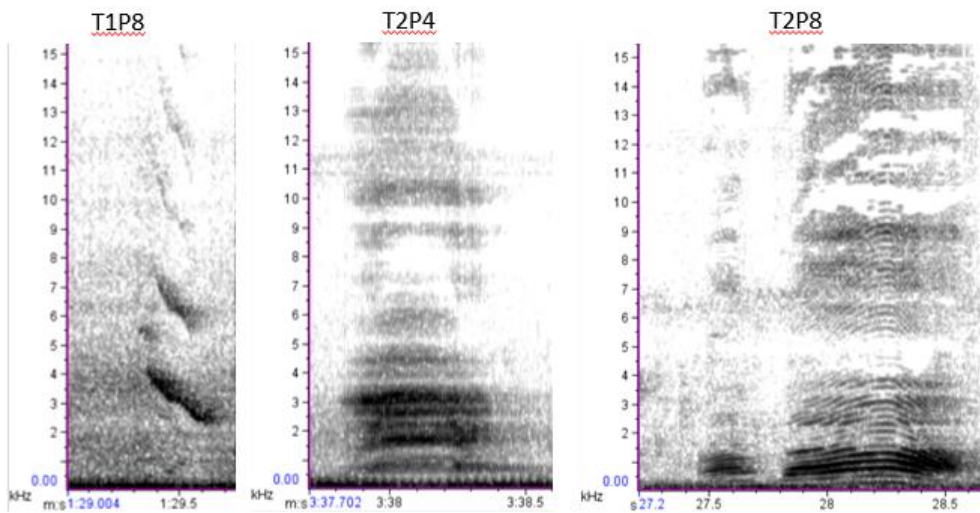


# Poddruh *G. r. batuensis*

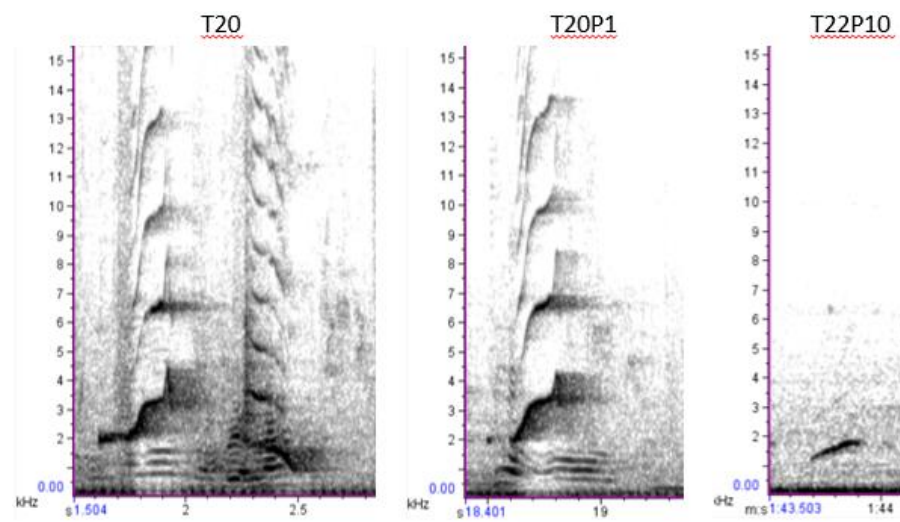
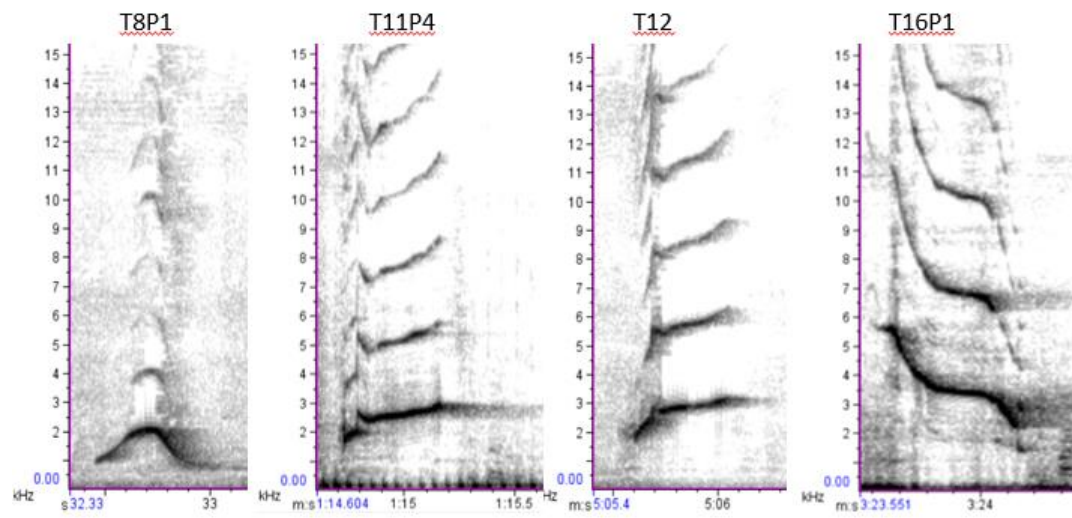
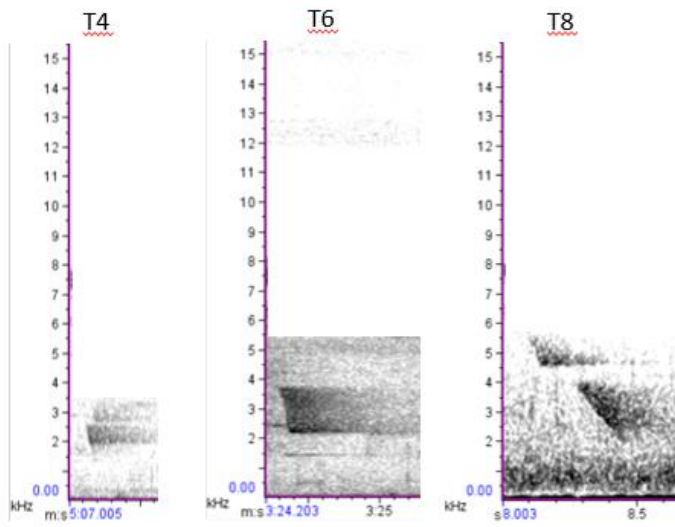
## Typické typy elementov

