

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
Fakulta životního prostředí
Katedra ekologie



Vokální individualita u vybraných druhů ptáků

Vocal individuality in selected bird species

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Jana Svobodová, Ph.D.
Diplomant: Bc. Vladimír Volf

2010

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jany Svobodové, Ph.D. a že jsem uvedl všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpal.

V Praze dne

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Mgr. Petru Richardu Polichtovi Ph.D. a Ing. Janě Svobodové, Ph.D. za kritické připomínky a odborné vedení mé diplomové práce. Ing. Aleně Hýlové za spolupráci na části této práce o sýcích rousných. A také Mgr. Dominice Tomíškové za cenné rady při psaní textové části. A v neposlední řadě svému otci za jeho pomoc při sběru dat v terénu a celé své rodině za podporu a zázemí v průběhu zpracovávání práce.

V Praze dne

Podpis

Vokální individualita u vybraných druhů ptáků

Vladimír Volf

ABSTRAKT

Intenzivní výzkumy v posledních letech ukázaly, že některé hlasy celé řady druhů ptáků se výrazně liší mezi jedinci. Rozdíly v hlasech jedinců mohou být využity jako neinvazivní metoda značení jedinců i pro další druhy akustických studií. Tato studie testuje možnost obsahu individuálně specifické informace v teritoriálním volání krutihlava obecného (*Jynx torquilla*) a sýce rousného (*Aegolius funereus*). Výzkum probíhal v letech 2009 a 2010. V případě krutihlava obecného se lokality nacházely v okolí Loun, Milovic a Horažďovic a u sýce rousného v oblasti východních Krušných hor. Jednotliví jedinci byli lokalizováni procházením transektu v příhodném prostředí, kde jim byl pouštěn jejich teritoriální hlas. Jelikož ptáci nebyli individuálně označeni, do vlastní analýzy vstoupily pouze hlasy jednoznačně identifikovaných jedinců na příslušné lokalitě. Výsledky studie ukázaly, že u obou studovaných druhů, jak krutihlava obecného (*Jynx torquilla*) tak u sýce rousného (*Aegolius funereus*) se vyskytují signifikantní rozdíly mezi jedinci v jejich teritoriálním volání. V případě krutihlavů byly všechny hlasy ze 100% přiřazeny ke správnému jedinci a u sýce bylo dosaženo 81% klasifikační úspěšnosti při použití diskriminační analýzy. U krutihlava obecného bylo i následně testováno, s jakou úspěšností lze rozpoznat správného jedince pouze na základě jediného elementu. Výsledky ukázaly 90% úspěšnost klasifikace. Na diskriminaci jednotlivých jedinců krutihlava měly největší vliv frekvence na počátku druhé harmonické frekvence centrálního elementu a interval mezi jednotlivými elementy. U sýce pak délka trvání středního elementu a frekvence na konci středního elementu. Studie, tak prokázala významné rozdíly v hlasech jedinců obou studovaných druhů. Sýc rousný se jeví jako vhodnější adept pro další využití vokální individuality při monitorování.

Klíčová slova: vokální individualita, teritoriální volání, krutihlav obecný, sýc rousný

Vocal individuality in selected bird species

Vladimír Volf

The intensive research of the last few years proved that some of the calls of many bird species differ among the individuals. The differences in calls of individuals can be used as a non-invasive method of marking of the individuals and for another types of acoustic studies. This study tests the possibility of content of individually specific information in territorial call of Wryneck (*Jynx torquilla*) and Tengmalm's owl (*Aegolius funereus*). The research took place in years 2009 and 2010. In case of Wryneck (*Jynx torquilla*) the locations were situated near Louny, Milovice and Horažďovice and in case of Tengmalm's owl (*Aegolius funereus*) in region of eastern Krušné hory. Individuals were localized by going to transect in suitable environment where they were played their territorial calls. As the birds were not marked individually only unequivocally identified individuals voices in given environment entered into the analysis. The results of the study showed that there are significant differences among individuals in their territorial calls with both studied species (Wryneck *Jynx torquilla* as well as Tengmalm's owl *Aegolius funereus*). In case of Wryneck all the individuals were identified by their calls with 100% success and in case of Tengmalm's owl 81% classification success when using discrimination analysis was reached. Subsequently the success of recognition of the right individual only on one element basis was tested in the case of Wryneck. The results proved 90% classification success. The biggest impact on the discrimination of individuals of Wryneck was proved at frequency at the beginning of the second harmonic frequency and the interval between each element. In case of Tengmalm's owl it was the length of duration of the middle element and the frequency at the end of the middle element. So the study proved significant differences in individual voices of both studied species. Tengmalm's owl seems to be more suitable aspirant for further use of vocal individuality for monitoring.

Key words: vocal individuality, territorial call, Wryneck, Tengmalm's owl

Obsah

1	Úvod.....	7
2	Cíle diplomové práce.....	9
3	Literární rešerše.....	10
3.1	Co je to vokální individualita	10
3.2	Kde se individuálně specifická vokalizace vyskytuje.....	11
3.3	V jakých kontextech se vyskytuje vokální individualita	14
3.4	Stabilita vokální individuality v čase.....	16
3.5	Metody měření vokální individuality	20
3.6	Využití vokální individuality.....	23
3.7	Studované druhy	26
3.7.1	Krutihlav obecný.....	26
3.7.2	Sýc rousný	27
4	Metodika.....	29
4.1	Studijní plochy.....	29
4.1.1	Krutihlav obecný.....	29
4.1.2	Sýc rousný	30
4.2	Sběr a zpracování dat	30
4.2.1	Krutihlav obecný.....	30
4.2.2	Sýc rousný	31
4.3	Akustická analýza.....	31
4.3.1	Krutihlav obecný.....	33
4.3.2	Sýc rousný	34
4.4	Statistická analýza	36
5	Výsledky.....	38
5.1	Krutihlav obecný	38
5.1.1	Diskriminace jednotlivých elementů.....	38
5.1.2	Diskriminace celých hlasů.....	42
5.2	Sýc rousný.....	45
5.2.1	Diskriminace celých hlasů.....	45
6	Diskuze.....	50
7	Závěr.....	56
8	Literatura	58

1 Úvod

Akustické signály společně s těmi vizuálními patří k nejčastěji využívaným komunikačním prvkům u ptáků. Intenzivní výzkumy v posledních dvaceti letech ukázaly, že některé hlasy celé řady druhů ptáků se výrazně liší mezi jedinci. Tento jev se nazývá vokální individualita.

Rozdíly v hlasech jedinců mohou být využity jako alternativní a neinvazivní metoda značení jedinců, využitelná i pro další typy výzkumu jako například pro mapování teritorií, zpřesňování odhadu velikosti populace, atd. (Lailo et al. 2004, Terry et al. 2005, Policht et al. 2009). Akustická distinkce jedinců může také pomoci více poodhalit, jak sami jednotlivé druhy ptáků využívají rozlišení jednotlivců mezi sebou a jaké informace jsou zakódovány v jejich signálech (Mathevon et al. 2003, Charrier et al. 2001). Při bližším studiu vokálních rozdílů můžeme narazit na souvislosti obsažené v ptačím hlasu jako je kondice, zatížení parazity či věk (Galeotti et al. 1997). I přes tyto možnosti Peake et al. (1998) konstatuje, že vokální individualita je stále překvapivě málo využívaná metoda, navzdory své potencionální užitečnosti.

Modelovými druhy této studie jsou krutihlav obecný (*Jynx torquilla*) a sýc rousný (*Aegolius funereus*). Cílem bylo otestovat možnost obsahu individuálně specifické informace v jejich teritoriálním volání a určit důležité akustické parametry pro individuální identitu.

Krutihlav obecný je malý šplhavec z čeledi datlovitých (*Picidae*). Jeho přirozeným habitatem je otevřená extenzivně zemědělsky využívaná krajina s remízky, sady, alejemi nebo okraje řídkých listnatých a smíšených lesů (Šťastný et al. 2006). Krutihlav v hnízdním období je vysoce vokálně aktivní, což byl jeden z důvodů pro výběr tohoto druhu k testování individuálních rozdílů v akustických signálech. Dalším důvodem byl klesající trend jeho populace v Evropě. Toto snižování stavů se nevyhnulo ani České republice, kde byl zaznamenán zřetelný pokles při monitorování v letech 1982 až 2003 a to v průměru o 3,80% ročně (Šťastný et al. 2006). Z tohoto hlediska je důležité získat o krutihlavu obecném co možná nejkomplexnější soubor poznatků pro lepší ochranu druhu a vokální individualita by tomu mohla napomoci.

Sýc rousný (*Aegolius funereus*) je menší druh sovy z čeledi puštíkovitých (*Strigidae*). Vyskytuje se zejména v jehličnatých lesech vyšších poloh, ale na některých místech se nevyhýbá ani listnatým lesům a také hnízdí i na imisních holinách s jednotlivými doupnými stromy (Šťastný et al. 2006). V Krušných horách na imisemi poškozených plochách probíhá intenzivní výzkum tohoto druhu od roku 1999 např. hnízdní biologie (Drdáková 2003) a další. Ale testování vokální individuality u něj neproběhlo, i když mnohé studie jiných druhů sov (Galeotti et al. 1993, Hill & Lill 1998, Tripp & Otter 2006 atd.) naznačují, že by se u něj mohla vyskytovat. Na studii o vokálních rozdílech u jedinců sýce rousného jsem spolupracoval s Alenou Hýlovou.

2 Cíle diplomové práce

- a) Stanovit variabilitu v akustických signálech u vybraných druhů.
- b) Určit důležité parametry pro individuální identitu.

3 Literární rešerše

3.1 Co je to vokální individualita

Akustické signály společně s těmi vizuálními patří k nejčastěji využívaným komunikačním prvkům u ptáků. O vokální komunikaci bylo v minulosti publikováno mnoho studií a to především u pěvců (např. Anderson & Connor 1985, McGregor & Thompson 1988, DeWolfe *et al.* 1989, Williams & Slater 1993). V těchto studiích byl kladen především důraz na kvalitativní popis jednotlivých slabik v rámci ptačího zpěvu. Studium nepěvců bylo značně opomíjeno z důvodu jednodušší struktury volání. Ale v posledních dvaceti letech s rozvojem počítačových technologií se stalo možné zkoumat jednodušší hlasy pomocí kvantitativních analýz ze spektrogramů k výzkumu jedince a populačních charakteristik (Appleby & Redpath 1996). Dochází také k vytvoření softwaru přímo určeného k analýze akustických signálů u živočichů (Avisoft, Raven, Batsound). Při použití těchto technik v mnoha studiích vychází najevo, že některé hlasy ptáku, se výrazně liší mezi jedinci. Tento jev se nazývá hlasová individualita. Terry a Peake (2005) ji definují jako nízkou variabilitu akustického signálu u jedince a vysokou míru variability akustického signálu mezi jedinci. Podle Fallse (1982) je vokální individualita založena na základě individuálních rozdílů vyplývajících ze signifikantně odlišného znaku ve struktuře hlasu nebo jeho části v rámci populace a naopak ukazuje značnou stabilitu u jednotlivého jedince.

Individuálně odlišné signály se vyskytují v různých kontextech: při komunikaci rodičů s mláďaty, mezi partnery, u varovných signálů, při komunikaci jednotlivých členů skupin a podobně. Individuální rozdíly v hlasových projevech jsou rovněž předpokladem pro individuální rozpoznávání samotnými jedinci (Falls 1982). Tento fenomén je v poslední době intenzívně studován jak u ptáků (Dhondt & Lambrechts 1992, Stoddard 1996, Terry *et al.* 2005) tak u savců (Tooze *et al.* 1990, Rendall *et al.* 1998, Frommolt *et al.* 2003), ale jeho význam není doposud uspokojivě dořešen. I když v řadě případů má určitou adaptivní funkci, u jiných se adaptivní význam nezdá být zřejmý (Bradbury & Vehrencamp 1998).

3.2 Kde se individuálně specifická vokalizace vyskytuje

Vokální individualita se vyskytuje u celé řady živočišných druhů, kteří akustické signály používají jako důležitou součást komunikace. Vokální distinkce mezi jednotlivci se vyskytuje i u nižších obratlovců jako jsou obojživelníci, například: *Hyla arborea savignyi* (Shy 1985); *Pseudacris maculata* (Bee et al. 2010); *Rana clamitans* (Bee et al. 2008). Vokální individualita byla zaznamenána a je intenzivně studována u celé řady savců: z primátů je to například – makak rhesus *Macaca mulatta* (Rendall et al. 1998), z hlodavců sysel Beldingův *Spermophilus beldingi* (McCowan & Hooper 2002), z letounů murina větší *Murina leucogaster*, netopýr velkoprstý *Myotis macrodactylus*, vrápenec velký *Rhinolophus ferrumequinum* (Fukui et al. 2004), z šelem vlk obecný *Canis lupus* (Tooze et al. 1990), liška polární *Alopex lagopus* (Frommolt et al. 2003), tuleň Wedelův *Leptonychotes weddellii* (Collins et al. 2005), ze sudokopytníků daněk evropský *Dana dana* (Vannoni 2007), z kytovců delfin skákavý *Tursiops truncatus* (Janik et al. 2006) a mnoho dalších.

U ptáků se individuální rozdíly v hlasech v menší či větší míře objevují napříč celým spektrem ptačích druhů. Je to dáno tím, že celkově ptáci vykazují vysokou vokální aktivitu v mnoha kontextech. Mnoho studií se věnuje této problematice u pěvců (např. mlynařík dlouhoocasý, *Aegithalos caudatus*, (Sharp et al. 2005); cetie hnědoboká *Cettia fortipes* (Xia et al. 2010), skřivan Dupontův *Chersophilus duponti* (Laiolo et al. 2007); sýkora rezavoboká *Baeolophus bicolor* (Owens & Freeberg 2007 atd.) a celé plejádě nepěvců.

U nepěvců proběhlo mnoho výzkumů. Prováděly se buď přímo na prokázání individuální distinkce v hlasu jedince (Hoodless et al. 2008) nebo studie přímo s ní související, jako je její stabilita v čase (Lengagne 2001), rozpoznávání okolních jedinců samotnými ptáky (Jouventin & Aubin 2002) či studie zaměřené na použití vokální individuality jako nástroje ochrany přírody (Peake & McGregor 2001) a mnoho podobných.

Z hlediska taxonomického rozčlenění byla individuální vokalizace objevena a zkoumána u mnoha druhů (tab. 1). Počínaje vrubozobými *Anseriformes* (např. berneška rudokrká *Branta ruficollis* Volodin et al. 2008) hrabavými *Galliformes* (křepelka polní *Coturnix coturnix* Guyomarc'h et al. 1998) přes tučňáky *Sphenisciformes* (např. tučňák patagonský *Aptenodytes patagonicus* Jouventin et al.

1999), potáplice *Gaviiformes* (potáplice lední *Gavia immer* Walcott al. 2006), trubkonosé *Procellariiformes* (např. buňáček Wilsonův *Oceanites oceanicu* Bretagnolle 1989), plameňáky *Phoenicopteriformes* (plameňák růžový *Phoenicopus ruber* Mathevon 1996), dravce *Falconiformes* (např. orel bělohlavý *Haliaeetus leucocephalus* Eakle et al. 1989), krátkokřídle *Gruiformes* (např. chřástal polní *Crex crex* Peake et al. 1998), dlouhokřídle *Charadriiformes* (např. racek chechtavý *Larus ridibundus* a racek tenkozobý *Larus genei* Mathevon et al. 2003), sovy *Strigiformes* (např. výřeček západní *Megascops kennicotti* Tripp & Otter 2006) až po srostloprsté *Coraciiformes* (zoborožec žlutobradý *Aceros waldeni* a zoborožec rýhozobý *Penelopides panini panini* Policht et al. 2009) a mnoho dalších.

Jedním z nejvíce prozkoumaných řádů z pohledu vokální individuality jsou sovy (*Strigiformes*). Důvodem je vysoká individuální distinkce mezi jedinci (83% správně klasifikovaných jedinců u kulíška nejmenšího *Glaucidium passerinum* Galeotti et al. 1993 až po 100% u puštíka obecného *Strix aluco* Appleby & Redpath 1997) a také pravděpodobně vysoká vokální aktivita v noci, kdy nahrávání je snažší z důvodu nízkého ruchu v pozadí.

Dalšími dobře prozkoumanými druhy ptáků jsou ptáci koloniální jako raci (Mathevon et al. 2003) a zvláště pak tučňáci *Sphenisciformes* (Jouventin 1982). U těchto druhů ptáků je zvláště dobře zdokumentované, jak ptáci individuální rozdíly v akustických signálech využívají (Jouventin et al. 1999, Lengagne et al. 2001)

Ale pak jsou zde řady jako například šplhavci *Piciformes*, kde je problém vokální individuality nedostatečně prozkoumán.

Tab. 1: Vokální individualita u vybraných druhů ptáků.

Řád	Druh	Typ hlasu	Úspěšnost klasifikace	Autor
Hrabaví (<i>Galliformes</i>)	Křepelka polní <i>Coturnix coturnix</i>	teritoriální hlas	80% DFA	Guyomarc'h et al. 1998
krátkokřídli (<i>Gruiformes</i>)	jeřáb mandžuský <i>Grus japonensis</i>	duet	100% DFA	Klenova et al. 2008
	chřástal polní <i>Crex crex</i>	teritoriální hlas	100% DFA	Peake et al. 1998
dlohokřídli (<i>Charadriiformes</i>)	sluka lesní <i>Scolopax rusticola</i>		95% DFA	Hoodless et al. 2008
sovy (<i>Strigiformes</i>)	sýc americký <i>Aegolius acadicus brooksi</i>	teritoriální hlas	73% DFA	Holsuch et al. 2005
	výr velký <i>Bubo bubo</i>	teritoriální hlas	98% DFA	Grava et al. 2007
	puštík obecný <i>Strix aluco</i>	teritoriální hlas	100% DFA	Appleby & Redpath 1997
	puštík africký <i>Strix woodfordii</i>	teritoriální hlas	100% DFA	Delport et al. 2002
	kulišek nejmenší <i>Glaucidium passerinum</i>	teritoriální hlas	84% DFA	Galeotti et al. 1993
lelkové (<i>Caprimulgiformes</i>)	lelek lesní <i>Caprimulgus europaeus</i>	teritoriální hlas	98,5% DFA	Rebbeck et al. 2001
srostloprstí (<i>Coraciiformes</i>)	Zoborožec žlutobradý <i>Aceros waldeni</i>	kontaktní hlas	89% DFA	Policht et al. 2009
	zoborožec rohozobý <i>Penelopides panini panini</i>	kontaktní hlas	90% DFA	Policht et al. 2009

3.3 V jakých kontextech se vyskytuje vokální individualita

Individuálně specifická vokalizace se v rámci nepěvců vyskytuje zejména ve dvou ekologických kontextech. První z nich se nachází u koloniálních ptáků jako jsou tučňáci (Jouventin et al. 2002, Lengagne et al. 2001), raci (Charrier et al. 2001), alky (Lefevre 2001). Většina komunikace v husté kolonii ptáků probíhá na krátkou vzdálenost a to především mezi jednotlivci jako jsou partneři nebo rodiče a mláďata. Koloniální ptáci musí překonat dva hlavní komunikační problémy, kterými je příjem a odeslání informace obsažené v hlase nad úroveň hluku prostředí plného zvuků skládajícího se z mnoha ostatních podobných hlasů a rozpoznání informace v hlase mezi všemi jedinci (Falls 1982, Wiley & Richards 1982). Druhý ekologický kontext vokální individuality se nachází tam, kde je vizuální komunikace z řady různých příčin limitována. Mezi tyto druhy patří zejména ptáci s noční aktivitou jako sovy (Delport et al. 2002, Freeman 2000, Galeotti et al. 2001) a dále také druhy obývající habitaty s hustou vegetací, jakými jsou zoborožci (Policht et al. 2009) nebo ptáci žijící v hustých porostech rakoší jako bukač velký (McGregor 1992). V případě sov a dalších nočních ptáků jako jsou lelci, je hlas často nejvyužívanější formou komunikace. Ve většině případů se jedná o komunikaci na dlouhou vzdálenost.

