

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta životního prostředí**

**Katedra ekologie**



**Česká  
zemědělská  
univerzita  
v Praze**

Variabilita ve vokální aktivitě sýce rousného (*Aegolius funereus*): porovnání kvalitativních parametrů třeboňské a krušnohorské populace

**Bakalářská práce**

**Vedoucí práce: doc. Ing. Markéta Zárybnická, Ph.D.**

**Bakalant: Matěj Soukup**

**2022 Praha**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Matěj Soukup

Aplikovaná ekologie

Název práce

**Variabilita ve vokální aktivitě sýce rousného (*Aegolius funereus*): porovnání kvalitativních parametrů třeboňské a krušnohorské populace**

Název anglicky

**Variability in the Boreal Owl (*Aegolius funereus*) vocal activity: comparing qualitative parameters of the Ore Mountains and Trebon populations**

---

### Cíle práce

Hlavním cílem práce je porovnat základní charakteristiky vokálního projevu dvou populací sýce rousného (tj. Krušné hory, Třeboňsko).

Specifické cíle:

- kompletovat, vytřídit a zpracovat nahrávky sýce rousného z Krušných hor a Třeboňska z roku 2015,
- popsat vybrané kvalitativní charakteristiky vokální aktivity (tj. délku a frekvenci hlasového projevu),
- porovnat vokální charakteristiky mezi studovanými populacemi,
- diskutovat výsledky s odbornou literaturou.

### Metodika

Pomocí programu AMSrv student zpracuje nahrávky vokální aktivity (teritoriálního houkání) sýce rousného pořízené na přelomu března/dubna a dubna/května v roce 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku. Student analyzuje zejména délku a frekvenci slabik, které tvoří teritoriální houkání sýce rousného a porovná tyto charakteristiky mezi studovanými populacemi. Vyhodnocení nahrávek a dat bude provedeno v programu Avisoft SASLab Pro a R software.



**Doporučený rozsah práce**

30-40 stran

**Klíčová slova**

vokální aktivita, dialekty, frekvence slabíků, délka slabíků, bioakustický monitoring

---

**Doporučené zdroje informací**

- Appleby B. M., Redpath S. M. 1997. Variation in the male territorial hoot of the Tawny Owl *Strix aluco* in three English populations. *Ibis* 139:152-158.
- Dragonetti M., 2007. Individuality in Scops owl *Otus scops* vocalisations. *The international Journal of Animal Sound and its Recording* Vol. 16 pp. 147-172.
- Drdáková M. 2003. Breeding biology of the Tengmalm s Owl (*Aegolius funereus*) in air-pollution damaged areas of the Krušné hory Mts. *Sylvia* 39: 35-51.
- Galeotti P. R., Appleby B. M., Redpath S. M. 1996. Macro and microgeographical variations in the 'hoot' of Italian and English tawny Owls (*Strix aluco*). *Italian Journal of Zoology* 63:1,57-64. doi:10.1080/11250009609356108
- Korpimäki E, H Hakkarainen. 2012. *The Boreal Owl: ecology, behaviour and conservation of a forest-dwelling predator*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Korpimäki E. 1981: On the ecology and biology of Tengmalm s Owl *Aegolius funereus* in Southern Ostrobothnia and Soumensekkä, western Finland. *Acta Univ. Oul. A* 118. *Biol.* 13: 1-84.
- Odom K.J, Mennill D.J. 2010. A quantitative description of the vocalizations and vocal activity of the Barred owl. *The Condor* 112(3): 549-560.
- Odom K.J., Mennill D.J. 2012. Inconsistent geographic variation in the calls and duets of Barred Owls (*Strix varia*) across an area of genetic introgression. *Auk*. 129. 3. 387-398
- Ševčík R., Riegert J., Šindelář J., Zárbynická M. 2019. Vocal activity of the Central European Boreal Owl population in relation to varying environmental conditions. *Ornis Fennica* 96: 1-12.
- 

**Předběžný termín obhajoby**

2022/23 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

doc. Ing. Markéta Zárbynická, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra ekologie

**Konzultant**

Ing. Richard Ševčík

Elektronicky schváleno dne 7. 3. 2022

**prof. Mgr. Bohumil Mandák, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 8. 3. 2022

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 25. 03. 2022

---

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: *Variabilita ve vokální aktivitě sýce rousného (Aegolius funereus): porovnání kvalitativních parametrů třeboňské a krušnohorské populace* vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V ..... dne .....