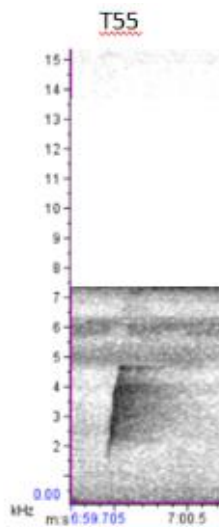
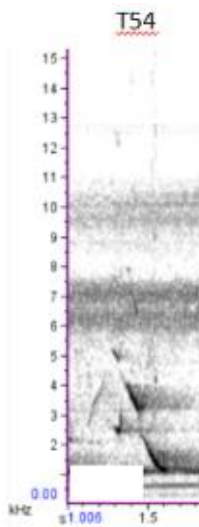
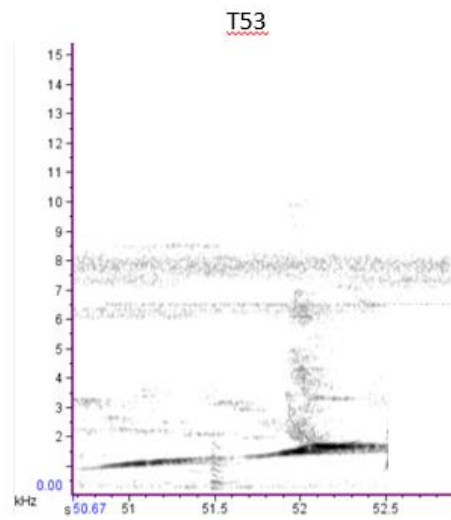
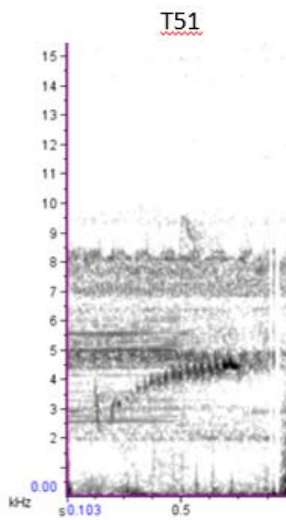
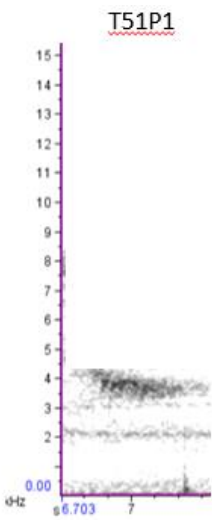
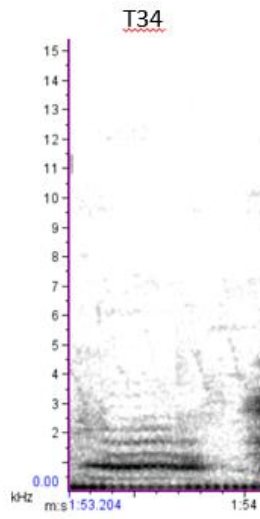
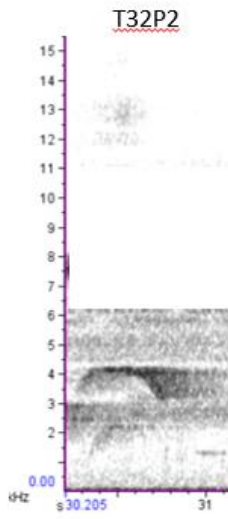