Rozpoznávání na základě individuálně charakteristické vokalizace je výrazná a funkčně důležitá součást signalizace u zvířat v rámci mnoha sociálních interakcí (Bradbury & Vehrencamp 1998). Jedním z nejdůležitějších je přítomnost vokální individuality v interakci mezi mládětem a rodičem nebo mezi partneři. Schopnost rozpoznat rodiče nebo mláďata je zvláště důležitá v koloniích mořských ptáků, kde denzita hnízd je zvláště vysoká a s ní vzrůstá i možnost záměny (Hutchison et al. 1968). Kolonie mořských ptáků jsou velice hlučné a přeplněné. Hnízdění se soustřeďuje na relativně malém území pevniny a sběr potravy probíhá většinou na rozsáhlém prostoru daleko od pevniny, a proto u některých druhů mořských ptáků jsou od sebe partneři separováni několik dnů i týdnů v době hnízdění. Tím vzrůstá i potřeba rychle a efektivně rozpoznat partnera při příchodu na hnízdiště. Brooke (1978) uvádí, že páry, které mají schopnost identifikovat jeden druhého, dokáží lépe koordinovat hnízdění a péči o potomky. Rozpoznání potomka umožňuje rodičům, aby přednostně věnovali péči svým potomkům (Jones et al. 1987). Při studiích kolonií mořských ptáků bylo zjištěno, že míra individuality ve vokálních projevech

se u jednotlivých druhů ptáků liší podle rysů reprodukčních strategií a ekologických kontextů. Například Jouventin et al. (1999) zjistil, že u tučňáka patagonského (*Aptenodytes patagonicus*) a císařského (*Aptenodytes forsteri*), kteří si nestavějí hnízdo, je daleko propracovanější systém kódování vokální individuality než u tučňáka oslího (*Pygoscelis papua*), tučňáka kroužkového (*Pygoscelis adeliae*) a tučňáka skalního (*Eudyptes chrysocome*), kteří mají pevně stanovené místo hnízda. Tučňák patagonský a císařský nosí vajíčka a mláďata krátce po vylíhnutí v kožních záhybech na svých nohách a tak mláďata ani partner není vázán na specifické místo. Při absenci většího množství orientačních bodů, jsou tyto dva druhy velkých tučňáků nuceny spoléhat při rekogniscaci svých mláďat nebo partnera na akustické signály (Jouventin et al. 1999). Zatímco druhy tučňáků, kteří si stavějí hnízda, mají daleko větší možnost ve využívání orientačních bodů při hledání partnera či mláďat a tak si mohou dovolit mít nižší stupeň kódování vokální individuality. Jouventin et al. (1999) ve své studii tučňáků mimo jiné dokázal, že každý jedinec byl identifikován svým mládětem jen na základě vokálního signálu a pár orientačních bodů. Pozorováním označených jedinců a playbackových experimentů dokázal, že jen partner odpovídá na svého vracejícího se partnera. Podobně i tak, reagovala mláďata jen na svoje rodiče. Pro mláďata bylo důležité rozpoznat hlas rodičů, protože rodiče obvykle krmili jen ta mláďata, která se identifikovala svým voláním (Jouventin et al. 1982).

Dalším zásadním kontextem v problematice vokální individuality je individuálně specifická informace v teritoriálních hlasech. Použití individuálních charakteristik ve vokálních signálech u teritoriálních druhů ptáků k rozpoznání souseda je velice důležité. Jedinci nejenom, že mohou rozpoznat své teritoriální sousedy od cizích vetřelců, ale mohou je rozeznat individuálně a prostorově (Lengagne 2001). V případě, že byly hranice teritoria uznány na počátku reprodukční sezóny, tak každý souseď může být identifikován jako majitel teritoria a nemusí být už dále brán jako potencionální konkurent (Lengagne 2001). Taková identifikace jedince směřuje ke snižování konfliktů na hranicích teritoria, omezuje teritoriální obranu jen směrem k cizincům a tím šetří čas a energii pro jiné účely (Falls, 1982). Takovéto určení souseda nebo vetřelce, interpretované jako teritoriální adaptace, byla objevena u mnoha druhů pěvců (Brooks & Falls, 1975; Wunderle, 1979; Stoddard et al., 1991). Nicméně studií o této problematice z řad nepěvců není mnoho. Galeotti &

Pavan (1993) při použití playbackových pokusů zjistili, že rozpoznávací proces soused-cizinec, se vyskytuje u silně teritoriálního pušтика obecného.

Vokální rozpoznání jednotlivce u druhů žijící ve skupině umožňuje jednotlivým členům skupiny zůstat s ostatními v kontaktu i přes větší vzdálenosti a tak synchronizovat pohyb (Snowdon & Cleveland 1980, McComb et al. 2003). A v neposlední řadě může být vokální rozpoznávání důležité v obraně před predátory (Yorzinski et al. 2006). Některé studie zkoumaly individuální rozpoznávání u alarmů, kteří vydávají jedinci při zpozorování či napadení predátorem (Hare 1998, Blumstein et al. 2004), jiné zdokumentovaly individuální rozdíly v akustických rysech těchto signálů (McCowan & Hooper, 2002 Fischer et al. 2004). Z hlediska koncepce signálu charakteristické vokální rysy skupiny nebo jednotlivce mohou být velmi důležité v alarmech, které upozorní příslušníky skupiny (Bradbury & Vehrencamp 1998).

3.4 Stabilita vokální individuality v čase

Při výzkumu individuálních rozdílů v hlasech ptáků je neméně důležité také zvážit, jak případné prokázané individuální rozdíly jsou stabilní v čase (Delport et al. 2002). V případech prokázané existence časové stability vokální individuality lze individuální rozdíly v hlasech jedinců využít jako dlouhodobou neinvazivní formu značení (Terry & Peake 2005).

Většina studií, zabývajících se vokální individualitou v akustickém signálu, vychází z nahrávek, které byly pořízeny v rámci několika málo hodin nebo dnů (Hoodless et al.2008, Galeotti et al. 1993). Pro prokázání časové stability vokálních rozdílů v dlouhodobém časovém období se musí ovšem využít metody, které jsou logisticky a časově náročnější (Delport et al. 2002) než jednodušší sběr dat v rámci hodin a dnů. Pro zpětné nahrávání jedince v různém časovém období je důležité, aby jedinec mohl být identifikován a následně jeho akustické signály z různých dnů nebo měsíců mohly být testovány na přítomnost vokální stability. Některé studie k testování stability vokální distinkce využily např. označené jedince v zajetí (Klenova et al. 2008, Policht et al.2009). Ve volné přírodě pak použily radiotelemetrické značení (Delport et al. 2002) nebo pro identifikaci jedince u

některých druhů lze využít vysokou míru hnízdní fidelity neboli věrnosti svému teritoriu (Galeoti & Sacchi 2001, Tripp & Otter 2006).

Práce testující stabilitu individuálních rozdílů v hlasech zkoumaných druhů řešily tuto problematiku v rámci různě dlouhých časových intervalů. Počínaje krátkou časovou periodou, v řádech několika málo hodin až dnů. (Hoodless et al. 2008: sluka lesní 95% správně klasifikovaných jedinců při použití DFA, Policht et al. 2009: zoborožec žlutobradý (*Aceros waldeni*) 89% a zoborožec rýhozobý (*Penelopides panini panini*) 90% správně klasifikovaných jedinců při použití DFA).

Dále je třeba zmínit střednědobou časovou periodu, která se zaměřuje většinou na jedno hnízdní období a samozřejmě v sobě zahrnuje i výzkum krátkodobé časové periody. Rebeck et al. (2001) prováděl studii na lelkovi lesním (*Caprimulgus europaeus*) a zjistil, že teritoriální volání lelka zůstává pozoruhodně stabilní během jedné hnízdní sezony (98,4% správně klasifikovaných jedinců). Naproti tomu Puglisi a Adamo (2004) teritoriální volání 18 označených samců bukače velkého (*Botaurus stellaris*) mohlo být klasifikováno s přesností 91% v rámci dne, ale jen s 52% přesností v rámci dvou týdnů a s postupem sezony se přesnost ještě zmenšovala.

Dlouhodobou časovou periodu můžeme charakterizovat jako období od jednoho roku výš. Lengagne (2001), který u výra velkého zkoumal teritoriální volání pěti samců a po dobu dvou let, byl schopen identifikovat jedince za použití hlasu. Teritoriální hlas byl ve všech případech (tj. 100 %) přiřazen ke správnému jedinci v příštím roce. Vokální stabilita platila pro celý soubor parametrů, které byly použity pro popsání struktury hlasu při vokální identifikaci. Peake et al. (1998) u chřástala polního (*Crex crex*) a Klenova et al. (2009) u jeřába mandžuského (*Grus japonensis*) prokázali podobnou míru vokální stability. Jouventin (1982) uvádí, že u tučňáků časové a frekvenční charakteristiky v kontaktních hlasech zůstávají pozoruhodně konstantní během roku a dokonce i z roku na rok. Zatímco hlas u pěti samců bernešek rudokrkých (*Branta ruficollis*), chovaných v zajetí, u čtyř z pěti jedinců umožnil identifikaci jednotlivce s přesností 46% až 100% po dobu pěti let, u pátého z nich byla možnost identifikace velmi nízká (Volodin et al. 2008). U 12 ze 13 označených divokých samců potáplice lední (*Gavia immer*), kteří změnili meziročně svoje teritorium, také změnili charakteristiku svého volání, zatímco jedinci, kteří si udrželi teritorium, nezměnili charakteristiky ve svém volání (Walcot et al. 2006). U orla bělohlavého (*Haliaeetus leucocephalus*) Eakle et al. (1989) zjistil, že hlasy

vydávané orly při manipulaci s nimi, se signifikantně u jedince liší jak mezi ročně, tak v období jednoho roku i v nejkratší časové periodě a nevykazují sebemenší vokální stabilitu. Možným vysvětlením je fakt, že byly použity záznamy hlasu, které orli vydávali při odběru krve a dalších veterinárních šetřeních.

Z rámce dlouhodobé časové periody lze samostatně vyčlenit studie, zabývající se vokální stabilitou v kontextu teritoriální fidelity (věrnosti). Tento fakt může pomoci při absenci individuálního značení jednotlivce, tím že jedinec je přiřazen k určitému místu. To lze ale jen za předpokladu, že některé druhy vykazují silnou věrnost svému hnízdišti v po sobě jdoucích letech (Aebischer et al. 1995 Flynn et al. 1999). Tato metoda byla využita při studiu několika druhů sov (Galeoti & Sacchi 2001, Delpont et al. 2002, Tripp & Otter 2006). Například Galeoti & Sacchi (2001) u výřečka malého (*Otus scops*) v rámci jedné sezony dosáhly správné klasifikace v 90%, ale meziročně už jen v průměru 42%. Jen dvě teritoria signifikantně považovali za obsazená jedinci z předchozího roku (100% a 84%), zbylá byla nesignifikantní (do 52%).

V rámci jedné sezony lze tuto metodu použít pro stanovení vokální stability velice úspěšně při správném výběru teritoria a lokace v něm, proto je důležité, aby výzkumník co nejvíce eliminoval možnosti záměny majitele teritoria se sousedem (Trip 2004). Ale v meziročních výzkumech se zvětšuje míra neschopnosti určit, jakou roli hraje mortalita a změna držitele teritoria a jakou změna vokálních parametrů (Galleoti a & Sacchi 2001).

V celkovém shrnutí se dá obecně říci, že vokální distinkce jedinců se v krátkodobém odstupu (v řádu několika hodin až dnů) u většiny zkoumaných druhů nemění (výr velký *Bubo bubo*; Lengagne 2001, lelek lesní *Caprimulgus europaeus*; Rebbeck et al. 2001 atd.) v rámci teritoriálních hlasů. Absence individuálně charakteristických rysů u orla bělohlavého (*Haliaeetus leucocephalus*; Eakle et al. 1989) v hlasech vydávaných při manipulaci se dá vysvětlit právě typem hlasu. Stabilita individuálních rozdílů přes střednědobé a dlouhodobé období bývá velmi rozdílná. U některých druhů byla zaznamenána vysoká míra vokální stability po celou dobu studie u všech jedinců (výr velký *Bubo bubo*; Lengagne 2001, jeřáb mandžuský *Grus japonensis*; Klenova et al. 2009, chřástal polní *Crex crex*; Peake et al. 1998)). V několika případech byla zjištěna u druhu stabilní vokální distinkce jen u některých jedinců, ale u jiných jedinců zahrnutých do analýzy zase nikoliv (např. berneška rudokrká *Branta ruficollis*; Volodin et al. 2008). V případě bukače

velkého (*Botaurus stelaris*) nebyla zaznamenána žádná stabilita vokálních charakteristik v rámci hnízdní sezony (Puglisi & Adamo 2004). Rozdílnost ve vokální stabilitě může mít hned několik příčin: ekologických, taxonomických a v neposlední řadě i možnost metodologických chyb ve studiích.

Pokud jde o typologii hlasu či jejich kontextů lze říci, že většina hlasů vykazující stabilitu i v dlouhém časovém intervalu, jsou teritoriální hlasy či signály používané pro komunikaci na delší vzdálenost: výr velký *Bubo bubo* (Lengagne 2001) atd. To se týká duetových volání jeřábů mandžuských (*Grus japonensis*) využívaných nejenom v teritoriálním kontextu, ale i pro synchronizaci partnerů (Klenova et al. 2009). Dalším typem hlasů, u kterých byla prokázána jistá míra stability vokální distinkce, jsou hlasy kontaktní. A to jak v krátkodobé časové periodě (např. zoborožec rýhozobý *Penelopides panini panini*; Policht et al. 2009) tak v dlouhodobém časovém horizontu (berneška rudokrká *Branta ruficollis*; Volodin et al. 2008). Na typu kontaktního hlasu, kterým komunikují rodiče-mláďata u tučňáků císařských prováděl studii Jouventin (1999) a prokázal u nich stabilitu ve vokální individualitě. Vysvětluje to tím, že se mláďata musí naučit alespoň jeden podpis (charakteristický rys) obsažený v hlasech každého z rodičů a musí být schopna tyto rodičovské podpisy rozlišit od jiných. Proto systém rodičovských podpisů, který by se neustále měnil, by byl pro mláďata velice náročný k učení (Jouventin 1999). Nicméně, u některých koloniálních druhů ptáků se volání v průběhu času mění značně. Charakteristiky volání se například mění u racka atlantického (*Larus atricilla*), kde se učení rodičovského volání zdá být kontinuálním procesem (Beer 1979).

U dlouho žijících druhů ptáků individuální charakteristiky obsažené v hlasových signálech by mohly napomáhat v sociálních kontaktech a soudržnosti partnerů v rámci let (Lengagne 2001). Pokusy prováděné Godardem (1991) na tažných druhích pěvců ukazují, že ptačí paměť neomezuje ptáky v procesu identifikace mezi jednotlivými roky. Dlouhodobé rozpoznání sousedů může poskytovat výhodu v reprodukci. Uznání hranic a efektivní obrana teritoria může poskytnout samci čas navíc k přilákání a získání partnera (Godard 1991).

3.5 Metody měření vokální individuality

Kvantifikovat variabilitu obsaženou v akustických signálech ptáků lze v zásadě dvěma způsoby: (1) Kvalitativně to je vizuálním posouzením spektrogramů nebo poslechem, (2) kvantitativně detailním měřením akustických parametrů.

Kvalitativní techniky

Techniky založené na kvalitativním hodnocení byly dříve běžně využívány v akustických studiích, ale díky své velké subjektivitě a možným nepřesnostem ustupují do pozadí. Ale kvantitativní srovnání se dá využít na určování akustických parametrů, které pak mají vstoupit do kvantitativních měření (Terry et al. 2005).

Kvantitativní metody

Podstatou kvantitativních metod je analýza dat získaných měřeními nejrůznějších akustických parametrů z různých způsobů vizualizace zvuků, zejména spektrogramů, ale i powerspekter, amplitudních křivek apod. (Charrier et al. 2001). Spektrogram představuje tří rozměrné zobrazení zvuku: frekvence (y), času (x) a intenzity (barevná škála apod.). Naměřené hodnoty jednotlivých proměnných (akustických parametrů) jsou následně statisticky testovány.

Existuje několik různých kvantitativních přístupů k analýze vokální individuality. Jestliže je cílem jednoduše určit znatelné rozdíly v akustických signálech k rozlišení jednotlivců, mohou být použity série analýz rozptylu (nested ANOVA) ke srovnání měřených parametrů v rámci jedince versus mezi jedinci (Otter 1996). Pokud je ale cílem identifikovat jedince podle jejich následné vokalizace, musí být použity více propracované statistické nástroje (Terry et al. 2005). Často se pro takovou klasifikaci používá spektrografická křížová korelace (spectrographic cross-correlation) a diskriminačně funkční analýza (DFA – diskriminant function analysis).

Spektrografická křížová korelace spadá mezi techniky, které hledají podobnosti v rysech akustických signálů. Tyto techniky podobnosti nevyžadují kompletní znalosti o velikosti populace, která je monitorována (McGregor et al. 2000). Při použití technik podobnosti jsou porovnávány dva případy, které když se nacházejí v rámci pre-definovaného prahu, jsou klasifikovány jako jeden jedinec.