.....

## **Poděkování**

Chtěl bych tímto poděkovat vedoucí práce doc. Ing. Markétě Zárybnické, Ph.D. za možnost podílet se na tomto výzkumu, dále také za její podporu, sdílené zkušenosti a celkovou pomoc při vedení této závěrečné práce. Poděkování patří také Ing. Richardu Ševčíkovi za jeho cenné rady a připomínky, spolupráci při výjezdech do terénu a poskytnutí potřebných dat. Děkuji také všem studentům bakalářského a magisterského studia, kteří se podíleli na sběru dat zpracovaných v této závěrečné práci.

## Abstrakt

V roce 2015 byl v České republice proveden monitoring vokální aktivity sýce rousného (*Aegolius funereus*) v rámci dvou studijních oblastí, na Třeboňsku a v Krušných horách. V každé studijní oblasti byly po dvě noci v průběhu hnízdní sezóny rozmístěny nahrávače Olympus DM650. Z pořízených nahrávek byly podle kvality záznamu vytrženy části obsahující teritoriální houkání sýce rousného, které se skládá ze sekvence několika slabik. S pomocí programu Avisoft-SASLab Pro byly individuální slabiky analyzovány a měřeny parametry času (T note, T internote) a frekvence (Fsd, Fsu, Fmd, Fmu, Fed, Feu, Fi). U každého příslušného parametru byla hodnocena individuální variabilita pomocí Kruskal-Wallis testu. Všechny naměřené parametry se signifikantně lišily v rámci monitorovaných jedinců. Dále byla provedena analýza s využitím zobecněných smíšených lineárních modelů (GLMM) pro účely zjištění rozdílu v testovaných parametrech mezi studijními oblastmi a obdobími nahrávání. Analýza neodhalila u žádného ze zkoumaných parametrů signifikantní rozdíl mezi třeboňskou a krušnohorskou populací. U dvou frekvenčních parametrů (Fmd, Fmu) byl zaznamenán rozdíl mezi prvním a druhým obdobím nahrávání. Studie poskytuje vzácné výsledky o absenci dialektu mezi dvěma populacemi sýce rousného, dokládá změny frekvenčních parametrů vokálního projevu v čase a vytváří prostor pro navazující výzkum.

## Abstract

In 2015, monitoring of vocal activity of the Boreal owl (*Aegolius funereus*) was conducted in two study areas (Třeboň and the Ore Mountains) in the Czech Republic. Recorders Olympus DM650 were placed inside each of these two study areas for two nights during the breeding season. Based on the quality of the recording, these audio files were sorted out and parts containing Boreal owl's territorial hoots were selected. Every syllable contained in the territorial hoot of the Boreal Owl was measured using the SASLab Pro software for parameters of time (T note, T internote) and frequency (Fsd, Fsu, Fmd, Fmu, Fed, Feu, Fi). The Kruskal-Wallis test was used to measure individual variation in every parameter mentioned above. All measured parameters showed a significant difference between individuals. In the second part of the statistical analysis, the generalized linear mixed models (GLMM) were used to measure variation of the parameters between the two populations and the two recording periods. This analysis did not show any significant difference between the studied areas in any of the measured parameters. There was a significant difference between the first and the second recording period in two of the frequency parameters (Fmd, Fmu). This study contains rare results of the absence of a dialect in two separate Boreal owl's populations, demonstrates changes in the frequency parameters of vocal expression over time and provides space for further study.