## Typy elementov



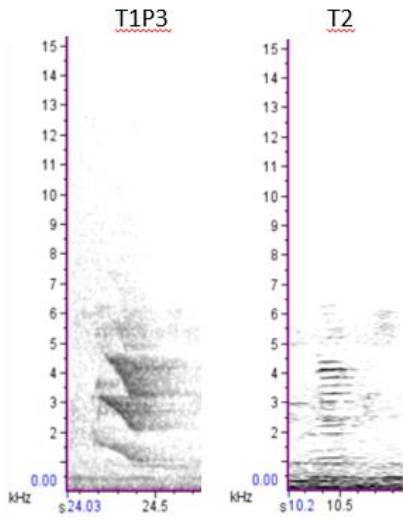




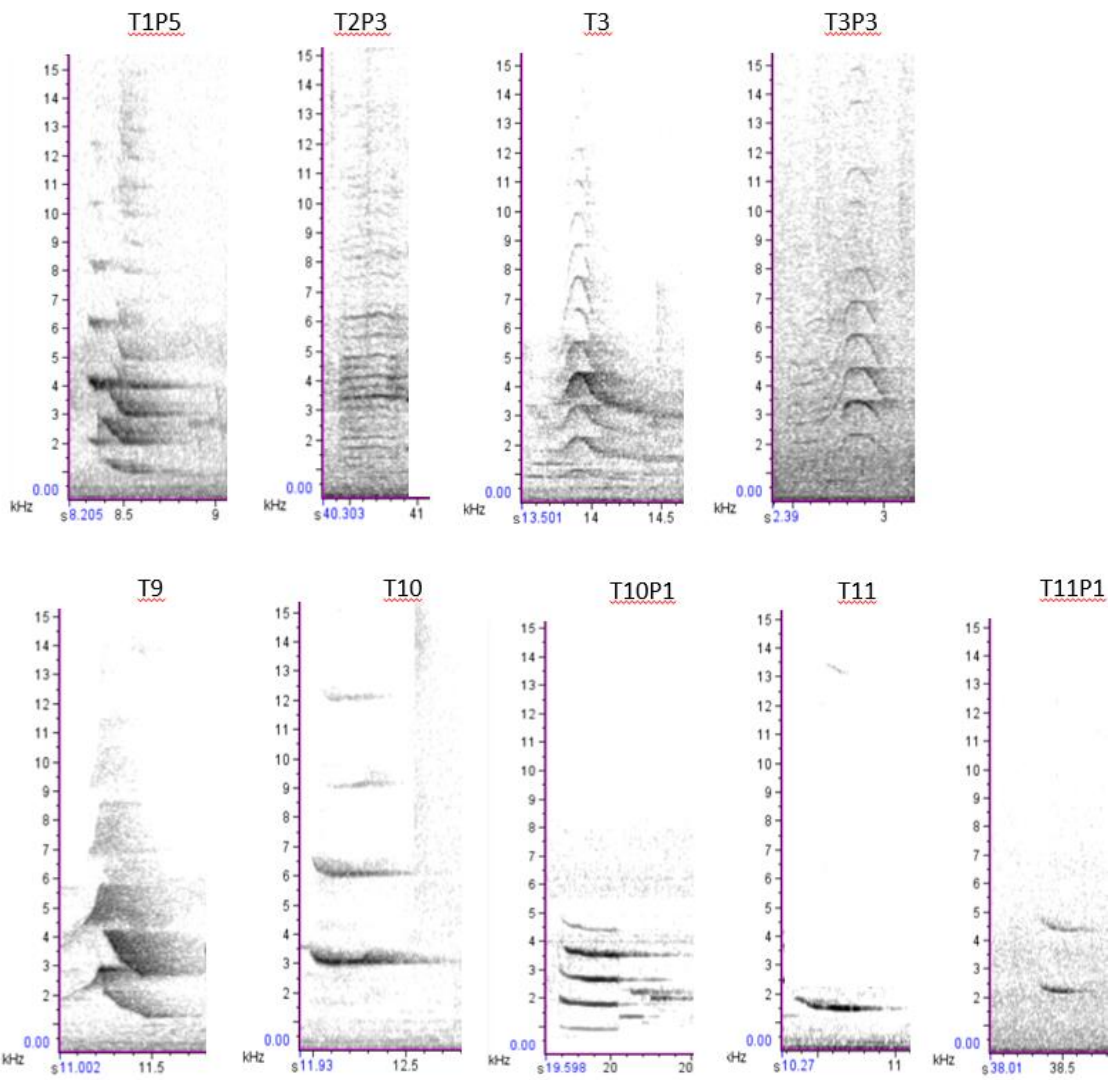


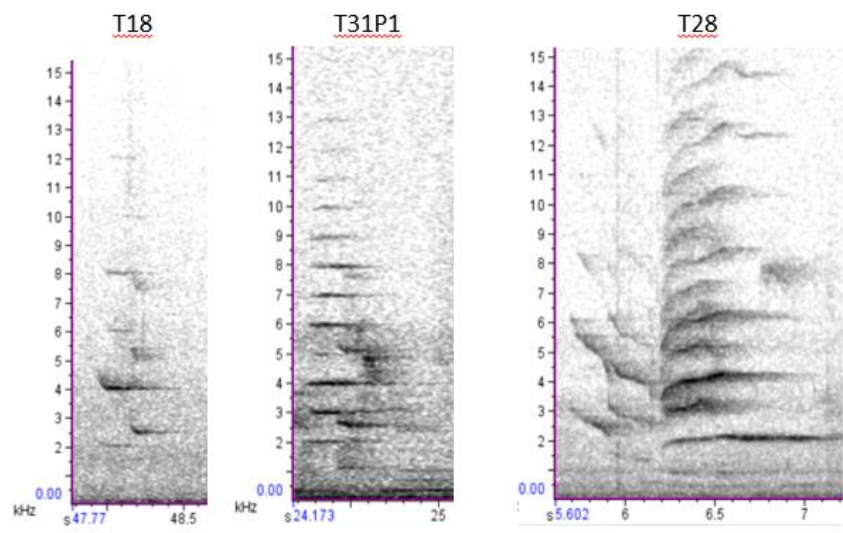