Když se nový jedinec připojí ke zkoumané skupině, potom by jeho hodnoty měly ležet mimo práh všech doposud známých jedinců (Terry et al. 2005). Spektrografická křížová korelace porovnává podobnost dvou sonogramů překrývajících se úrovní energií zvuku a je používána k porovnání celých znázornění zvuků (Terry et al. 2001). Spektrografickou křížovou korelaci použil ke zjištění vokální individuality (např. Puglisi et al. 2004, Lessells et al. 1995), pro sledování rozdílů mezi dialekty (Latruffe et al. 2000) a při studii vývoje a učení zpěvu (Clark et al. 1987). Výhodou křížové korelace je fakt, že posuzuje celkový zvuk objektivně. Nicméně je potřeba dát pozor na určité typy zvuků, množství hluku obsaženého v signálu a na nastavení zobrazení spektrogramu, protože všechny tyto faktory mohou negativně ovlivňovat generovanou hodnotu podobnosti (Cortopassi et al. 2000). V podmínkách reálného měření se často hodnoty podobnosti překrývají a tento přesah může vést ke špatné identifikaci jedince (Terry et al. 2005). Terry et al. (2005) upozorňují na to, že není možné maximalizovat správné identifikace a zároveň minimalizovat špatné identifikace, ale také dodávají, že studování oblastí překryvu hodnot může pomoci nastavit správný práh.

Na rozdíl od předchozí metody diskriminačně funkční analýza (DFA) rozlišuje jednotlivce hledáním rozdílností mezi nimi (Terry et al. 2005). DFA je vícerozměrná statistika rozdílností běžně využívaná k prokázání těch proměnných, které nejlépe diskriminují mezi dvěma a více skupinami (Terry et al. 2005). Kombinuje proměnné s váženými koeficienty k vytvoření setu funkcí, které mohou diskriminovat mezi skupinami. Jakmile jsou tyto funkce ustanoveny mohou být použity ke klasifikaci nových dat do jedné z již dříve existujících skupin (Terry et al. 2005).

Důležitým prvním krokem v DFA (i ve všech ostatních metodách měření vokální individuality) je stanovení proměnných a jejich případné zredukování. Při měření míry vokální individuality se běžně setkáváme i s více než 20 měřenými charakteristikami a ne všechny jsou efektivní při rozlišování jednotlivců (Terry et al. 2005). Například Gilbert et al. (2002) měřil u bukače velkého (*Botaurus stelar*) 23 rysů z jeho volání a použil DFA k redukci těchto rysů na 7, které samy umožnily efektivní diskriminaci. Protože DFA zahrnuje postupné vytváření funkcí a to buďto postupným přidáváním nebo odebráním proměnných, relativní dopad každé proměnné na celkovou klasifikační schopnost modelu může být změřen. Tento postup je užitečný pro následnou analýzu stejného druhu (Terry et al. 2001).

Dalším důležitým faktorem je nutnost validace diskriminační funkce daty, které nebyly použity při jejím vytvoření. Při validaci je část dat použita pro konstrukci diskriminačního modelu (trenovací data) a jiná data, která nejsou součástí tohoto modelu jsou pak použita pro vlastní testování (SPSS ver.17). Míra klasifikačního skóre DFA bez jakékoliv validace je téměř bez smyslu v kontextu její aplikovatelnosti na vokální individualitu (Terry et al. 2005). V dnešní době se použití DFA k analýze vokální individuality stalo standardní praktikou (Klenova et al. 2008, Tripp & Otter 2006, Policht et al. 2009) atd.

Dalšími metodami měření vokální individuality mohou být komplexně nelineární modely (non-linear models), které mohou představovat budoucí směr, jelikož výzkumníci se pokoušejí porovnat stále složitější signály (Terry et al. 2005). V současnosti nejběžněji používanou metodou je uměle vytvořená neuronová síť. Neuronové sítě jsou komplexní nebo složité série propojených matematických modelů, které mohou být použity pro klasifikaci, aniž by byla potřeba oddělit data lineárně (Terry & McGregor 2002). Tyto algoritmy jsou často používány v moderních programech na rozpoznání řeči (Terry et al. 2005). Původně designované jako modely biologických neuronových sítí obsahují síť intraspojených jednoduchých procesních jednotek, které pracují v paralelách za účelem vyřešení komplexních klasifikačních úkolů (Hinton 1992). Neuronové sítě mají podle Terryho et al. (2005) několik výhod oproti jiným technikám: zaprvé jsou nelineární a mohou pracovat s daty, která nemohou být oddělena lineárně klasifikačními nástroji (Gurney 1997), za druhé existuje mnoho typů neuronových sítí a ty mohou být aplikovány na mnoho klasifikačních a regresních otázek. Modely neuronových sítí byly schopné velice přesně spočítat a identifikovat jednotlivce chřástala polního (*Crex crex*) v sériích simulovaných sčítacích a monitorovacích úkolů (Terry & McGregor 2002). Tyto typy modelů umožňují vytvořit automatické analyzační a identifikační systémy, které zredukují čas potřebný k analýze, zvýší množství dat, která mohou být analyzována a učiní komplexní klasifikační techniky dostupnějšími (Kogan et al. 1998).

3.6 Využití vokální individuality

Jednou z hlavních výhod vokální individuality je fakt, že rozdíly v akustických signálech se dají využít jako neinvazivní marker pro označení jedince. To je zvláště důležité ve studiích zabývajících se odhadem demografického vývoje nebo posouzením vlivu managementu prostředí, při kterém je přítomnost značení důležitá pro zpřesnění sčítajících výsledků (Eriksen 1999, Laiolo et al. 2007). Schopnost identifikovat jednotlivé volající ptáky je nezbytné zejména v situacích, kde je sčítající vědec nejistý, zda počítat jednoho nebo více ptáků na daném místě (Eriksen 1999, Peake & McGregor 2001). Tato nejistota je dána značnou mobilitou jedinců u většiny druhů ptáku. Ke zkreslení dochází i u teritoriálních druhů ptáků, kteří mají stabilní teritoria (Terry et al. 2005). Například přelétaví jedinci samce bukače velkého (*Botaurus stellaris*) byli opakovaně sečteni při akustickém monitoringu a to způsobilo že populace 15 jedinců (9 residentů a 6 přelétavých) byla sečtena jako 25 (Eriksen 1999). Tato chyba byla detekována aplikací vokální individuality na sčítání populace.

Použití individuálně specifické vokalizace při monitoringu je v některých případech vhodnější než invazivní značení pomocí barevných či hliníkových kroužků, krčních límců, loketních značek nebo radiolokace a to hned z několika důvodů. V případech, kdy se používají invazivní techniky, často dochází ke specifickému zkreslení výsledků z vygenerovaných dat při studiu daného druhu. Například Peake a McGregor (2001) v rámci své studie chřástala polního (*Crex crex*) upozorňují na negativní faktory radiotelemetrických studií:

a) použití playbacku k odchytu jedinců, může způsobit odchyt jen podmnožiny více agresivních samců, kteří nereprezentují celou populaci

b) jedinci označení radiotelemetrickým zařízením mohou být pro samice méně přitažliví a mohou ve volání pokračovat déle než jedinci bez tohoto handicapu

Při použití vokální individuality byli Peake a McGregor (2001) schopni nejenom zvýšit přesnost sčítání chřástala, ale také úroveň pohybu a vztáhnout tyto výsledky na kvalitu území.

Dalším negativním faktorem invazivního značení je stresové zatížení spojené s odchytom a manipulací se zvířetem. Například Nimon et al. (1995) zkoumali stres vyvolaný odchytom na tučňáku kroužkovém (*Pygoscelis adeliae*), použili při tom

měřič tepu zabudovaný v uměle atrapě vejce pro zjištění tepové frekvence tučňáka v klidu a srovnávali ho s tepem tučňáka při manipulaci s ním. A jejich závěry potvrzují, že ptáci při manipulaci trpí extrémním stresem. V některých případech může vést odchyt ke smrti či zranění některých jedinců v odchytovému zařízení, kde se jedinec může například pořezat nebo uškrtit na lankách živochytných pastí. V dlouhodobém pohledu může invazivní odchyt způsobit vyhýbání se jedince odchytovému místu, sklon k uhynu spojený se stresem, zvýšený sklon k predaci a ztrátu následného reprodukčního úspěchu (Moorhouse et al. 2005). Ale nejenom stres odchyteným jedincům může způsobit komplikace, značená zvířata mohou strádat samotnou značkou nebo vysílačkou. Proběhlo několik studií, které dokazují, že krční límce u hus snižují schopnost přežití (Menu et al. 2000; Schmutz & Morse 2000, Castelli 1996). Vysílačkou označení jedinci mohou být pro partnera méně atraktivní a tím snižovat i svůj reprodukční úspěch (Peake & McGregor 2001). Z obecného hlediska se dá předpokládat, že odchyt a manipulace se zvířaty může mít vždy škodlivý účinek na jedince i přesto, že to nemusí být někdy okamžitě zjevný (Terry et al. 2005).

Jak již bylo zmíněno dříve, vokální individualita jako nástroj monitoringu je zvláště vhodná při studiu kryptických a nočních druhů jako sova, lelek (Delport et al. 2002, Rebbeck et al. 2001) Mimo to je velice vhodná, tam kde invazivní značení je zvláště nežádoucí z ochranných důvodů v případech kriticky ohrožených druhů, kde každý invazivnější zásah do populace může mít za následek přímé ohrožení přežití druhu nebo části populace (Klenova et al. 2009, Policht et al. 2009). Vokální individualita se může nejenom velice dobře využít jako účinný nástroj ochrany přírody, ale i pro mnohé další druhy behaviorálních studií. Akustická distinkce jedinců nám může pomoci více poodhalit, jak samy jednotlivé druhy ptáků využívají rozlišení jednotlivců mezi sebou a jaké informace jsou zakódovány v jejich signálech (Mathevon et al 2003, Charrier et al. 2001). Při bližším studiu vokálních rozdílů můžeme narazit na souvislosti obsažené v ptačím hlasu jako je kondice, zatížení parazity či věk (Galeotti et al. 1997). I přes tyto možnosti Peake et al. (1998) konstatuje, že vokální individualita je stále překvapivě málo využívaná metoda, navzdory své potencionální užitečnosti.

Ale je třeba zdůraznit, že její použití má i řadu úskalí a omezení, které budou rezebrány v další kapitole.

Omezení a nevýhody při použití hlasové individuality

Každá technika sloužící k identifikaci jedinců na základě jejich hlasů má svá omezení a nevýhody, které je třeba brát v potaz pokud chceme minimalizovat případné zkreslení výsledků. (Terry et al 2005). Nerespektování takovýchto limitů může znatelně omezit jejich vypovídající schopnost (Terry et al 2005).

Při použití jakékoli akustické metody dochází ke zkreslení výsledku směrem k vokálně nejvíce aktivním jedincům (Terry et al 2005). Mnoho faktorů může ovlivnit, která část populace je vokálně aktivní, například pohlaví (u některých druhů ptáků jsou vokálně aktivní pouze samci v kontextu teritoriálních hlasů, které se používají nejčastěji při použití vokální individuality), věk, roční doba, teritoriální status, hnízdní status a další (Terry et al. 2005).

V mnoha studiích se používá playback k vyprovokování jedinců a k následnému nahraní reagujícího jedince (Galeotti & Sachi 2001, Apleby & Redpath 1997). Podle Holschuch (2004) v případě použití playbacku k vyprovokování vokální odezvy jedince, může docházet ke zkreslení výsledků směrem k jedincům v lepší kondici. Proto dochází k závěrům, že je vhodné ve studiích zohlednit i jedince, kteří nereagují na vyprovokování playbackem.

Předběžné studie pravděpodobnosti odpovědi samců v různé kondici a jiném hnízdicím statutu, mohou standardizovat sčítací odhady. Z celkového hlediska použití vokální individuality vyžaduje stanovení jejího rozsahu a stability. Toho lze docílit jen předběžným intenzivním výzkumem s pokud možno nezávisle označenými jedinci (Peake & McGregor 2001). Intenzivní studium také požaduje znalost zvukové analýzy a použití zařízení pro záznam a analýzu (Terry et al. 2005).

Jako nejdůležitější limity při použití vokální individuality jakožto monitorovacího nástroje považují někteří autoři:

a) přítomnost její stability v čase (Lengagne 2001, Terry et al. 2005; Volodin et al. 2008). Problematika stability v čase byla podrobně probrána v samostatné kapitole (viz kap3.4)

b) chybějící monitoring samic (Terry et al. 2005, Gilbert et al 2002) a mladých jedinců (Lailo et al. 2007) ve většině studií

U mnoha druhů ptáků je sledování výskytu a pohybu samic bez radiového označení velmi obtížné, protože u většiny druhů jsou samice tiché a nevydávají hlasy s dlouhým dosahem (Terry et al. 2005). Výjimkou jsou u nepěvců některé druhy sov

(puštítk africký *Strix woodfordii* ;Delport et al. 2002), většina druhů jeřábů (Klenova et al. 2008) a ze šplhavců například krutihlav obecný (Cramp et al. 1998.) a další. Proto je zřejmé, že až na tyto výjimky, při použití vokální individuality odhady četnosti populace nevykazují počet párů, ale počet samců (Terry et al. 2005). I když u sociálně monogamních druhů může počet samců do určité míry korelovat s počtem samic.

Při dobré znalosti biologie a chování druhu, lze provést nepřímý odhad početnosti samic. Například samci chřástala polního (*Crex crex*), poté co přilákají partnera, se na několik dní přestanou ozývat (Peake et al 1998). V případech, kdy samice nemají zřetelný daleko slyšitelný hlas, dá se k jejich nalezení a identifikaci využít kontaktního hlasu, pomocí kterého udržují kontakt mezi páry, s mláďaty nebo s jinými členy sociální skupiny (Terry et al. 2005). Tento způsob se dá zvláště využít u koloniálních ptáků. Ve většině se projevují jak samci tak samice, často s rozlišitelnými rozdíly pohlaví. Druhy koloniálních ptáků se spoléhají na kontaktní volání, aby našly své druhy a potomky (Speirs et al 1991, Aubin & Jouventin 2002, Mathevon et al 2003, Charrier et al. 2001). Jak už bylo zmíněno výše, hlasové projevy těchto koloniálních druhů mají vysokou úroveň individuality (Jouventin et al. 1999).

3.7 Studované druhy

3.7.1 Krutihlav obecný

Krutihlav obecný (*Jynx torquilla*) je malý šplhavec z čeledi datlovitých (*Picidae*). Vyskytuje se skoro v celé Evropě a jeho rozšíření pokračuje středem centrální Asie až po Japonsko (Šťastný et al. 2006). Jako jediný evropský šplhavec je tažný. Evropské populace zimují převážně v tropické Africe od Sahary po rovník, kromě populací v oblasti mediteranu, které jsou víceméně stálé. Skoro v celé Evropě se jeho početnost snižuje, zvláště patrný je tento trend v severozápadní Evropě (Hudec et al. 2005). Například ve Velké Británii začal mizet už od roku 1830 a dnes zde hnízdí jen ojedinělé páry (Šťastný et al. 2006). V České republice jeho stavy klesají průměrně o 3,8% ročně (Šťastný et al. 2006).

Krutihlav obecný obývá otevřenou extenzivně zemědělsky využívanou krajinu se skupinami stromů, remízky a také okraje řídkých či smíšených lesů (Šťastný et al. 2006).

Oproti ostatním zástupcům šplhavců vyskytujících se na našem území se liší jinou stavbou těla, zbarvením i chováním (Šťastný et al. 2006). Krutihlav nešplhá po kmenech a větvích stromů jako ostatní naši datlovití. Tvar jeho těla připomíná spíše některé pěvce (Hudec et al. 2005). Jeho zbarvení je nekонтastní, hnědé až šedohnědé, při pohledu zblízka je patrné jemné podélné i příčné čárkování a vlnkování (Hudec et al. 2005). Pro jeho krycí zbarvení a způsob chování ho lze těžko spatřit. Většinou na sebe upozorní jen na jaře svým voláním. Jeho teritoriální volání je opakované naříkavé „kje kje kje kje kje....“ (Šťastný et al. 2006) a je připodobňováno k hlasu ostříže lesního *Falco subbuteo* nebo k volání strakapouda malého *Dendrocops minor* (Cramp et al 1998). Voláním se ozývá jak samec tak samice a v některých případech i ve společném duetu (Cramp et al 1998).

I když proběhly některé studie zaměřené na akustické signály u šplhavců (např. Dodenhoff et al. 2001, Tremain et al. 2008), tak kódování potenciálních informací v jejich signálech je doposud nedostatečně prozkoumáno.

3.7.2 Sýc rousný

Sýc rousný (*Aegolius funereus*) je menší druh sovy z čeledi puštíkovitých (*Strigidae*). Vyskytuje se cirkumpolárně v zóně tajgy, v Evropě i jižněji, kde tvoří částečně izolované populace (Hudec et al. 2005). Sýc rousný je stálý a přeletávy pták (Šťastný et al. 2006). V období 1990 až 2000 byla evropská populace hodnocena jako stabilní (především v klíčových oblastech ve Skandinávii, Rusku a Rumunsku) a její velikost je odhadována na více než 110 000 párů (BirdLife International 2004). V ČR se početnost zvyšuje a v letech 2001-2003 byla populace odhadována na 1500 až 2000 párů (Šťastný et al. 2006).

Vyskytuje se zejména v jehličnatých lesích vyšších poloh, ale na některých místech se nevyhýbá ani listnatým lesům a imisním holinám s jednotlivými doupnými stromy (Šťastný et al. 2006).

Sýc rousný se podobá sýčkovi obecnému (*Athene noctua*) jak velikostí, tak zbarvením (Hudec et al. 2005), ale na rozdíl od něj má kontrastnější závoj a hustě opeřené nohy (Šťastný et al. 2006). Teritoriální volání samce je daleko slyšitelné „pu

pu pu pu“ (Šťastný et al. 2006), často slyšitelné až na dva kilometry (Cramp et al 1998).

Vokální individualita je u sov (*Strigiformes*) velice dobře zdokumentovaný jev. Proběhly u nich studie zaměřené na vokální individualitu (Galeotti et al. 1993), na její stabilitu v čase (Lengagne 2001) i na její využití jakožto monitorovacího nástroje (Delport et al. 2002, Holschuh & Otter 2005)

4 Metodika

4.1 Studijní plochy

4.1.1 Krutihlav obecný

Terénní průzkum probíhal na třech lokalitách v okolí Milovic (50°14' N, 14°53' E), Loun (50°24'N, 13°47'E) a Horažďovic (49°21', 13°44'E). Tyto lokality byly vybrány na základě mého terénního průzkumu v roce 2008, který byl zaměřen na zjištění lokací s větší hnízdní denzitou krutihlava obecného.