# Obsah

<b>1. Úvod</b> .....	1
<b>1.1 Cíle bakalářské práce</b> .....	2
<b>2. Rešerše</b> .....	3
<b>2.1 Ptačí zpěv</b> .....	3
2.1.1 Jak ptáci produkují zvuk .....	3
2.1.2 Repertoáry a funkce ptačího zpěvu .....	4
2.1.3 Geografická variabilita a dialekty .....	4
<b>2.2 Vokalizace: Pěvci vs noční ptáci</b> .....	5
2.2.1 Pěvci a jak se učí zpívat .....	5
2.2.2 Vokalizace nočních ptáků .....	6
<b>2.3 Bioakustický monitoring</b> .....	6
2.3.1 Zvukový záznam v terénu .....	7
2.3.2 Analýza zvukového signálu .....	7
<b>2.4 Sýc rousný</b> .....	8
2.4.1 Vzhled .....	8
2.4.2 Výskyt .....	9
2.4.3 Potrava .....	10
2.4.4 Vokalizace .....	11
<b>3. Metodika</b> .....	13
<b>3.1 Studijní oblasti</b> .....	13
3.1.1 Třeboňsko .....	13
3.1.2 Krušné hory .....	14
<b>3.2 Monitoring a analýza vokální aktivity sýce rousného</b> .....	18
3.2.1 Monitoring vokální aktivity .....	18
3.2.2 Vyhodnocení parametrů nahrávek .....	18
<b>3.3 Statistická analýza</b> .....	20
<b>4. Výsledky</b> .....	22
<b>4.1 Základní charakteristika naměřených dat</b> .....	22
<b>4.2 Variabilita vokalizace mezi jedinci</b> .....	24
4.2.1. Vokální variabilita v průběhu 1. období .....	24
4.2.2. Vokální variabilita v průběhu 2. období .....	32
<b>4.3 Rozdíly mezi populacemi a obdobími – GLMM</b> .....	39
4.3.1. Rozdíly mezi populacemi (oblastmi) .....	39
4.3.2. Rozdíly mezi obdobími nahrávání .....	39
4.3.3. Rozdíly v interakci mezi populací (oblastí) a obdobími .....	40

4.4.4 Výsledné hodnoty analýzy GLMM.....	41
<b>5. Diskuse.....</b>	<b>42</b>
<b>6. Závěr.....</b>	<b>44</b>
<b>7. Přehled literatury a použitých zdrojů .....</b>	<b>45</b>
<b>8. Přílohy .....</b>	<b>57</b>

# 1. Úvod

Vokální komunikace je jedním z mnoha způsobů přenosu informací u zvířat. Jednotlivé druhy využívají zvuk například k obraně teritoria, navigaci, hledání potravy, lákání partnerů a k dalším sociálním interakcím (Ganey 1990, Odom & Mennill 2010, Bradbury & Vehrencamp 2011). Vokální aktivitu je možné zkoumat pomocí bioakustického monitoringu, který primárně využívá zvukových nahrávek k zjištění přítomnosti druhu na dané lokalitě (Blumstein et al. 2011). Bioakustický monitoring může také sloužit k určení abundance, pohlaví a věku jedinců. U ptáků byla vokální komunikace podrobně popsána, a to především u pěvců (Passeriformes; Thorpe 1958, Podos & Warren 2007, Berwick et al. 2011).

U ptačího zpěvu rozlišujeme makrogeografickou a mikrogeografickou variabilitu (Krebs & Kroodsma 1980, Galeotti et al. 1996). Makrogeografická variabilita může být dána vzdáleností mezi porovnávanými skupinami a také specifickým akustickým prostředím na stanovišti (Marler 1960, Conner 1982, Galeotti et al. 1996). Mikrogeografická variabilita je pozorována především v rámci lokálních populací, které spolu sousedí a kde každá sdílí určitou variantu charakteristického druhového zpěvu („dialekt“; Thielcke 1969, Conner 1982). Studie dialektů se u ptáků doposud zaměřovaly především na pěvce, a to především kvůli jejich schopnosti učit se zpěv od rodičů a ostatních jedinců (Galeotti et al. 1996, Ríos-Chelén et al. 2012). Vokalizace u sov je považována za vrozenou a bez dalšího učení v průběhu života. (Konishi 1985, Catchpole & Slater 2008). Vokální projevy (houkání) sov se často skládají ze sekvencí monotónně opakovaných slabik, které obvykle trvají několik minut, případně i několik hodin (König & Weick 2008). U sov byla zaznamenána geografická variabilita například u puštíka obecného (*Strix aluco*; Galeotti et al. 1996, Shekhovtsov & Sharikov 2015) nebo u sýčka obecného (*Athene noctua*; Exo 1990). V rámci České republiky uslyšíme hlasové projevy sýce rousného (*Aegolius funereus*) nejčastěji v období od února do dubna (Vacík 1991). Teritoriální zpěv sýce obvykle začíná 30–60 minut po soumraku (Korpimäki & Hakkarainen 2012). Podle König & Weick (2008) existují mezi jedinci sýce značné rozdíly v určitých aspektech vokálního projevu, ale regionální dialekty doposud nebyly potvrzeny, a proto jsou předmětem této studie.