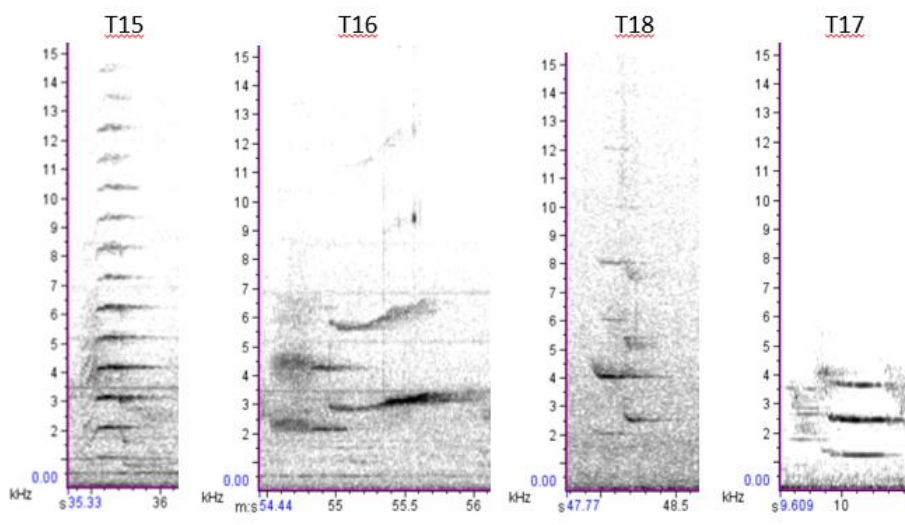
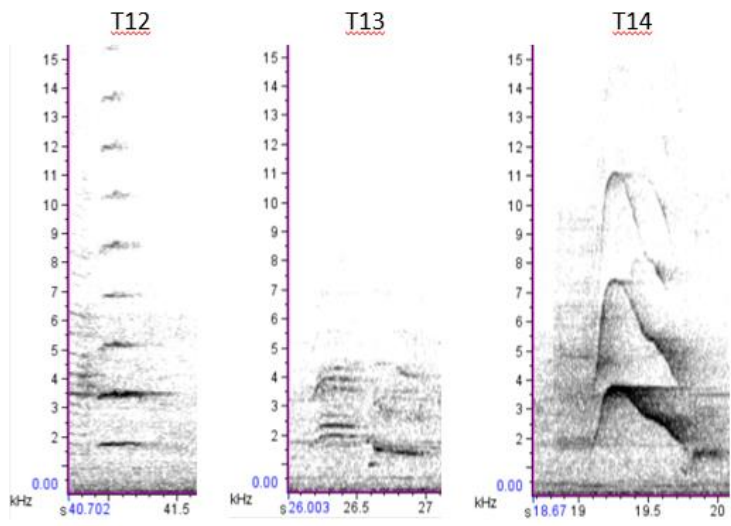
# Poddruh *G. r. andamanensis*