Vybrané lokality se prostředím vzájemně lišily.

1) Vojenský újezd Mladá leží blízko města Milovice (okres Nymburk). Nachází se v mírně zvlněné krajině nížiny středního Polabí. Nejvyšším bodem je Benátský vrch s nadmořskou výškou 251 m. n. m. V důsledku skoro sto let trvajícího vojenského využití této krajiny, zde došlo k vytvoření unikátního antropogenně podmíněného prostředí. Vyskytují se zde lesní porosty (převažují listnaté stromy, hlavně duby a břízy s občasnými enklávami jehličnanů) a rozsáhlá sukcesní vegetace s keři a osamělými skupinkami stromů. Specifickým rysem tohoto území je povrch členěný antropogenními útvary - tankovými úvozy, okopy, krátery po granátech a rozpadlými budovami. Z hlediska sběru dat byly nejdůležitější hraniční území mezi lesním porostem a sukcesními plochami, kde byla denzita krutihlavů největší.

2) Na Lounsku probíhal výzkum v okolí vesnice Raná a Chraberce, zvláště pak na úpatí vrchu Oblík. Tato oblast leží v chráněné krajinné oblasti České středohoří v okrsku tzv. Chožovského středohoří. Tato oblast je členitou vrchovinou s kuželovitými sukly vypreparovaných sopečných žil. Nadmořská výška se zde pohybuje od 200 m n. m. do 500 m n. m. Na sledovaném území se nachází pestrá mozaika polí, luk, křovinatých porostů, remízků a sadů. Staré hospodářsky nevyužívané sady a porosty křovin s přilehlými vzrostlými stromy byly stanoviště s největším výskytem krutihlavů v této oblasti.

3) V okolí Horadovic byl výzkum soustředěn převážně mezi vesnicemi Svěradice a Mečichov. Území se nachází v mírně členité pahorkatině s nadmořskou výškou pohybující se od 400 m n. m do 550 m n. m. Nalezá se zde mozaika lesíků, polí a rybníků. Krutihlav se zde nacházel hlavně na kraji lesíků a hrazích rybníků.

4.1.2 Sýc rousný

Sběr terénních dat probíhal v imisemi poškozené oblasti východních Krušných hor okolo Flájské přehrady (50°40' N, 13°35' E). Od roku 1999 po současnost se zde realizuje intenzivní výzkum sýce rousného. Na celé části studie o sýci rousném jsem spolupracoval s Alenou Hýlovou. Tato oblast leží ve významné ptačí oblasti východní Krušné hory. Nadmořská výška se zde pohybuje od 735 m n.m. do 956 m n.m. Krajina se zde skládá z mozaikovitě uspořádaných rozvolněných ploch, zbytků odumřelých smrkových lesů a porostů náhradních dřevin jako je smrk pichlavý *Picea pungens*, břízami *Betulas p.* a další (Drdáková 2003).

4.2 Sběr a zpracování dat

Sběr terénních dat byl prováděn od konce února do června v letech 2009 a 2010.

4.2.1 Krutihlav obecný

Jednotliví ptáci byli nejdříve lokalizováni procházením příhodného prostředí a po cca 300 metrech transektu jim byl pouštěn jejich teritoriální hlas z reproduktoru. Samotné nahrávání krutihlavů probíhalo vždy po vyprovokování jedince playbackem. Nahrávání probíhalo 10 -35 m od volajícího jedince s ohledem na to, aby mezi mikrofonem a volajícím jedincem bylo co nejméně možné vegetace a jiných překážek. Pokud to bylo možné, byla snaha eliminovat případné rušení na záznamu (projíždějící auta, zpěv ostatních druhů ptáků a jiné). V případech, kdy se ozývali oba jedinci z páru, záznam zvuku probíhal pouze tehdy, když byl s nahrávaným jedincem udržován vizuální kontakt a druhý z páru se neozýval ve směru směrového mikrofonu. Nahrávky byly pořizovány jen ve dnech s minimálními nebo žádnými srážkami a při minimální až nízké rychlosti větru (Lengagne 2001).

Většina záznamů byla pořízena v dopoledních hodinách. Ke každé nahrávce bylo přiřazeno specifické číslo, datum, čas, povětrnostní podmínky a přesná lokace.

4.2.2 Sýc rousný

Jedinci byli lokalizováni projížděním předem vytipovaného transektu a po cca 500 metrech jim byl pouštěn teritoriální hlas. Sýci rousní byli nahráváni i bez vyprovokování playbackem. Jedinci se nacházeli cca 20 – 40 m od nahrávacího zařízení. Při nahrávání se dbalo na co nejmenší množství překážek a vegetace mezi nahrávaným sýcem rousným a mikrofonem. Nahrávky byly pořizovány jen ve dnech s minimálními nebo žádnými srážkami a při minimální až nízké rychlosti větru. Pořizování akustických záznamů probíhalo vždy v nočních hodinách. Ke každé nahrávce bylo přiřazeno specifické číslo, datum, čas, povětrnostní podmínky a přesná lokace.

Na nahrávání byl použit kazetový recorder Marantz 74PMD201/00B s přídatným směrovým mikrofonem Sennheiser. Jako medium bylo použito kazet Maxel metal 60 a kazet Sony UX-S chrome. Pro vyprovokování jedinců bylo použito mp3 přehrávače Sony NWZ-E464 a přídatných reproduktorů Emgeton Ixsound 5. U jedinců, kteří se vyskytovali mimo CHKO, byla snaha sledované jedince okroužkovat, zvážít a změřit za účelem jejich zahrnutí do výzkumu v následujících letech.

Analogické záznamy byly digitalizovány (88 kHz, 16 bit) pomocí softwaru Avisoft SASLab Pro 4.38 (Specht) a uloženy ve formátu wav. Následně byla u nahrávek snížena smplovací frekvence z 88 kHz na 44,1 kHz.

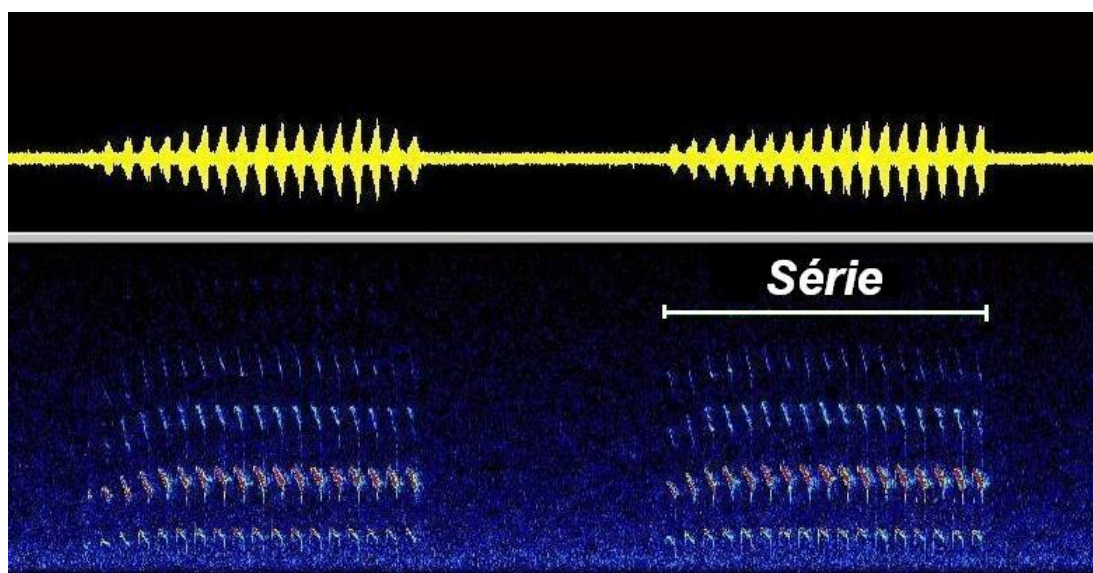
4.3 Akustická analýza

Získané nahrávky byly analyzovány pomocí programu Avisoft SASLab Pro 4.38 (Specht). Do analýzy byly použity pouze kvalitní nahrávky teritoriálních hlasů krutihlava obecného a sýce rousného (nepřekrývající hlasy a s dobrým poměrem signálu vůči hluku). Jelikož ptáci nebyli individuálně označeni, do vlastní analýzy vstoupily pouze hlasy jednoznačně identifikovaných jedinců na příslušné lokalitě.

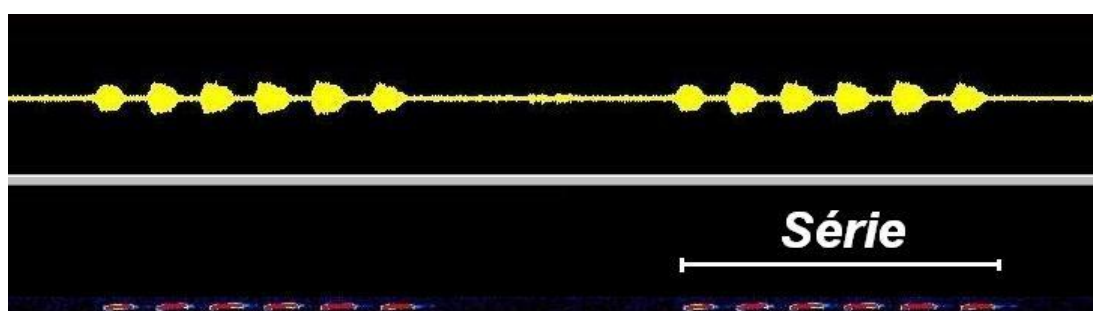
Z celkového počtu 21 nahraných krutihlavů tyto dva aspekty zredukovaly množství nahrávek na 11 jedinců vstupujících do analýzy.

Všechny digitalizované nahrávky od jednotlivých jedinců krutihlava a sýce byly nejdříve částečně zbaveny nízkofrekvenčního šumu. Následně byly rozstříhány na jednotlivé série (obr. 1) a každá série byla uložena jako jeden soubor ve formátu wav. Samotná akustická analýza probíhala vždy při následujícím nastavení zobrazení spektrogramu: Hamming window, FFT-length 1024 points, frame 100%, overlap 87,5%. Hodnoty charakteristických akustických rysů byly měřeny odečtem pomocí měřicího kurzoru na spektrogramu a z programu Avisoft SASLab Pro 4.38 byly expedovány přímo do programu Microsoft Office Excel 2007).

Obr. 1: Spektrogram a amplitudní křivka teritoriálního hlasu krutihlava obecného (*Jynx torquilla*) se znázorněním jedné série nebo-li jednoho celého hlasu.



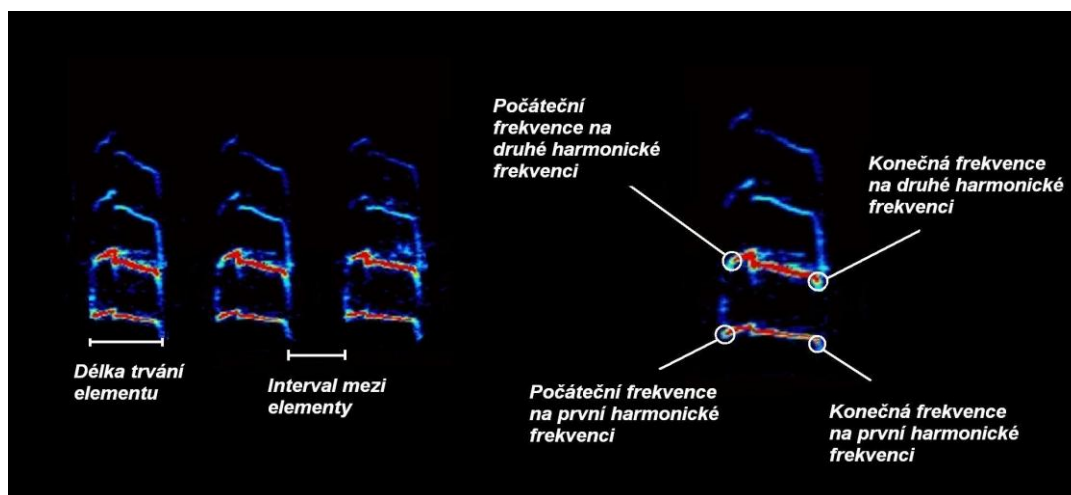
Obr. 2: Spektrogram a amplitudní křivka teritoriálního hlasu sýce rousného (*Aegolius funereus*)



4.3.1 Krutihlav obecný

Ze spektrogramů každé série použité v analýze byly měřeny na jednotlivých elementech tyto časové a frekvenční proměnné: časové charakteristiky - začátek elementu (StartT), konec elementu (EndT); frekvenční charakteristiky – počáteční frekvence na první harmonické frekvenci (startF1), konečná frekvence na první harmonické frekvenci (endF1), počáteční frekvence na druhé harmonické frekvenci (startF2), konečná frekvence na druhé harmonické frekvenci (endF2) Z frekvenčních parametrů (startF1, endF1 a startF2, endF2) byly vypočítány dvě proměnné: frekvenční modulace první harmonické frekvence (FM1), frekvenční modulace druhé harmonické frekvence (FM2). Z časových parametrů (startT a endT) byla vypočítána délka elementu (durationE) a interval mezi jednotlivými elementy (interval) (viz. obr3).

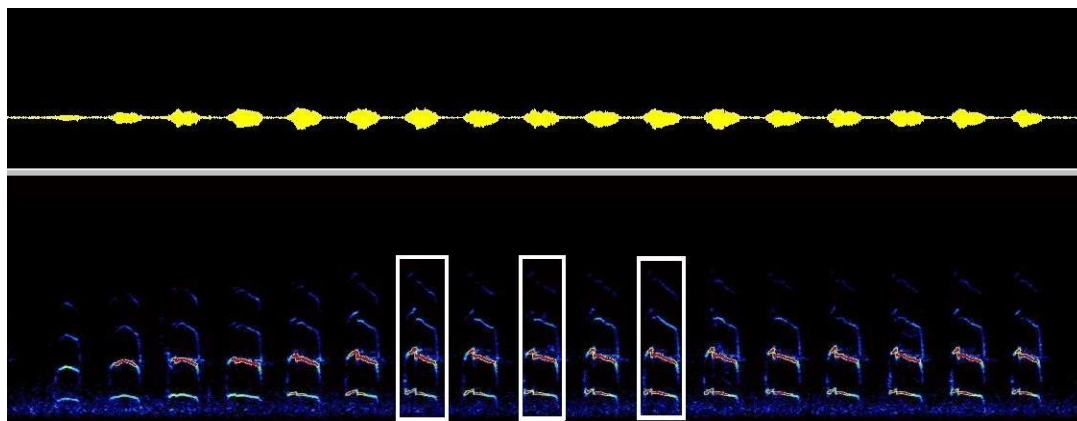
Obr. 3: Spektrogram jednotlivých elementů teritoriálního hlasu krutihlava obecného (*Jynx torquilla*) s vyznačením některých měřených časových a frekvenčních parametrů. Element, na kterém jsou ukázány frekvenční parametry, je v nepoměru k ostatním elementům pro lepší viditelnost měřených charakteristik. (pozn. tyto parametry byly měřeny na každém jednotlivém elementu ze série, zde jsou vyobrazeny pro lepší vizualizaci na rozdílných elementech)



Z pohledu celých hlasů byl spočítán počet elementů (NoE) v každé sérii, průměr intervalů celé série (intervalM) a délka celé série (DurationS), z časových charakteristik byly dále vybrány: délka centrálního elementu (duration_el_cent) – (element nacházející se ve středu série, v případech, kdy série měla sudý počet elementů, byl ze dvou středových elementů, určen ten, který ležel blíže začátku

hlasu), délka elementu ležícího o dva elementy blíže počátku hlasu než centrální element ($duration_el_minus$), délka elementu nacházejícího se o dva dále než centrální element ($duration_el_plus$) (obr. 4); z frekvenčních: počáteční frekvence první harmonické frekvence u všech tří elementů zmíněných výše ($startF1_el_cent$, $startF1_el_cen_minus$, $startF1_el_cen_plus$) a konečná frekvence první harmonické frekvence ($endF1_el_cent$, $endF1_el_cen_minus$, $endF1_el_cen_plus$), počáteční frekvence druhé harmonické frekvence ($startF2_el_cent$, $startF2_el_cen_minus$, $startF2_el_cen_plus$) a konečná frekvence ($endF2_el_cent$, $endF2_el_cen_minus$, $endF2_el_cen_plus$)

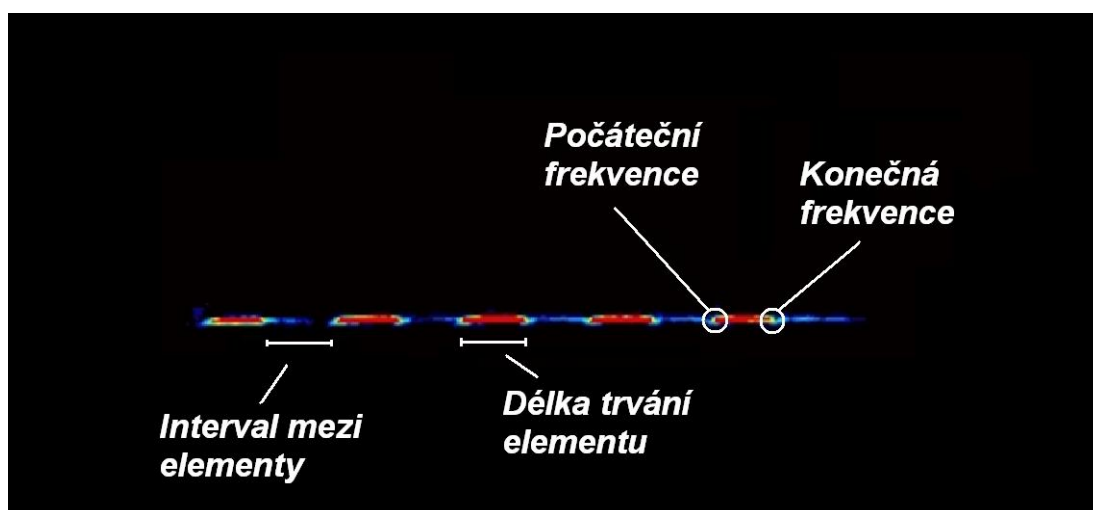
Obr. 4: Spektrogram teritoriálního hlasu krutihlava obecného (*Jynx torquilla*) s vyznačenými elementy, jejichž měřené charakteristiky vstoupily do analýzy celých hlasů (serií).