## Typické typy elementov



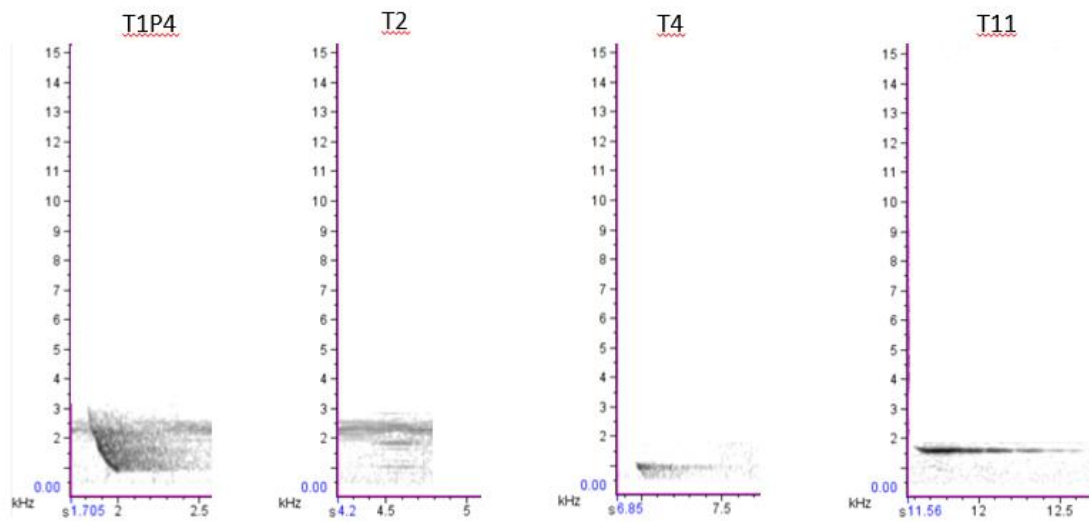
## Typy elementov





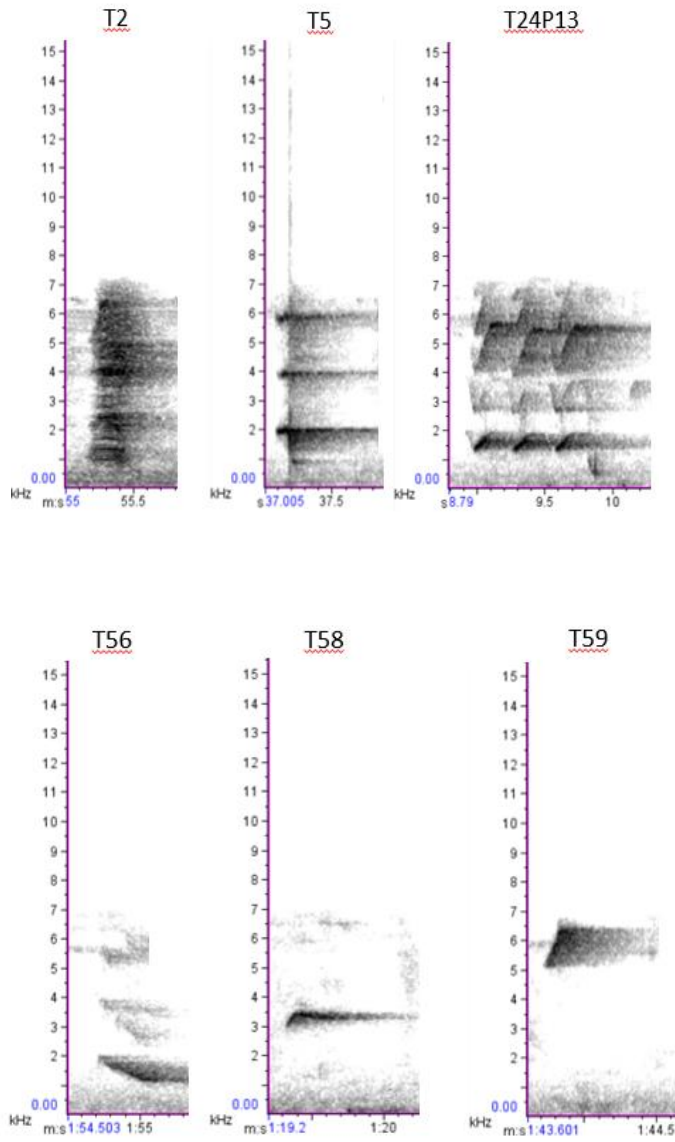
# Poddruh *G. r. enganensis*

## Jediná nahrávka



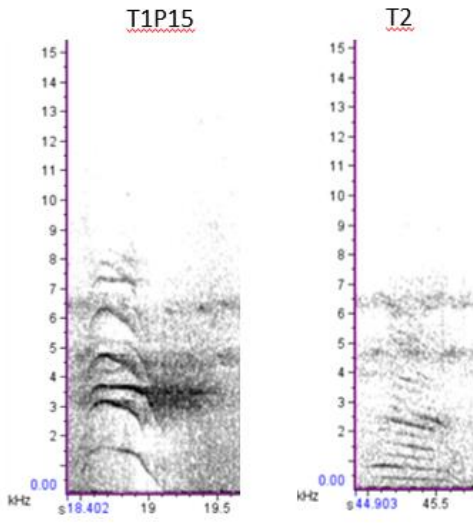
# Poddruh *G. r. palawanensis*

## Jediná nahrávka

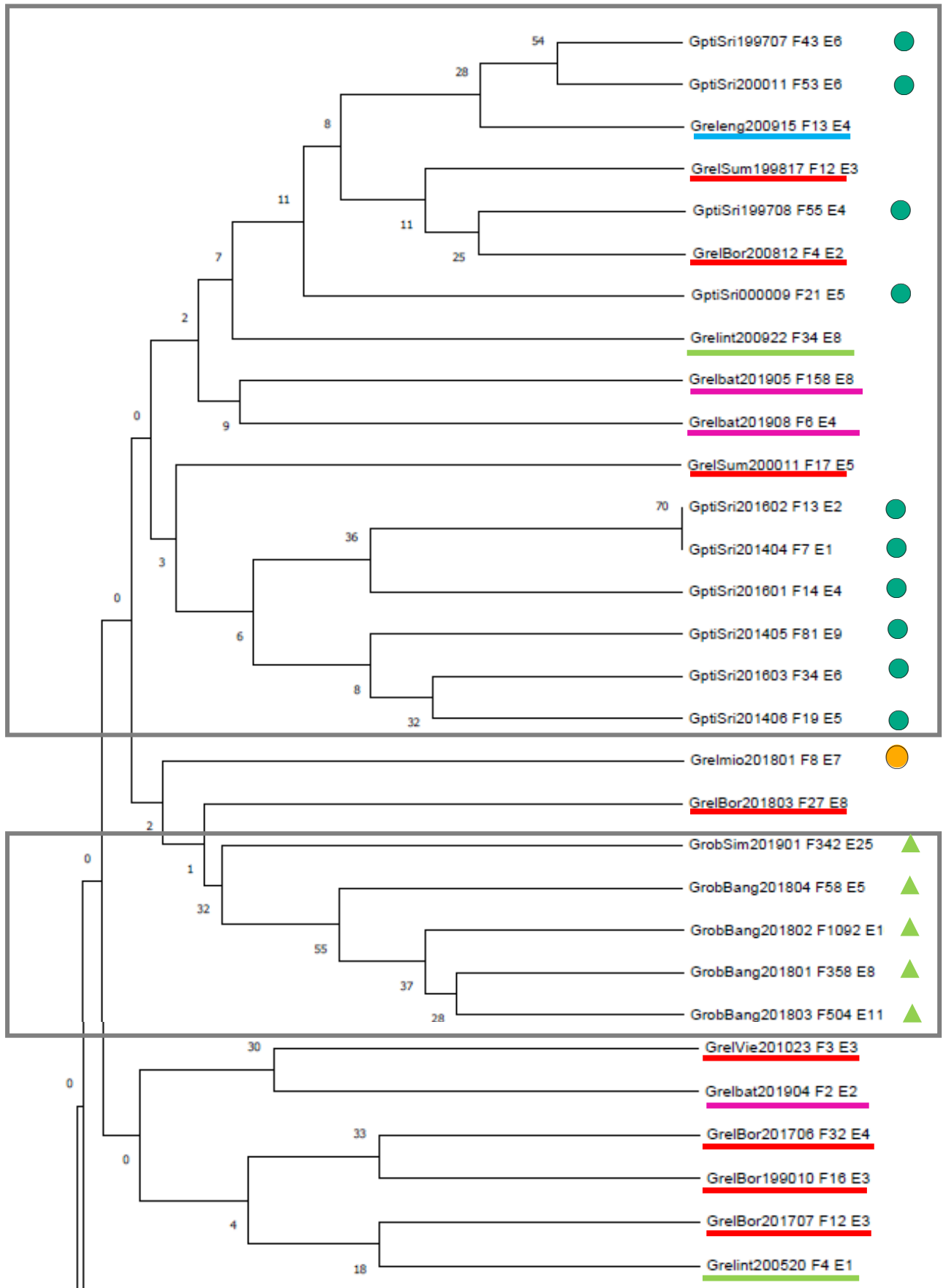