4.3.2 Sýc rousný

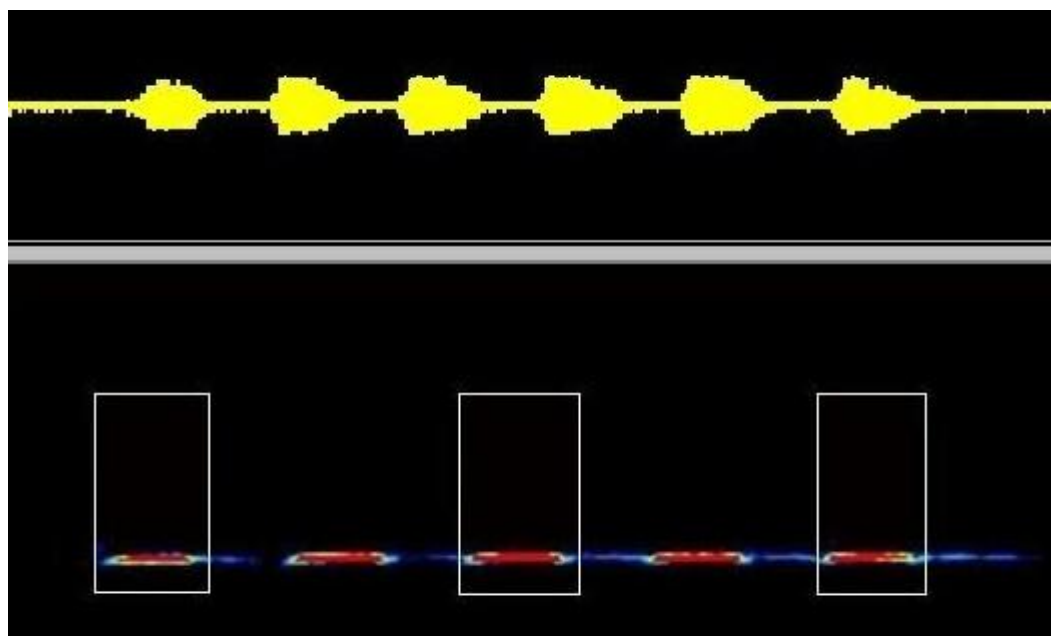
Ze spektrogramů každé série použité v analýze byly měřeny na jednotlivých elementech tyto časové a frekvenční proměnné: začátek elementu ($StartT$), konec elementu ($EndT$); frekvenční charakteristiky – počáteční frekvence elementu ($startF$), konečná frekvence elementu ($endF$). Z časových parametrů ($startT$ a $endT$) byly vypočítány dvě proměnné: délka elementu ($durationE$) a interval mezi jednotlivými elementy ($interval$). (obr.5)

Obr. 5: Spektrogram celé série s jednotlivými elementy teritoriálního hlasu sýce rousného (*Aegolius funereus*) s vyznačením některých měřených časových a frekvenčních parametrů. (pozn. tyto parametry byly měřeny na každém jednotlivém elementu ze série, zde jsou vyobrazeny pro lepší vizualizaci na rozdílných elementech)



Pro konečnou analýzu celých hlasů byl spočítán počet elementů (NuE) v každé sérii a délka celé série (DurationS), frekvenční modulace prvního elementu (FM_el1), frekvenční modulace středního elementu (FM_el_midle), frekvenční modulace posledního elementu (FM_end_el) a vybrány tyto parametry: délka prvního elementu (1_el_Duration), délka středního elementu (Middle_el_duration)-element nacházející se ve středu série, v případech, kdy série měla sudý počet elementů, byl ze dvou středových elementů, určen ten, který ležel blíže začátku hlasu, délka konečného elementu (End_el_Duration), počáteční frekvence prvního elementu (1_el_StartF), počáteční frekvence středního elementu (Middle_el_StartF), počáteční frekvence konečného elementu (End_el_StartF), konečná frekvence prvního elementu (1_el_EndF), konečná frekvence prostředního elementu (Middle_el_EndF), konečná frekvence posledního elementu (End_el_endF), interval mezi prvním a druhým elementem (1_Interval), interval mezi prostředním elementem a elementem ležícím před ním (interval_CenE), interval mezi posledním elementem a tím před ním (End_interval). (obr. 6)

Obr. 6: Spektrogram teritoriálního hlasu sýce rousného (*Aegolius funereus*) s vyznačenými elementy, jejichž měřené charakteristiky vstoupily do analýzy celých hlasů (sérií).



4.4 Statistická analýza

Byly provedeny dvě mnohorozměrné analýzy (diskriminační funkční analýza, DFA) jak pro jednotlivé elementy každé série, tak pro tyto série nezávisle u krutihlava obecného (*Jynx torquilla*). U sýce rousného (*Aegolius funereus*) byla provedena pouze jedna mnohorozměrná analýza (DFA) pro analýzu sérií. Z celkového počtu naměřených akustických parametrů byly před vlastní analýzou vyloučeny ty, u kterých byl korelační koeficient $r > 0,80$. Data ze zbývajících proměnných byla standardizována (průměr/směrodatná odchylka). Tato standardizace umožňuje srovnat data různých měřítek a rozptylů, tak že výsledné parametry mají průměr nula a směrodatná odchylka je rovna jedné, což umožňuje jednoduše porovnávat různé proměnné i datasey (STATISTIKA 9).

Pro testování míry podobnosti/rozdílnosti hlasu (elementu i sérií) byly použity diskriminační analýzy, které redukují původní počet proměnných na nové proměnné a zároveň maximalizují rozdíly mezi skupinami (SPSS ver.17.0.).

Pro validaci diskriminačních analýz byla použita metoda leave-one-out (SPSS ver.17.0) Validace diskriminační analýzy je její nezbytnou součástí, jelikož

nevalidovaná DFA konstruuje diskriminační model ze stejných dat jako data, která jsou testovaná a nejsou nezávislá. Při validaci je část dat použita pro konstrukci diskriminačního modelu (trenovací data) a jiná data, která nejsou součástí tohoto modelu, jsou pak použita pro vlastní testování (SPSS ver.17.0). Leave-one-out metoda je provedena tolikrát jako je celkový počet pozorování. V průběhu každé repeticity je diskriminační model konstruován z originálních pozorování, která slouží jako trenovací data, do kterých však není zahrnuto konkrétní pozorování, které je součástí validace (SPSS ver.17.0.).

Pro stanovení míry odlišnosti jedinců v rámci naměřených akustických parametrů bylo provedeno mnohonásobné porovnání pomocí neparametrické Anovy, tj. Kruskal-Wallisův test. Jelikož se jedná o mnohonásobné porovnání, výsledná hodnota signifikace byla upravena Bonferroniho korekcí (tj. $0,005/\text{počet parametrů}$). Aby při testování rozdílu mezi jedinci nedocházelo k pseudoreplikacím, do analýzy vstoupily pouze průměrné hodnoty elementů za každou sérii. Mnohorozměrné testy byly provedeny v programu SPSS 17.0 a jednorozměrné testy v STATISTIKA 9.0.

5 Výsledky

5.1 Krutihlav obecný

5.1.1 Diskriminace jednotlivých elementů

Do analýzy celkem vstoupilo 1279 elementů od jedenácti jedinců. Průměr hodnota elementů od každého jedince činila $116,3 \pm 51,4$ SD.

V analýze, která diskriminovala jedince podle jednotlivých elementů, byly použity tyto akustické charakteristiky: interval mezi jednotlivými (interval), délka elementu (duration), počáteční frekvence na první harmonické frekvenci (startF1), konečná frekvence na první harmonické frekvenci (endF1), počáteční frekvence na druhé harmonické frekvenci (startF2), konečná frekvence na první harmonické frekvenci (endF2)

Tab. 2: Charakteristika akustických parametrů

Parametr	Průměr \pm SD	jednotky
durationE	0,13 \pm 0,02	<i>Ms</i>
Interval	0,09 \pm 0,01	<i>Ms</i>
startF1	1643,10 \pm 207,51	<i>Hz</i>
endF1	1405,51 \pm 171,14	<i>Hz</i>
startF2	3188,41 \pm 351,55	<i>Hz</i>
endF2	2623,87 \pm 162,52	<i>Hz</i>

Parametr FM2 byl z následné analýzy vyloučen z důvodu vysoké korelace s parametrem Start F2 (Tab 2. $r=0.89$). Parametr FM1 neměl signifikantní dopad na celkovou klasifikační schopnost modelu DFA a nebyl do výsledného modelu zařazen.

Výsledný model DFA (wilkinson Lambda $< 0,001$) zahrnuje 6 akustických charakteristik: interval mezi jednotlivými (interval), délka elementu (duration), počáteční frekvence na první harmonické frekvenci (startF1), konečná frekvence na první harmonické frekvenci (endF1), počáteční frekvence na druhé harmonické frekvenci (startF2), konečná frekvence na první harmonické frekvenci (endF2) (Tab.3). Zatímco jen první dvě funkce s eigenvalue větší než 4 vysvětlují 86 %

celkové variability, první tři funkce s eigenvalue větší než 2 vysvětlují 94% celkové variability (Tab. 4).

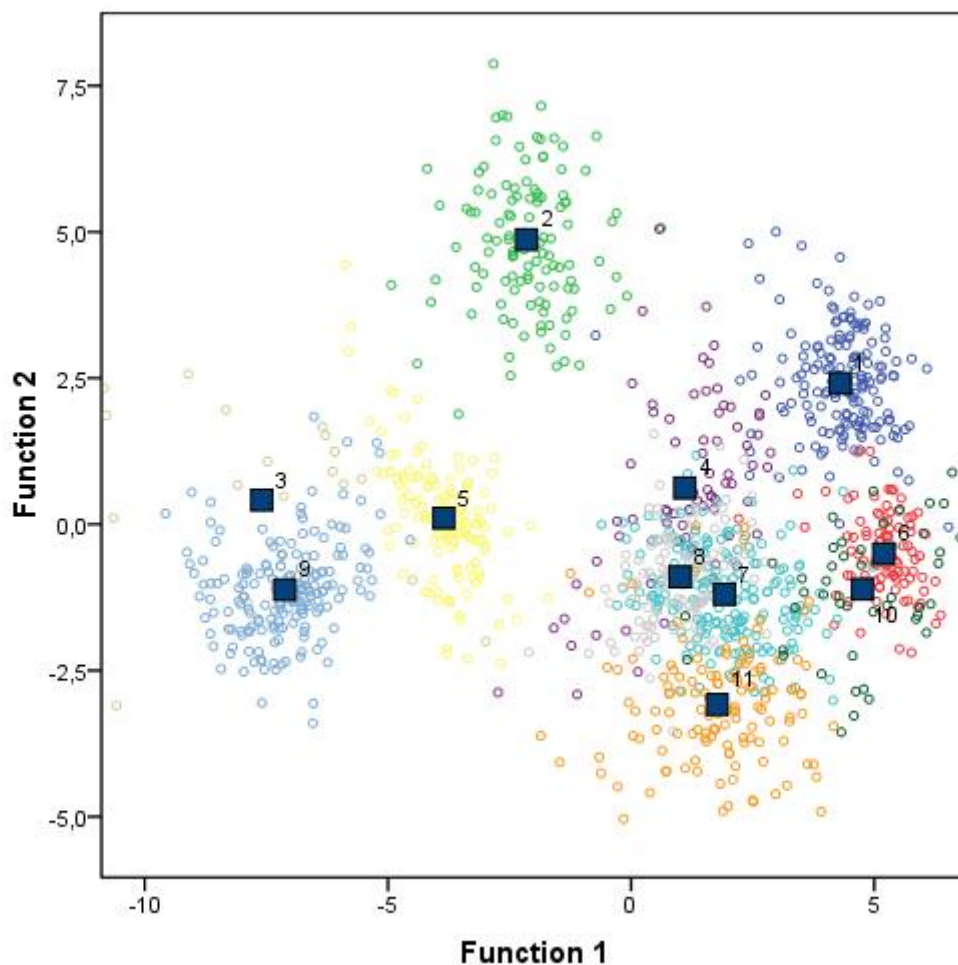
Tab. 3: Korelace akustických parametrů s diskriminačními funkcemi modelu DFA

	Funkce					
	1	2	3	4	5	6
startF2	0,804*	0,355	-0,212	0,412	-0,047	0,1
Interval	-0,29	0,647*	-0,097	-0,286	0,582	-0,261
endF2	0,304	0,502	0,758*	-0,081	-0,272	-0,03
Duration	-0,399	0,089	-0,052	0,838*	-0,273	0,231
endF	0,201	-0,224	0,573	0,288	0,681*	-0,186
startF	0,143	0,11	0,13	-0,063	0,302	0,925*

Tab. 4: Příspěvky jednotlivých diskriminačních funkcí do výsledného modelu DFA

Function	Eigenvalue	% of Variance	Cumulative %	Canonical Correlation
1	16,465 ^a	67,3	67,3	,971
2	4,511 ^a	18,4	85,7	,905
3	2,080 ^a	8,5	94,2	,822
4	,672 ^a	2,7	97,0	,634
5	,431 ^a	1,8	98,7	,549
6	,312 ^a	1,3	100,0	,488

Všech šest diskriminačních funkcí bylo vysoce signifikantních ($p < 0.001$), vysvětluje to 100 % variability (Tab. 4). S první diskriminační funkcí nejvíce koreloval parametr počáteční frekvence na druhé harmonické frekvenci (Start F2); ($r=0.80$), s druhou kanonickou funkcí, interval mezi jednotlivými elementy (interval), ($r=0.65$) (Tab. 3, Graf 1).



Graf 1: Elementy hlasů jedenácti jedinců krutihlava obecného (n=11) v prostoru prvních dvou kanonických os.

Legenda: Každý jednotlivý barevný bod, je jeden element teritoriálního hlasu krutihlava obecného, barva kóduje jedince, černý čtverec je centroid s označením čísla jedince.

V prostoru dvou prvních kanonických os někteří jedinci vytvářeli volné skupiny (viz. Graf1). První diskriminační funkce, se kterou nejvíce koreloval akustický parametr Start F2, nejvíce diskriminoval jedince 3 (M) a 9 (M); 5 (M) a 2 (S); 4 (H), 7 (M), 8 (S), 11 (M); 10 (M), 6 (S), 1 (S). Druhá diskriminační funkce, se kterou koreloval nejvíce parametr Interval, nejvíce diskriminovala jedince 1 (S) a 2 (S); 9 (M), 7 (M), 10 (M), 8 (S), 6 (S), 5 (M) 4 (H), 3 (M); 11 (M). V závorce je uvedena lokalita nahraného jedince: M – Vojenský prostor Mladá, S – České středohoří, H – okolí Horažďovic.

Kanonická analýza DFA vedla k vysoké klasifikační úspěšnosti. Každý jednotlivý element hlasu krutihlava obecného lze zařadit s 90% úspěšností ke správnému jedinci (tabulka 3). Klasifikační úspěšnost se pohybovala od 56,9 % do 99,4 %. Největší klasifikační úspěšnosti (nad 90%) dosáhli jedinci 2,5,6 a 9. Jedinci 2 a 6 pocházejí z Českého středohoří a 5 a 9 z vojenského újezdu Mladá u Milovic.

Tab. 5: Úspěšnost klasifikace elementů teritoriálních hlasu krutihlava obecného na základě DFA.

		Predicted Group Membership												
		individual	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Cross-validated ^a	Count	1	144	1	0	4	0	6	0	0	0	8	0	163
		2	0	117	0	0	2	0	0	0	0	0	0	119
		3	0	0	16	0	4	0	0	0	2	0	0	22
		4	1	1	0	41	1	0	14	10	0	1	3	72
		5	0	1	1	0	139	0	0	0	0	0	0	141
		6	0	0	0	0	0	91	0	0	0	1	0	92
		7	2	0	0	6	0	6	172	11	0	0	1	198
		8	1	0	0	3	0	0	21	87	0	0	2	114
		9	0	0	0	0	1	0	0	0	176	0	0	177
		10	0	0	0	0	0	3	3	0	0	45	0	51
		11	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	126	130
	%	1	88,3	,6	,0	2,5	,0	3,7	,0	,0	,0	4,9	,0	100,0
		2	,0	98,3	,0	,0	1,7	,0	,0	,0	,0	,0	,0	100,0
		3	,0	,0	72,7	,0	18,2	,0	,0	,0	9,1	,0	,0	100,0
		4	1,4	1,4	,0	56,9	1,4	,0	19,4	13,9	,0	1,4	4,2	100,0
		5	,0	,7	,7	,0	98,6	,0	,0	,0	,0	,0	,0	100,0
		6	,0	,0	,0	,0	,0	98,9	,0	,0	,0	1,1	,0	100,0
		7	1,0	,0	,0	3,0	,0	3,0	86,9	5,6	,0	,0	,5	100,0
		8	,9	,0	,0	2,6	,0	,0	18,4	76,3	,0	,0	1,8	100,0
		9	,0	,0	,0	,0	,6	,0	,0	,0	99,4	,0	,0	100,0
		10	,0	,0	,0	,0	,0	5,9	5,9	,0	,0	88,2	,0	100,0
		11	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,8	2,3	,0	,0	96,9	100,0

Legenda: úspěšnost klasifikace elementů příslušných jedinců (sloupec: individual) ke správnému jedinci (v případě správné klasifikace) a k ostatním jedincům (v případě chybné klasifikace) viz „Predicted Group Membership“.

Př. Jedinec č. 1: 144 elementů správně klasifikováno (do jedince č. 1) tj. 88,3%. Jeden element přiřazen chybně k jedinci č. 2, čtyři elementy do jedince č. 4, šest elementů do jedince č. 6 a následně 8 elementů nesprávně klasifikováno k jedinci č. 10.

5.1.2 Diskriminace celých hlasů

Při analýze bylo použito celkem 108 sérií od 11 jedinců (Tab.7). Průměrný počet sérií od jednoho jedince byl $9,8 \pm 5,5$ SD.