# Gracula venerata

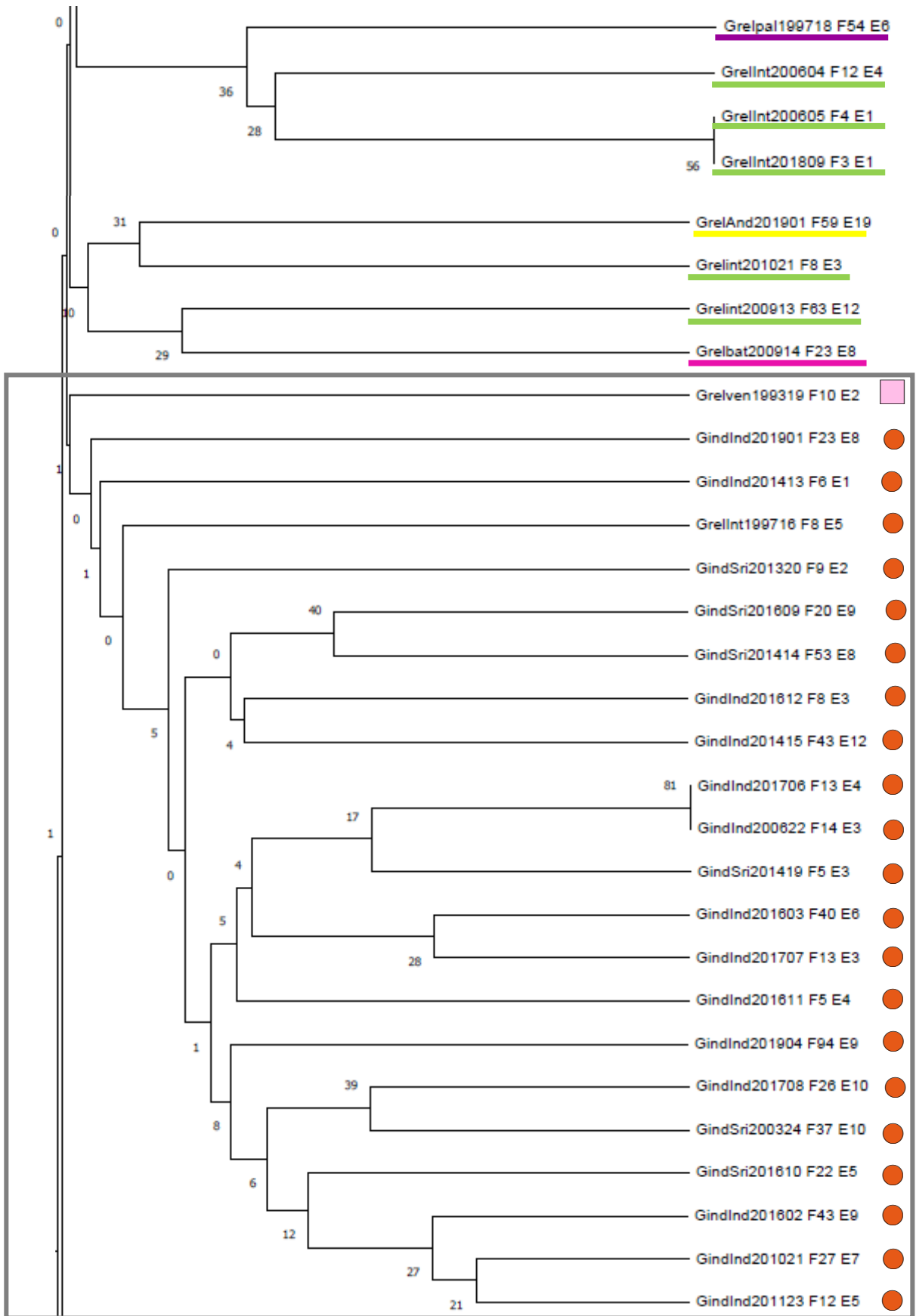
## Jediná nahrávka

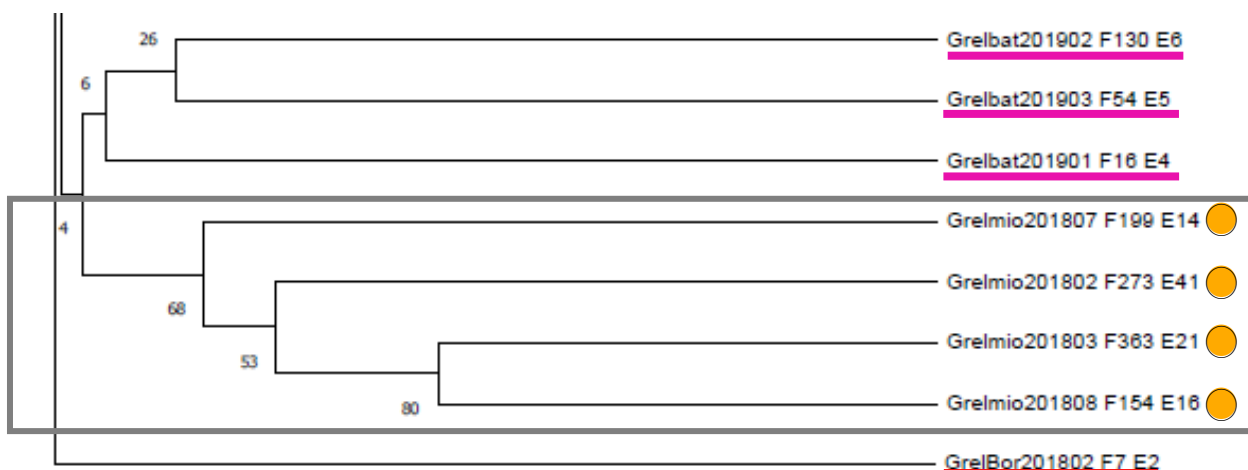


## Príloha 2 – UPGMA dedrogram









0.10

Obr. 19: Zobrazenie UPGMA dedrogramu, ktorý zohľadňuje vzťahy medzi skupinami nahrávok bez typu T2 a bez elementov vyskytujúcich sa len v jednej nahrávke. Šedý štvorec označuje klastre, ktoré potvrdzujú možnosť roroznania taxónov podľa ich repertoráú. Príslušnosť k taxónom je značená farebne rovnako ako v mapách rozšírenia. Všetky druhy, spolu s poddruhom *G. r. miotera* sú označené symbolom, ostatné poddruhy beo posvätného sú príslušnou farbou podčiarknuté. Beo cejlónsky je označený petrolejovým krúžkom, beo malozobý sýto oranžovým krúžkom, beo vraní zeleným trojuholníkom, *G. venerata* ružovým štvorcem, *G. r. miotera* blede oranžovým krúžkom, *G. r. intermedia* je podčiarknutá zelenou, *G. r. religiosa* červenou, *G. r. batuensis* ružovou, *G. r. andamanensis* žltou, *G. r. enganensis* modrou a *G. r. palawanensis* fialovou.