Tab.7: Počet sérií od každého jedince

Jedinec	Počet sérií
1	11
2	8
3	2
4	7
5	18
6	5
7	18
8	8
9	18
10	4
11	9

V analýze, která diskriminovala jedince podle celých hlasů, byly použity tyto akustické charakteristiky: počet elementů, délka středního elementu (duration_el_cent), počáteční frekvence první harmonické frekvence na středním elementu (startF_el_cent), konečná frekvence první harmonické frekvence na středním elementu (endF_el_cent), počáteční frekvence druhé harmonické frekvence na středním elementu (startF2_el_cent), konečná frekvence druhé harmonické frekvence na středním elementu (endF2_el_cent), průměr intervalů celé série (intervalM). (Tab. 8)

Tab. 8: Charakteristika jednotlivých parametrů

Parametry	Průměr \pm SD	Jednotky
Počet elementů	13,85 \pm 3,51	
startF_el_cent	1630,85 \pm 196,17	Hz
endF_el_cent	1412,43 \pm 146,35	Hz
duration_el_cent	0,13 \pm 0,02	Ms
startF2-el_cent	3164,84 \pm 367,81	Hz
endF2_el_cent	2602,61 \pm 154,95	Hz
intervalM	0,09 \pm 0,01	Ms

Parametry, které vysoce korelovaly s ostatními parametry, byly z analýzy vyřazeny: délka celé série (duration_S), délka elementu ležícího o dva elementy blíže

počátku hlasu než centrální element (duration_el_minus, startF1_el_cen_minus, endF1_el_cen_minus, startF2_el_cen_minus, endF2_el_cen_minus), délka elementu nacházejícího se o dva dále než centrální element, počáteční a konečná frekvence na první a druhé harmonické frekvenci (duration_el_plus, startF1_el_cen_plus, endF1_el_cen_plus, startF2_el_cen_plus, endF2_el_cen_plus).

Výsledný model DFA (wilkinson Lambda < 0,001) zahrnuje 7 akustických charakteristik: počet elementů, počáteční frekvence první harmonické frekvence na středním elementu (startF_el_cent), konečná frekvence první harmonické frekvence na středním elementu (endF_el_cent), délka středního elementu (duration_el_cent), počáteční frekvence druhé harmonické frekvence na středním elementu (startF2_el_cent), konečná frekvence druhé harmonické frekvence na středním elementu (endF2_el_cent), průměr intervalů celé série (intervalM) (Tab. 9).

Tab. 9: Korelace akustických parametrů s diskriminačními funkcemi modelu DFA

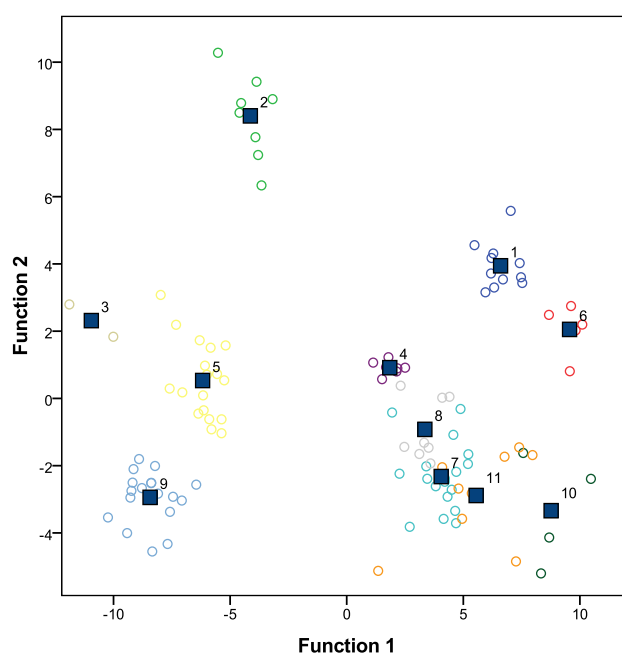
	Funkce						
	1	2	3	4	5	6	7
startF2-el_cent	0,698 [*]	0,461	0,381	-0,33	0,181	-0,116	-0,002
intervalM	-0,452	0,724 [*]	-0,03	0,114	-0,025	0,473	-0,183
počet elementu	0,27	0,252	-0,569 [*]	0,422	0,374	-0,173	0,438
endF2_el_cent	0,2	0,254	0,197	0,752 [*]	-0,177	-0,21	-0,464
EndF_el_cent	0,157	-0,097	0,222	0,365	0,332	0,818 [*]	0,061
duration_el_cent	-0,286	-0,075	0,21	0,015	0,39	-,616 [*]	0,58
startF_el_cent	0,124	0,059	0,167	0,079	-0,615	0,341	0,672 [*]

První dvě funkce s eigenvalue větší jak 11, vysvětlují 83 % z celkové variability. První tři funkce s eigenvalue větší než 6 vysvětlují 92 % z celkové variability. Všechny sedm diskriminačních funkcí byly vysoce signifikantní (p<0,001) a vysvětlovaly 100 % variability (Tab. 10).

Tab. 10: Příspěvky jednotlivých diskriminačních funkcí do výsledného modelu DFA

Function	Eigenvalue	% of Variance	Cumulative %	Canonical Correlation
1	44,061 ^a	65,7	65,7	,989
2	11,939 ^a	17,8	83,5	,961
3	6,238 ^a	9,3	92,8	,928
4	2,751 ^a	4,1	96,9	,856
5	1,151 ^a	1,7	98,6	,731
6	,551 ^a	,8	99,4	,596
7	,380 ^a	,6	100,0	,525

S první diskriminační funkcí nejvíce koreloval parametr StartF2_el_cent ($r=0,70$) a z druhou kanonickou funkcí intervalM ($r=0,72$) (Tab. 9, Graf 2). Kanonická analýza DFA vedla k vysoké klasifikační úspěšnosti. Každý jednotlivý hlas (série) lze zařadit se 100% úspěšností.



Graf. 2: Série jedenácti jedinců krutihlava obecného ($n=11$) v prostoru prvních dvou kanonických os.

Legenda: Každý jednotlivý barevný bod, je jeden celý hlas (série) teritoriálního hlasu krutihlava obecného, barva kóduje jedince, černý čtverec je centroid s označením čísla jedince.

V prostoru dvou prvních kanonických os někteří jedinci vytvářeli volné skupiny (viz. Graf2). První diskriminační funkce, se kterou nejvíce koreloval akustický parametr StartF2_el_cent, nejvíce diskriminoval jedince 3(M), 9(M), 5(M), 2(O) a 4(H), 8(O), 7(M), 11(M), 1(O), 10(M), 6(O).

Druhá diskriminační funkce, se kterou koreloval nejvíce parametr IntervalM, nejvíce diskriminovala jedince 10(M), 11(M), 9(M), 7(M), 8(O), 5(M), 4(H), 6(O), 3(M), 1(O) a jedince 2(O). V závorce je uvedena lokalita nahraného jedince: M – Vojenský prostor Mladá, S – České středohoří, H – okolí Horažďovic.

Následující výsledky testují, zda se sledovaní jedinci signifikantně lišili v konkrétních akustických parametrech.

Celé hlasy (Série elementů)

Celkem bylo testováno 18 akustických parametrů. Sledovaní jedinci krutihlava obecného se významně lišili ve všech měřených akustických parametrech: Kruskal-Wallisův test: $H(10, N=108) > 64; p < 0,001$.

Elementy

Pro testování rozdílů mezi jedinci v rámci akustických parametrů, kvantifikující každý element teritoriálního volání byly použity průměrné hodnoty z elementů za každou sérii. Studovaní jedinci se signifikantně lišili ve všech parametrech: Kruskal-Wallisův test: $H(10, N=107) > 71,9 p < 0,001$

5.2 Sýc rousný

5.2.1 Diskriminace celých hlasů

Při analýze bylo použito celkem 489 sérií od 22 jedinců. Průměrný počet sérií od jednoho jedince byl $22,22 \pm 2,5$ (SD). V analýze, která diskriminovala jedince, byly použity tyto akustické charakteristiky: počet elementů (NuE), frekvenční modulace středního elementu (FM_el_middle), frekvenční modulace posledního elementu (FM_end_el), délka středního elementu (Middle_el_duration), počáteční frekvence prvního elementu (1_el_StartF), konečná frekvence prvního elementu

(1_el_EndF), konečná frekvence prostředního elementu (Middle_el_EndF), konečná frekvence posledního elementu (End_el_endF), interval mezi prvním a druhým elementem (1_Interval), interval mezi prostředním elementem a elementem ležícím před ním (Middle_interval) interval mezi posledním elementem a tím před ním (End_interval) (tab.11). Parametry, které vysoce korelovaly s ostatními parametry, byly z analýzy vyřazeny: frekvenční modulace prvního elementu (FM_el1), délka konečného elementu (End_el_Duration), počáteční frekvence středního elementu (Middle_el_StartF), počáteční frekvence konečného elementu (End_el_StartF), délka prvního elementu (1_el_Duration).

Tab. 11: Charakteristika akustických parametrů

Parametry	Průměr ± SD	Jednotky
počet elementů	6 ± 2,30	
Middle_el_duration	0,10 ± 0,02	ms
Middle_el_EndF	811,28 ± 74,76	Hz
Middle_interval	0,07 ± 0,01	Ms
1_el_Duration	0,08 ± 0,04	Ms
1_el_StartF	761,49 ± 80,49	Hz
1_el_EndF	787,15 ± 70,32	Hz
1_Interval	0,08 ± 0,02	Ms
End_el_endF	810,30 ± 71,49	Hz
End_interval	0,07 ± 0,02	Ms

Výsledný model DFA (wilkinson Lambda < 0,001) zahrnuje 11 akustických charakteristik: počet elementů (NuE), frekvenční modulace středního elementu (FM_el_midle), frekvenční modulace posledního elementu (FM_end_el), délka středního elementu (Middle_el_duration), počáteční frekvence prvního elementu (1_el_StartF), konečná frekvence prvního elementu (1_el_EndF), konečná frekvence prostředního elementu (Middle_el_EndF), konečná frekvence posledního elementu (End_el_endF), interval mezi prvním a druhým elementem (1_Interval), interval mezi prostředním elementem a elementem ležícím před ním (Middle_interval) interval mezi posledním elementem a tím před ním (End_interval) (Tab.12)

Tab. 12: Korelace akustických parametrů s diskriminačními funkcemi modelu DFA

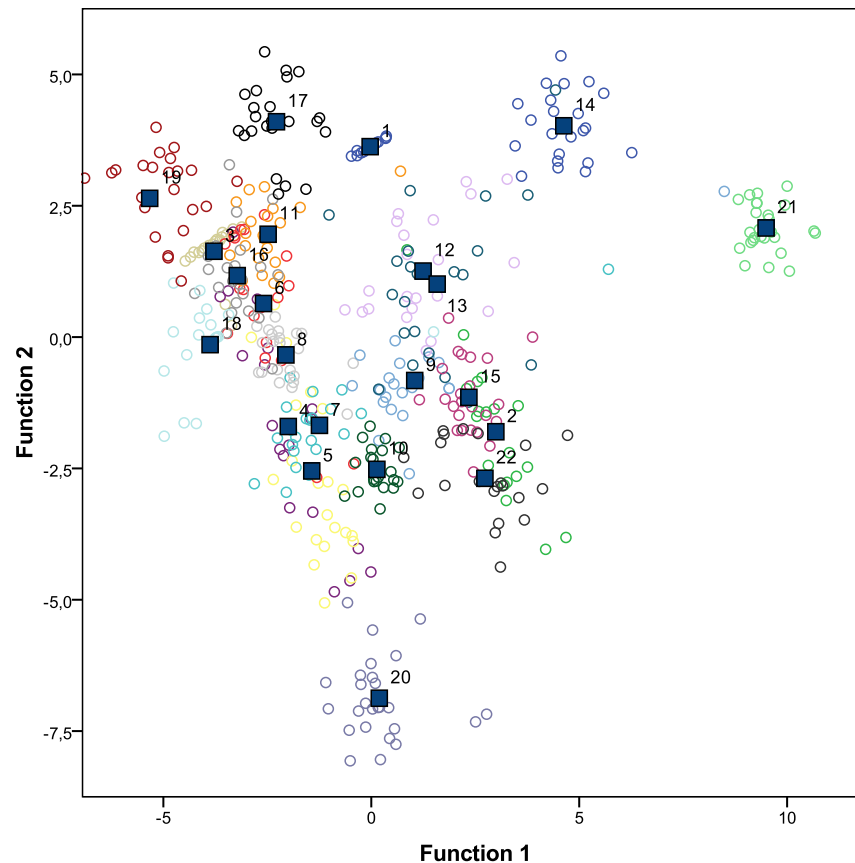
	Funkce										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Middle el. End F	-0,184	0,504	0,063	0,041	0,491	-0,124	-0,136	0,106	-0,402	0,153	-0,485
Nu elements	-0,16	-0,073	,964	-0,029	-0,001	-0,172	0,048	-0,011	0,02	0,026	0,072
1.Interval	0,42	0,095	0,146	0,687	-0,099	0,261	-0,308	-0,327	-0,151	0,068	0,115
Middle el. Dur.	0,584	0,346	0,068	-0,631	-0,14	0,234	-0,038	0,097	-0,156	0,016	-0,165
End.el. End F	-0,198	0,42	0,027	-0,139	0,536	0,268	-0,204	0	0,392	-0,267	0,372
End interval	0,301	0,143	-0,026	0,135	0,068	-0,636	0,074	0,235	-0,151	0,273	0,551
1.el. End F	-0,175	0,381	-0,058	0,227	-0,18	0,399	0,605	0,335	-0,156	0,157	0,225
Middle interval	0,383	0,107	-0,114	0,432	0,113	-0,235	0,495	-0,275	0,419	-0,188	-0,205
(FM end el)+1	0,015	0,041	0,059	0,003	0,54	0,262	-0,178	0,577	0,212	-0,446	0,159
1el.Start F	-0,173	0,318	-0,046	0,108	-0,474	-0,222	-0,319	0,436	0,481	0,144	-0,191
(FM el midle)+1	0,044	0,077	0,057	0,033	0,618	0,146	-0,028	0,117	-0,133	0,629	-0,397

První dvě funkce s eigenvalue větší jak 7, vysvětlují 78 % z celkové variability. První tři funkce s eigenvalue větší jak 2,7 vysvětlují 89 % z celkové variability. Všech jedenáct diskriminačních funkcí bylo vysoce signifikantní ($p < 0,001$) vysvětlovaly 100% variability Tab.13

Tab. 13: Příspěvky jednotlivých diskriminačních funkcí do výsledného modelu DFA

Function	Eigenvalue	% of Variance	Cumulative %	Canonical Correlation
1	12,572 ^a	49,5	49,5	,962
2	7,366 ^a	29,0	78,4	,938
3	2,774 ^a	10,9	89,4	,857
4	1,442 ^a	5,7	95,0	,768
5	,455 ^a	1,8	96,8	,559
6	,379 ^a	1,5	98,3	,524
7	,191 ^a	,8	99,1	,400
8	,100 ^a	,4	99,5	,302
9	,070 ^a	,3	99,7	,256
10	,040 ^a	,2	99,9	,197
11	,026 ^a	,1	100,0	,161

. S první diskriminační funkcí nejvíce koreloval parametr délka středního elementu (Middle_el_duration) ($r=0,58$) a z druhou kanonickou funkcí konečná frekvence prostředního elementu (Middle_el_endF) ($r=0,50$) (Graf 3.).



Graf 3: Série 22 jedinců sýce rousného ($n=22$) v prostoru prvních dvou kanonických os.

Legenda: Každý jednotlivý barevný bod, je jeden celý hlas (série) teritoriálního hlasu sýce rousného, barva kóduje jedince, černý čtverec je centroid s označením čísla jedince

Kanonická analýza DFA vedla k vysoké klasifikační úspěšnosti. Každý jednotlivý hlas (sérii) lze zařadit s 80,7% úspěšnosti ke správnému jedinci.

Klasifikační úspěšnost se pohybovala od 31,6 % do 100 %. Největší klasifikační úspěšnosti (100%) dosáhli jedinci 1,3,10,14,17,20,21 a nejmenší klasifikační úspěšnosti (31,6-45%) dosáhli jedinci 4,5,6.

Následující výsledky testují, zda se sledovaní jedinci signifikantně lišili v konkrétních akustických parametrech.

Celé hlasy (Série elementů)

Celkem bylo testováno 14 akustických parametrů. Sledovaní jedinci sýce rousného se významně lišili ve všech měřených akustických parametrech Kruskal-Wallisova testu: $H(22, N= 488) > 295,8; p < 0,001$.

6 Diskuze

Výsledky studie ukázaly, že u obou studovaných druhů jak u krutihlava obecného (*Jynx torquilla*) tak sýce rousného (*Aegolius funereus*) se vyskytuje vokální individualita v teritoriálním volání. Což znamená, že jejich teritoriální volání potencionálně obsahuje informaci o totožnosti jedince.

U krutihlava byli jedinci distinktní vysokou měrou, správnost klasifikace jedinců při použití diskriminačně funkční analýzy byla 100% při analýze celého teritoriálního hlasu. Velice zajímavé je, že identitu jedince lze rozpoznat s vysokou mírou úspěšnosti (90%) i pouze na základě samotných elementů, obsažených v sérii celého teritoriálního hlasu krutihlava obecného. To je velmi překvapivé, jelikož jednotlivé elementy mají poměrně jednoduchou strukturu. Úspěšnost klasifikace je podobná nebo lehce nadprůměrná ve srovnání s jinými studiemi ptačích druhů: chřástal polní *Crex crex* (100%; Peake et al. 1998), lelek lesní *Caprimulgus europaeus* (99%; Rebbeck et al. 2001), výr velký *Bubo bubo* (98%; Grava et al. 2008), sluka lesní *Scolopax rusticola* (95%; Hoodless et al. 2008). Na nejvyšší možnou klasifikační úspěšnost v analýze celých teritoriálních hlasů má pravděpodobně také vliv menší počet krutihlavů zařazených do analýzy a u některých jedinců i menší počet jednotlivých sérií. Tato skutečnost byla způsobena překrýváním hlasů jiných druhů ptáku se signálem teritoriálního volání krutihlava a vyřazení sousedních jedinců pro možnost záměny. Freeman (2000) zdůrazňuje skutečnost, že zvyšování počtů jedinců ve studii výrazně zvyšuje obtížnost správného zařazení. Ale i přes malou velikost vzorku, data ukazují velké individuální rozdíly v teritoriálním volání krutihlava. Je však třeba zdůraznit, že některé další studie (Delport et al. 2002, Klenova et al. 2009, Grava et al. 2008, Policht et al. 2009) prokázaly vokální individualitu na základě srovnatelné velikosti vzorku.

Při analýze teritoriálního hlasu sýce rousného bylo dosaženo 81% klasifikační úspěšnosti. To jsou srovnatelné výsledky jako při ostatních akustických výzkumech jiných druhů sov např.: kulíšek nejmenší *Glaucidium passerinum* (84%; Galeotti et al. 1993), sovka vánoční *Ninox natalis* (91%; Hill & Lill 1998), výřeček západní *Megascops kennicottii* (92%; Tripp & Otter 2006), výřeček malý *Otus scops* (90%; Galeottii & Sachhi 2001). Naproti analýze krutihlavů obecných, v případě sýce rousného do analýzy vstoupilo více jedinců (22) a na každého jedince připadalo

minimálně 18 sérií. Vedle jedinců, kteří jsou distinktní vysokou měrou (7 jedinců bylo správně klasifikováno ve 100% případů) existují i jedinci s nízkou mírou individuality (3 pouze v 32 až 45 %). Vzhledem k absenci dalších možných dat (příbuznost, kondice atd.) nelze testovat další možné koreláty, které by mohly souviset s různou úrovní individuální distinkce.

Další zajímavou otázkou je zjištění toho, které konkrétní parametry mají největší podíl pro kódování individuální identity. U obou druhů byly testovány různé frekvenčně a časově založené proměnné pro zjištění přítomnosti vokálních rozdílů v akustických signálech. Podobný soubor časově-frekvenčních charakteristik byl použit například při studiu výra velkého *Bubo bubo* (Lengagne 2001), výřečka malého *Otus scops* (Galeotti & Sachhi 2001), jeřába mandžuského *Grus japonensis* (Klenova et al. 2008). U krutihlava obecného korelovala s první diskriminační funkcí nejvíce frekvence na počátku druhé harmonické frekvence na centrálním elementu a s druhou kanonickou funkcí průměrný interval mezi jednotlivými elementy a tyto dvě funkce vysvětlují 83% variability. U sýce rousného byly nejdůležitějšími parametry délka trvání středního elementu a frekvence na konci středního elementu, které nejvíce korelovaly s první a druhou funkcí DFA.

U krutihlava obecného se jeví jako důležitější pro diskriminaci jedinců frekvenční charakteristiky (4 frekvenční ze 7 parametrů použitých při analýze a vysvětlují 72,1% variability) a naproti tomu u sýce rousného byly zásadní časově založené charakteristiky (6 časových z 11, ale funkce se kterými nejvíce korelovaly, vysvětlují 67,7 % variability). Ve studiích vokální individuality se objevují oba typy parametrů. Při studiu lelka lesního *Caprimulgus europaeus* (Rebbeck et al. 2001) byly pro diskriminaci jedinců použity pouze časové charakteristiky. U puštíka obecného *Strix aluco* (Galeotti & Pavan 1991), kde ze souboru devíti proměnných jich bylo osm časově založených, naproti tomu frekvenčně založené proměnné se jeví jako důležitější u jeřába mandžuského *Grus japonensis* (Klenova et al. 2008).

Na to jaké charakteristiky kódují vokální individualitu má vliv i struktura a kontext signálu. A tak je třeba zmínit, že oba dva druhy mají zcela rozdílnou strukturu teritoriálního hlasu. U krutihlava obecného má jeho volání více elementů v podobě tonálních hvizdů, kaskádu harmonických frekvencí a větší frekvenční modulaci v jednotlivých elementech. Naproti tomu volání sýce rousného se skládá z jednodušších elementů tvořících sérií houkání a má pouze jednu harmonickou frekvenci a frekvenční průběh jednotlivého elementu je po celé jeho délce

konstantnější. To potvrzuje Galeotti et al. (1996), který udává, že hlasy sov bývají většinou velice stereotypní a skládající se z jedné nebo několika málo elementů, opakujících se po vlnách v sekvencích trvajících od několika minut až po více než hodinu. Možným vysvětlením vyšší klasifikační úspěšnosti v případě krutihlava může být vyšší míra komplexnosti jak na úrovni celého teritoriálního hlasu, tak na úrovni elementů. Vyšší míra strukturální složitosti, tak poskytuje větší potenciál pro kódování potenciálních informací. To naznačuje i fakt, že jisté rozdíly mezi jedinci krutihlava lze identifikovat i jen na základě vizuálního posouzení spektrogramu.

Struktura akustického signálu je uzpůsobena tak, aby informace obsažené v něm se šířily bez významného zkreslení co nejnadhěji daným prostředím a tím na jak velkou vzdálenost má být informace transportována (Rek & Osiejuk 2011). V neposlední řadě také záleží na sociálním kontextu, v jakém se daný signál vyskytuje např. teritoriální hlas (Hardouin et al. 2006), alarm (Charrier et al. 2001), kontaktní hlas (Policht et al. 2009), hlas rodič-mladě (Jouventin 1999.). Hlasy obou studovaných druhů jsou pravděpodobně také designovány do jisté míry odlišným způsobem v důsledku prostředí. Oba dva druhy mají jiné preference prostředí a nároky na velikost teritoria. Zatímco sýc rousný preferuje především staré vysokokmenné lesy, převážně lesy jehličnaté a smíšené s hnízdní denzitou v obsazených oblastech ČR - obecně několik páru na 5km² (Šťastný et al. 2006). Oproti tomu krutihlav obecný obývá převážně otevřenou krajinu s remízky či okraje řídkých lesů s hnízdní denzitou několika páru na 10ha (Šťastný et al. 2006). Z hlediska šíření signálu se tedy sýc rousný musí vypořádat s hustším porostem a větší propagační vzdáleností. Nízkofrekvenční hlasy mají dlouhé vlnové délky, které jsou více efektivní při pronikání vegetačním pokryvem (Johnsgard, 1988) a jsou vhodné pro dalekonosný signál přes lesní porosty (Wiley & Richards, 1982). A jasně ohraničené mezery mezi elementy mohou minimalizovat dozvuky v husté vegetace (Wiley & Richards, 1982). Tomu odpovídá i naměřený frekvenční rozsah teritoriálního hlasu sýce rousného, který se pohyboval v úzkém nízkofrekvenčním rozsahu od cca 600 Hz do 930 Hz. Naproti tomu se teritoriální hlas krutihlava obecného pohyboval v širokém rozmezí přibližně 1100 Hz do 8500hz.

Samotná přítomnost rozdílu v hlasech jedinců nijak nevysvětluje jak a zda-li tyto rozdíly také využívají a jestli při studii zvolené měřené parametry jsou právě ty, které ptáci dekodují pro individuální rozpoznání. Falls (1982) uvádí, že individuální rozdíly ve struktuře hlasu jsou předpokladem pro rozpoznávání jedinců samotnými

ptáky. Pro zjištění těchto aspektů je nutno provést celou řadu playbackových pokusů (Rendall et al. 1996). Jak využívají ptáci individuální vokálnítu je dobře zdokumentováno u koloniálních ptáků (např. Jouventin et al. 1999, Lengagne et al. 2001, Charrier et al. 2001) a to zvláště v komunikaci mezi rodičem a mládětem. U sov bylo zdokumentováno samotné rozpoznávání jedinců mezi sebou u puštíka obecného *Strix aluco* (Galleoti & Pavan 1993) a sýčka obecného *Athene noctua* (Hardouin et al. 2006) a to u teritoriálních hlasů v kontextu soused-cizinec.

Důležitým faktorem při použití vokální individuality je, do jaké míry jsou případné zjištěné rozdíly mezi jedinci stabilní přes různě dlouhou časovou periodu. Některé studie naznačují, že by se zvláště u sýce rousného mohla z teoretického hlediska vyskytovat a její zkoumání by bylo dalším logickým krokem při studiu vokálně specifických rozdílů u tohoto druhu. Stabilita vokální individuality v časovém rámci dvou hnízdních sezon byla popsána například u teritoriálního volání výra velkého *Bubo bubo* (Lengagne 2001), výřečka malého *Otus scops* (Galeotti & Sacchi 2001), výřečka západního *Megascops kennicotti* (Tripp & Otter 2006) a duetů jeřába mandžuského *Grus japonensis* (Klenova et al. 2009), ale například Puglisi a Adamo (2004) u bukače velkého *Botaurus stellaris* jí nezaznamenali ani v časovém období 14 dnů. Prvotním předpokladem studie bylo jedince nahrávat v časových intervalech u obsazené dutiny a tímto prozkoumat vokální stabilitu alespoň v rámci jedné hnízdní sezony u krutihlava obecného. Ale bez použití barevného značení se to ukázalo jako neproveditelné. Vysoká populační hustota a vokálně aktivní samci i samice zapříčinili nemožnost orientačně identifikovat jedince podle teritoria. Pro příklad se dá uvést, že při odchytu jedinců na playback mimo dny výzkumu, se často do jedné sítě v odpovědi na teritoriální spor chytili až tři jedinci. Naproti tomu je sýce rousný vhodný model pro určení stability akustických individuálních rozdílů využitím jeho teritoriální věrnosti pro identifikaci jedince v důsledku velikosti teritoria a vysoké věrnosti samce teritoriu. Pro nedostatek dat k tomuto účelu, se nedá potvrdit, zda se u sýce vyskytuje stabilita ve vokálně specifických rozdílech. Ale shromážděná data se dají v budoucnu pro tento účel využít.

Vokálně specifická informace se dá využít také jako nástroj neinvazivního značení jedinců a toho lze využít při ochraně druhů a zkoumání dynamiky jejich populací (Klenova et al. 2009). Vokální individualitu využily některé studie pro sčítání jedinců chřástala polního *Crex crex* (Peake & McGregor 2001), výra velkého *Bubo bubo* (Grava et al. 2008) atd. Využití akustické identifikace u sýce a krutihlava

by mohla zpřesnit výsledky sčítání. Tato technika může poskytovat méně zkreslené údaje, než jiné techniky značení (Terry et al. 2005). Nicméně role DFA je v tomto typu studií omezena (Terry et al. 2001) z důvodu nutnosti znát počet jednotlivců vstupujících do analýzy, ale tato omezení mohou být překonána neparametrickou formou DFA (Terry et al. 2005). Pro druhy s noční aktivitou jako je sýc, ale i pro krutihlava, který se často prozradí jen svým vokálním projevem, je tato technika značení zvláště vhodná díky omezenému použití barevného značení. Další její výhodou je její neinvazivní charakter. Barevné a radiotelemetrické značení může negativně ovlivňovat kondici značeného jedince (Menu et al. 2000, Schmutz & Morse 2000) a snížit reprodukční úspěch (Peake & McGregor 2001). Při vypracování správné metodiky může být její využití snadno aplikovatelné pro sčítání a monitoring populace a proti invazivním metodám méně logisticky náročné. Ale tato metoda se potýká i s různými omezeními. Při akustickém značení se pracuje jen s vokálně aktivními jedinci. Vždy se vyskytuje určitá pravděpodobnost, že neznámí jedinci s podobnými akustickými parametry budou chybně identifikováni jako jeden jedinec (Policht et al. 2009), ale zároveň udává, že tento fakt nevylučuje spolehlivé využití této metody. Pravděpodobnost chybné identifikace se rychle zvyšuje s celkovým počtem jedinců zařazeným do analýzy (Freeman et al. 2000, Policht et al. 2009). To není vážný problém v populacích, které nepřesahují desítky (Policht et al. 2009), jak tomu v případě obou zmiňovaných druhů často bývá, alespoň v našich podmínkách. Je třeba tento aspekt brát v potaz při budoucím použití akustického monitoringu.

S ohledem na získané zkušenosti při sběru dat do této studie se sýc rousný jeví jako velice vhodný druh pro většinu forem akustických studií. Akustické značení jako nástroj pro sčítání populace, by se u něj mohl snadno prakticky využít ve větším měřítku. Sýc se snadno nahrává díky dlouhým sekvencím volání, dlouhému dosahu hlasu, časté vokální odpovědi na playback. Navíc během nočního nahrávání je podstatně méně šumu a ostatní druhy ptáků se nekryjí s nahrávaným signálem. Jednou z mála nevýhod je jeho největší vokální aktivita brzy na jaře, kdy atmosférické podmínky nejsou často příhodné (déšť, silný vítr atd.).

Naproti tomu u krutihlava obecného je širší využití vokální individuality jako sčítacího nástroje nepravděpodobné. Krutihlav obecný se špatně nahrává. Bez použití playbacku se nedá často nahrát. Ozývá se sice často, ale sporadicky jednou či několika sériemi a z rozdílných míst. Při použití playbacku někteří jedinci aktivně vokálně odpovídají, ale část jich se jen přiblíží a neodpovídají voláním na teritoriální

spor. Při nahrávání se často jeho signál mísí s ostatními vokálně aktivními druhy (pěnice černohlavá, budníček menší atd.). Ale vzhledem k jeho celoevropskému klesajícímu trendu, jsou všechny data o něm potřebná a při podrobném zaměření na lokální populace by vysoká míra individuální distinkce mohla být využita pro efektivní získávání některých typů biologických dat (interakce sousedních párů, mapování teritorií, habitatový preference).

7 Závěr

Výsledky studie ukazují, že u obou studovaných druhů krutihlava obecného (*Jynx torquilla*) a sýce rousného (*Aegolius funereus*) se vyskytují individuálně specifické rozdíly v jejich teritoriálním volání.

Všech jedenáct jedinců krutihlava obecného, kteří vstoupili do DFA, bylo vysoce distinktních a správnost klasifikace byla 100% při analýze celého teritoriálního hlasu a 90% při analýze, kdy do DFA vstupovaly pouze samostatné elementy hlasu. Na nejvyšší možné klasifikační skóre se může podílet i malý počet jedinců krutihlava vstupující do analýzy. Na diskriminaci jednotlivých jedinců měly největší vliv frekvence na počátku druhé harmonické frekvence na centrálním elementu a interval mezi jednotlivými elementy. Z celkového pohledu u krutihlava obecného byly pro akustické rozlišení jedinců důležitější frekvenčně založené proměnné (72,1 % variability).

U sýce rousného vstoupilo do analýzy 22 jedinců a DFA správně klasifikovala 81% jedinců. U sýce rousného s první diskriminační funkcí nejvíce koreloval parametr délka trvání středního elementu a frekvence na konci středního elementu. Celkovou variabilitu více vysvětlovaly časově založené akustické proměnné a to z 67,7%.

Z pohledu budoucí využitelnosti vokální individuality jako nástroje neinvazivního značení a pro další typy akustických studií se jeví jako vhodnější sýc rousný z důvodu praktičtějšího a méně náročnějšího nahrávání hlasů jedinců. Při případném zjištění časové stability vokálně individuálních rozdílů v budoucích studiích sýce rousného by se tento typ akustického monitoringu mohl obecně rozšířit.

Přínosem této studie je objevení relevantních akustických parametrů pro zjištění akustických rozdílů mezi jedinci krutihlava obecného a sýce rousného. Je pravděpodobné, že budoucí analýzy teritoriálních hlasů těchto druhů nebudou muset měřit všechny akustické parametry použité v této studii. A to z důvodu, že mnoho parametrů buď nevysvětlovalo dostatečně variabilitu v hlasech jedinců, nebo korelovaly s ostatními proměnnými. Vynecháním měření těchto parametrů se může do značné míry ušetřit čas.

Nicméně samotná existence vokální individuality u zkoumaných druhů nenapovídá, jak samotní ptáci tyto rozdíly využívají, jestli v této studii zvolené

měřené parametry jsou právě ty, které ptáci využívají pro individuální rozpoznání mezi sebou a mnoho dalších otázek. Všechny tyto otázky dávají široký prostor pro budoucí akustické studie.

8 Literatura

Aebischer, N. J., Potts, G. R., Coulson, J. C. (1995): Site and mate fidelity of shags (*Phalacrocorax aristotelis*) at two British colonies. *Ibis* 137: 19-28.

Anderson, M. E., Connor, R. N. (1985): Northern Cardinal song in three forest habitats in eastern Texas. *Wilson Bull.* 97: 436-449.

Appleby, B. M., Redpath, S. M. (1996): Variation in the male territorial hoot of the tawny owl (*Strix aluco*) in three English populations. *Ibis* 139: 152–158.

Appleby, B. M., Redpath, S. M. (1997): Indicators of male quality in the hoots of Tawny Owls (*Strix aluco*). *J. Raptor Res.* 31: 65–70.

Aubin, T., Jouventin, P. (2002):How to vocally identify kin in a crowd: the penguin model. *Advances in the Study of Behavior*, 31:243-277.

Beer, C. G. (1979): Vocal communication between laughing gull parents and chicks. *Behaviour*, 70:118–146.

Bee, M., Cook, J. M., Love, E. K., O'Bryan, L. R., Pettitt, B. A., Schrode, K., Vélez, A. (2010):Assessing Acoustic Signal Variability and the Potential for Sexual Selection and Social Recognition in Boreal Chorus Frogs (*Pseudacris maculata*). *Ethology* 116: 564–576.

Bee, M., Kozich, C. E., Blackwell, K. J., Gerhardt, K. (2008):Individual Variation in Advertisement Calls of Territorial Male Green Frogs, *Rana clamitans*: Implications for Individual Discrimination. *Ethology* 107: 65–84,

BirdLife International (2004): **Birds** in Europe: Population estimates, trends and conservation status. Cambridge, UK. Birdlife international.

Blumstein, D. T., Verneyre, L., Daniel, J.C. (2004): Reliability and the adaptive utility of discrimination among alarm callers. *Proceedings of the Royal Society of London Series B* 271:1851-1857.

Bradbury, J. W., Vehrencamp, S. L. (1998): *Principles of Animal Communication*. Sinauer Associates; Sunderland, Massachusetts.

Bretagnolle, V. (1989): Calls of Wilson's storm petrel: function individual and sexual recognitions, and geographic variation. *Behaviour* 111: 98-112.

Brooke, M. D. L. (1978): Sexual differences in the voice and individual vocal recognition in Manx Shearwater (*Puffinus puffinus*). *Animal behaviour* 26:622-629

Brooks, R. J., Falls, J. B. (1975): Individual recognition by song in white throated sparrows. I discrimination neighbors/strangers. *Can. J. Zool.* 53: 879-888.

Castelli, P. M., Trost, R. E. (1996): Neck bands reduce survival of Canada geese in New Jersey. *Journal of Wildlife Management* 60:891-898.

Catchpole, C. K., Slater, P. J. B. (1995): *Bird song: biological themes and variations*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Clark, C. W., Marler, P., Beeman, K. (1987): Quantitative analysis of animal vocal phonology: an application to swamp sparrow song. *Ethology*, 76:105-115.

Collins, K. T., Rogers, T. L., Terhune, J. M., McGreevy, P. D., Wheatley, K. E., Harcourt, R. G.(2005): Individual variation of in-air female 'pup contact' calls in Weddell seals, *Leptonychotes weddellii*. *Behaviour* 142(2): 167-189.

Cramp S., Perrins C. M., Brooks D. J. (1998): *Complete Birds of the Western Palearctic*. CD-ROM version 1.0, Oxford Univ. Press.

Cortopassi, K. A., Bradbury, J. W. (2000): The comparison of harmonically rich sounds using spectrographic cross-correlation and principle coordinates analysis. *Bioacoustics*, 11:89-127.

Delport, W., Kemp, A. C., Ferguson, W. H. (2002): Vocal identification of individual African Wood Owls *Strix woodfordii*: a technique to monitor long-term adult turnover and residency. *Ibis* 144: 30–39.

Dodenhoff, D. J., Stark R. D., Johnson E. V. (2001). Do woodpecker drums encode information for species recognition? *Condor* 103:143–150.

de Villiers, M. S., Meltzer, D. G. A., van Heerden, J., Mills, M. G. L., Richardson, P. R. K., van Jaarsveld, A. S.(1995): Handling-induced stress and mortalities in African wild dogs (*Lycaon pictus*). *Proceedings of the Royal Society of London Series B*, 262:215-220.

DeWolfe, B., Baptista, L. F., Petrinovich, L. (1989): Song development and territory establishment in Nuttall's White-crowned Sparrows. *Condor* 91: 397-407.

Dhondt, A. A., Lambrechts, M. M. (1992): Individual voice recognition in birds. *Trends in Ecology and Evolution* 7: 178-179.

Drdaková, M. (2003): Hnízdní biologie sýce rousného (*Aegolius funereus*) v imisních oblastech Krušných hor. *Sylvia* 39:35-51.

Eakle, W. L., Mannan, R. W., Grubb, T. G.(1989): Identification of individual breeding bald eagles by voice analysis. *J Wildl Manage* 53:450–455.

Eriksen, T. (1999): Booming bitterns (*Botaurus stellaris*): ecology, behaviour and conservation implications. In MSc thesis Copenhagen University, Zoological Institute.

Falls, J. B. (1982): Individual recognition by sounds in birds, In: Kroodsma D. E. and Miller, E. H. (eds.), *Acoustic communication in birds*. Vol. 2. Academic Press, New York.p. 237-278.

Fisher, J., Hammersmidt, K., Cheney, D. L., Seyfarth, M. (2004): Baboon loud calls advertise male quality: acoustic features and their relation to rank, age and exhaustion. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 56: 140-148.

Flynn, L., Nol, E., Zharikov, Y. (1999): Philopatry nest site tenacity and mate fidelity of Semipalmated Plovers. *Avian Biol.* 30: 47-55.

Freeman, P. L. (2000): Identification of individual barred owls using spectrogram analysis and auditory cues. *Journal of Raptor Research* 34: 85-92.

Frommolt, K. H., Goltsman, M. E. & MacDonald, D. W. 2003. Barking foxes, *Alopex lagopus*: field experiments in individual recognition in a territorial mammal. *Animal Behaviour* 65: 509-518.

Fukui, D., Agetsuma, N., Hill, D. A. (2004): Acoustic identification of eight species of bat (*Mammalia: Chiroptera*) inhabiting forests of southern Hokkaido, Japan: potential for conservation monitoring. *Zoological Science* 21: 947-955.

Galeotti, P. (1998): Correlates of hoot rate and structure in male Tawny Owls (*Strix aluco*): implications for male rivalry and female mate choice. *Journal of Avian Biology* 29: 25-32.

Galeotti, P., Pavan, G.(1991): Individual recognition of male Tawny Owls (*Strix aluco*) using spectrograms of their territorial calls. *Ethology, Ecology, and Evolution* 3: 113-126.

Galeotti, P., Pavan, G. (1993): Differential responses of territorial tawny owls *Strix aluco* to the hooting of neighbours and strangers. *Ibis* 135:300-304.

Galeotti, P., Paliadin, M., Pavan, G.(1993): Individually distinct hooting in male pygmy owls (*Glaucidium passerinum*): a multivariate approach. *Ornis Scandinavica* 24: 15–20.

Galeotti, P., Appleby, B. M. & Redpath, S. M. (1996): Macro and microgeographical variations in the hoot of Italian and English tawny owls (*Strix aluco*). It. J. Zool. 63: 57-64.

Galeotti, P., Sacchi, R. (2001): Turnover of territorial Scops Owls (*Otus scops*) as estimated by spectrographic analyses of male hoots. Journal of Avian Biology 32: 256-262.

Galeotti, P., Saino, N., Sacchi, R., Möller, A. P. (1997): Song correlates with social context, testosterone and body condition in male barn swallows. Animal Behaviour 53: 687-700.

Gilbert, G., Tyler, G. A., Smith, K. W. (2002): Local annual survival of booming male great bittern *Botaurus stellaris* in Britain, in the period 1990–1999. Ibis, 144:51-61.

Godard, R. (1991): Long term memory of individual neighbours in a migratory songbird. Nature 350: 228-229.

Grava, T., Mathevon, N., Place, E., Balluet, P. (2008): Individual acoustic monitoring of the European Eagle Owl (*Bubo bubo*). Ibis 150: 279–287.

Gurney, K. (1997): An Introduction to Neural Networks London: UCL Press.

Guyomarc'h, J. C., Aupiais, A., Guyomarc'h, C. (1998): Individual differences in the long-distance vocalizations used during pair bonding in European quail (*Coturnix coturnix*). Ethology Ecology & Evolution 10:333–346.

Hardouin, L. A., Tabel, P., Bretagnolle, V. (2004): Neighbour–stranger discrimination in the Little Owl, *Athene noctua*. Animal Behaviour, 72:105–112.

Hare, J. F. (1998): Juvenile Richardson's grand squirrels *Spermophilus richardsonii* discriminate among individual alarm callers. Animal Behaviour. 55: 451–460.

Hill, F. A. R., Lill, A. (1998): Vocalizations of the Christmas Island Hawk-Owl *Ninox natalis*: individual variation in advertisement calls. *Emu* 8: 221-226.

Hinton, G. E.(1992): How neural networks learn from experience. *Scientific American*: 105-109.

Hoodless, A. N., Inglis, J. G., Doucet, J. P., Aebischer, N. (2008):Vocal individuality in the roding calls of Woodcock *Scolopax rusticola* and their use to validate a survey method. *Ibis* 150: 80–89.

Holschuh, C. (2004): Monitoring habitat quality and condition of Queen Charlotte Saw-whet Owls (*Aegolius acadicus brooksi*) using vocal individuality. M.Sc. Thesis, University of Northern British Columbia, Prince George, British Columbia.

Holschuh, C. I., Otter, K. A. (2005): Using vocal individuality to monitor Queen Charlotte Saw-whet owls (*Aegolius acadicus brooksi*). *Journal of Raptor Research*, 39:134-141.

Hudec K. & Šťastný K. (eds) (2005): Fauna ČR, Ptáci 2/I,a Ptáci 2/II. Academia, Praha.

Hutchison, R. E., Stevenson, J. G., Thorpe, W. (1968): The basis for individual recognition by voice in the Sandwich tern (*Sterna sandvicensis*). *Behaviour*, 32:150–157.

Charrier, I., Jouventin, P., Mathevon, N., Aubin, T. (2001): Individual identity coding depends on call type in the South Polar skua *Catharacta maccormicki*. *Polar Biol.* 24: 378–382.

Janik, V., Sayigh, L.S., Wells, R.S. (2006): Signature whistle shape conveys identity information to bottlenose dolphins. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* 103:8293-8297.

Johnsgard, P. A. (1988): North American Owls: biology and natural history. 1st edition. Smithsonian Institution, Washington D. C.

Jones, I. L., Falls, J. B., Gaston, A. J. (1987): Vocal recognition between parents and young of Ancient Murrelets (*Sythliboramphus antiquus*). *Animal Behaviour* 35: 1405-1415.

Jouventin, P. (1982): Visual and Vocal Signals in Penguins, their Evolution and Adaptive Characters. Berlin: Verlag Paul Parey.

Jouventin, P., Aubin, T. (2002): Acoustic systems are adapted to breeding ecologies: individual recognition in nesting penguins. *Animal Behaviour*, 64:747-757.

Jouventin, P., Aubin, T., Lengagne, T. (1999): Finding parent in a king penguin colony: the acoustic system of individual recognition. *Animal behaviour* 57:1175-1183.

Klenova, A. V., Volodin, I. A., Volodina, E. V. (2008): Duet structure provides information about pair identity in the redcrowned crane (*Grus japonensis*). *Journal of Ethology* 26:317–325.

Klenova, A. V., Volodin, I. A., Volodina, E. V. (2009): Examination of pair-duet stability to promote long-term monitoring of the endangered red-crowned crane (*Grus japonensis*). *Journal of Ethology* 27:401–406.

Kogan, J. A., Margoliash, D. (1998): Automated recognition of bird song elements from continuous recordings using dynamic time warping and hidden Markov models: a comparative study. *Journal of the Acoustical Society America* 103:2185-2197.

Laiolo, P., Vögeli, M., Serrano, D., Tella, J.L. (2007): Testing acoustic versus physical marking: two complementary methods for individual-based monitoring of elusive species. *J Avian Biol* 38: 672–681.

Latruffe, C., McGregor, P. K., Tavares, J. P., Mota, P. G. (2000): Microgeographic variation in corn bunting (*Miliaria calandra*) song: quantitative and discrimination aspects. *Behaviour*, 137: 1241-1255.

Lefevre, K., Gaston, A. J., Montgomerie, R. (2001): Repertoire, structure, and individual distinctiveness of thick-billed murre calls. *The Condor* 103:134-142.

Lengagne, T. (2001): Temporal stability in the individual features in the calls of eagle owls (*Bubo bubo*). *Behaviour* 138:1407–1419.

Lengagne, T., Lauga, J., Aubin, T. (2001): Intra-syllabic acoustic signatures used by the king penguin in parent-chick recognition: an experimental approach. *The journal of experimental biology* 204:663-672.

Lessells, C. M., Rowe, C. L., McGregor, P. K. (1995): Individual and sex differences in the provisioning calls of European bee-eaters. *Animal Behaviour* 49:244-247.

Mathevon, N. (1996): What parameters can be used for individual acoustic recognition by the greater flamingo? *C. R. Acad. Sci. Paris* 319: 29-32.

Mathevon, N., Charrier, I., Jouventin, P. (2003): Potential for individual recognition in acoustic signals: a comparative study of two gulls with different nesting patterns. *C. R. Biologies* 326: 329–337.

McComb, K., Reby, D., Baker, I., Moss, C. & Sayialel S. (2003). Long-distance communication of acoustic cues to social identity in African elephants. *Animal Behaviour* 65:317-329

McCowan, B., Hooper, S. L. (2002): Individual acoustic variation in Belding's ground squirrel alarm chips in the High Sierra Nevada. *Journal of the Acoustical Society of America*: 111:1157-1160.

McGregor, P. K., Thompson, D. B. A. (1988): Constancy and chase in local dialects of the Corn Bunting. *Ornis Scand.* 19: 153-159.

McGregor, P. K., Peake, T. M. (1992): Individually distinct Bittern booms: potential as a census tool. *Bioacoustics* 4: 93-109.

McGregor, P. K., Peake, T. M., Gilbert, G. (2000): Communication behaviour and conservation. In *Behaviour and Conservation* Edited by: Sutherland WJ, Gosling M. Cambridge: Cambridge University Press:261-280.

Menu, S., Hestbeck, J. B., Gauthier, G., Reed, A. (2000): Effects of neck bands on survival of greater snow geese. *Journal of Wildlife Management*, 64:544-552.

Moorhouse, T. P., MacDonald, D. W. J. (2005): Indirect negative impacts of radio-collaring: sex-ratio variation in water voles. *Journal of Applied Ecology*, 42:91-98.

Nimon, A. J., Schroter, R. C., Stonehouse, B. (1995): Heart-rate of disturbed penguins. *Nature* 374:415.

Otter, K. (1996): Individual variation in the advertising call of male Northern saw-whet owls. *Journal of Field Ornithology*, 67: 398-405.

Owens, J. L., Freeberg, T. M. (2007): Variation in chick-a-dee calls of tufted titmice, *Baeolophus bicolor*: Note type and individual distinctiveness. *The Journal of the Acoustical Society of America* 122:2, 1216.

Peake, T. M., McGregor, P. K. (2001): Corncrake *Crex crex* census estimates: a conservation application of vocal individuality. *Animal Biodivers. Conserv.* 24: 81-90.

Peake, T. M., McGregor, P. K., Smith, K. W., Tyler, G., Gilbert, G., Green, R. E. (1998): Individuality in Corncrake *Crex crex* vocalisations. *Ibis*, 140:120-127.

Policht, R., Petru, M., Lastimoza, L., Suarez, L. (2009): Potential for the use of vocal individuality as a conservation research tool in two threatened Philippine hornbill species, the Visayan Hornbill and the Rufous-headed Hornbill. *Bird Conservation International* 19:83–97.

Puglisi, L., Adamo, C. (2004): Discrimination of individual voices in male great bitterns (*Botaurus stellaris*) in Italy. *The Auk* 121:541-527.

Rebbeck, M., Corrick, R., Eaglestone, B., Stainton, C. (2001): Recognition of individual European Nightjars *Caprimulgus europaeus* from their song. *Ibis* 143: 468–475.

Ręk, P., Osiejuk, T. S. (2011): No male identity information loss during call propagation through dense vegetation: the case of the corncrake. *Behav. Process.* 86:323–328.

Rendall, D., Rodman, P. S., Emond, R. E. (1996): Vocal recognition of individuals and kin in free-ranging rhesus monkeys. *Anim. Behav.* 51: 1007–1015.

Rendall, D., Owren, M. J., Rodman, P. S. (1998): The role of vocal tract filtering in "identity cueing" in rhesus monkey (*Macaca mulatta*) vocalizations. *Journal of the Acoustical Society Of America* 103 (1): 602-614

Saino, N., Möller, A. P. (1995): Testosterone correlates of mate guarding, singing and aggressive behaviour in male barn swallows, *Hirundo rustica*. *Animal Behaviour.* 49:465-472.

Saino, N., Galeotti, P., Sacchi, R., Möller, A. P. (1997): Song and immunological condition in male barn swallows (*Hirundo rustica*). *Animal Behaviour.* 8:364-371.

Sharp, S. P., Hatchwell, B. J. (2005): Individuality in the contact calls of cooperatively breeding long-tailed tits *Aegithalos caudatus*. *Behaviour.* 142:1559–1575.

Specht, R. (2006): Avisoft-SASLab Pro sound analysis and synthesis laboratory. Berlin:R. Specht.

SPSS (2007). SPSS Statistics Base 17.0 User's Guide [online], (cit. 29 - 2 - 2012). Dostupné z: <http://www.jou.ufl.edu/research/lab/pdf/SPSS-Statistics-Base-Users-Guide-17.0.pdf>

Shy, E. (1985): Individuality in the Mating Calls of the Treefrog *Hyla arborea savignyi*. Amphibia-Reptilia, Volume 6, Number 4: 343-353.

Statistica (2012). Statistica Help [online], (cit. 29 - 2 - 2012). Dostupné z: <http://documentation.statsoft.com/>

Schmutz, J. A., Morse, J. A. (2000): Effects of neck collars and radiotransmitters on survival and reproduction of emperor geese. Journal of Wildlife Management 64:231-237.

Snowdown, C. T., Cleveland, J. (1980): Individual recognition of contact calls by pygmy Marmosets. Animal Behaviour 28:717-727.

Speirs, E. A. H., Davis, L. S. (1991): Discrimination by Adelie penguins, *Pygoscelis adeliae*, between the loud mutual calls of mates, neighbours and strangers. Animal Behaviour, 41:937-944.

Stoddard, P. K. (1996): Vocal recognition of neighbours by territorial passerines. In: Kroodsma, D. E. and Miller, E. H. (eds.). Ecology and Evolution of Acoustic Communication in birds. Cornell University Press, Ithaca.

Stoddard, P. K., Beecher, M. D., Horning, C. L., Campbell, S. E. (1991): Recognition of individual neighbors by song in the song sparrow, a species with song repertoires. Behav. Ecol. Sociobiol. 29:211-215.

Šťastný, K., Bejček, V., Hudec, K. (2006): Atlas hnízdního rozšíření ptáků v České republice. Adventinum.

Terry, A. M. R., McGregor, P. K. & Peake, T. M. (2001): A comparison of some techniques used to assess vocal individuality. *Bioacoustics* 11:169-188.

Terry, A. M. R., McGregor, P. K. (2002): Census and monitoring based on individually identifiable vocalizations: the role of neural networks. *Animal Conservation* 5:103-111.

Terry, A. M. R., Peake, T. M., McGregor, P. K. (2005):The role of vocal individuality in conservation. *Frontiers in Zoology*. 2: 1–16.

Tooze, Z. J., Harrington, F. H., Fentress, J. C. (1990): Individually distinct vocalizations in timber wolves. *Animal Behaviour* 40: 723-740.

Tripp, T. M. (2004): Use of bioacoustics for population monitoring in the western screech owl (*Megascops kennicottii*). M. S. thesis, University of Northern British Columbia, online: <http://web.unbc.ca/~otterk/publications/Tripp2004.pdf>.

Tripp, T. M., Otter, K. A. (2006): Vocal individuality as a potential long-term monitoring tool for Western Screech-owls, *Megascops kennicottii*. *Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie*, 84:744-753.

Tremain, S. B., Swiston K. A., Mennill D. J. (2008). Seasonal variation in acoustic signals of Pileated Woodpeckers (*Dryocopus pileatus*). *Wilson Journal of Ornithology* 120: 499–504.

Vannoni, E., McElligott, A. G. (2007): Individual acoustic variation in fallow deer (*Dama dama*) common and harsh groans: a source-filter theory perspective. *Ethology*, 113:223-34.

Volodin, I. A., Klenova, A. V., Volodina, E. V. (2008): Modeling bioacoustical monitoring through years with captive population of the red-breasted goose. *Casarca (Bull Goose Swan Duck Study Group North Eurasia)* 11:22–46.

Walcott, C., Mager, J. N., Piper, W. (2006): Changing territories, changing tunes: male loons, *Gavia immer*, change their vocalizations when they change territories. *Animal Behaviour* 71:673–683.

Wiley, R. H., Richards, D. G. (1982): Adaptations for acoustic communications in birds: sound transmission and signal detections. In: *Acoustic Communication in Birds* (Ed. by Kroodsma, D. E. & Miller, E. H.), Vol. 1. New York: Academic Press. pp. 131-181.

Williams, J. M., Slater, P. J. B. (1993): Does Chaffinch (*Fringilla coelebs*) song vary with the habitat in which it is sung? *Ibis* 115: 202-208.

Wunderle, J. M. (1979): Differential response of territorial yellowthroats to the songs of neighbors and non-neighbors. *Auk* 95:389-395.

Xia, C., Xiao, H., Zhang, Y. (2010): Individual variation in Brownish-flanked Bush Warbler songs. *Condor* 112:591–595.

Yorzinski, J. L., Vehrencamp, S. L., Clark, A. B., McCowan K. J. (2006): The inflected alarm caw of the American crow: differences in acoustic structure among individuals and sexes. *Condor* 108:518–529.