## **1.1 Cíle bakalářské práce**

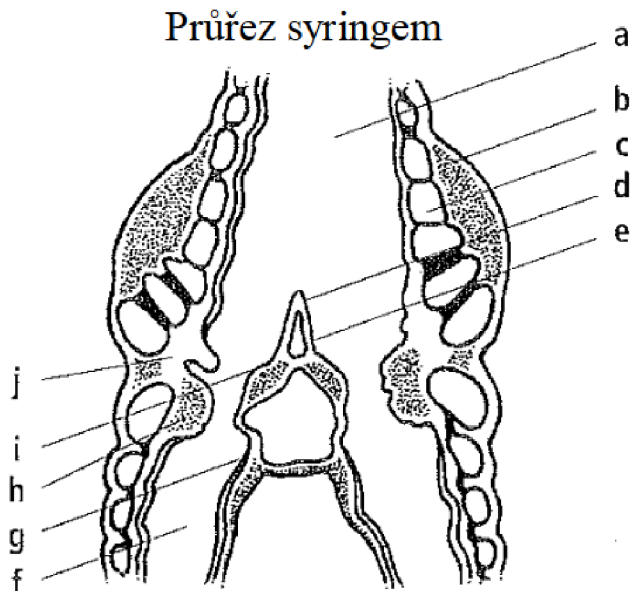
1. Kompletovat, vyřídit a zpracovat nahrávky sýce rousného z Krušných hor a Třeboňska z roku 2015.
2. Popsat vybrané kvalitativní charakteristiky vokální aktivity (tj. délku a frekvenci hlasového projevu).
3. Porovnat vokální charakteristiky mezi studovanými populacemi.
4. Diskutovat výsledky s odbornou literaturou.

## 2. Rešerše

### 2.1 Ptačí zpěv

#### 2.1.1 Jak ptáci produkují zvuk

Zvukové vlny se popisují jako střídavé změny tlaku vzduchu, nebo jiného média (např. vody; Catchpole & Slater 2008). Hlasitost je dána výškou („amplitudou“) zvukových vln a výška tónu závisí na jejich délce. Vlnová délka je měřena v milimetrech jako délka jednoho kompletního vlnového cyklu a počet těchto cyklů za sekundu je označován jako frekvence. Ptáci jsou schopni produkovat zvuk především díky speciálnímu orgánu zvanému syrinx (Obr. 1), který mají umístěný pod hrudní kostí (Nowicki & Marler 1988). Stejně jako hrtan (larynx) u lidí, obsahuje syrinx speciální membrány, které vibrují, když jimi prochází vzduch z plic a vydávají tak zvuk (Catchpole & Slater 2008). Spolupráce syringu s dalšími částmi hlasového ústrojí, jako je hrdlo, hlava a zobák, je zapotřebí k produkci požadovaného zvuku (Nowicki et al. 1992).



Obrázek 1. Řez skrz syrinx (Veselovský 2005).

a – průdušnice, b – zpěvné svaly, c – chrupavčité prstence, d – jazýček, e – trámec, f – průduška, g – vnitřní bubínková blána, h – vnější hlasivkový pysk, i – vnitřní hlasivkový pysk, j – vnější bubínková blána.

### 2.1.2 Repertoáry a funkce ptačího zpěvu

Velké množství studií se shoduje na tom, že dvě nejdůležitější funkce ptačího zpěvu jsou lákání partnerů a odpuzování rivalů (Marler & Slabbekoorn 2004). Nejvyšší aktivita vokálních projevů je u většiny ptáků zaznamenána během období hnízdění (Catchpole & Slater 2008). Druhy mají odlišné repertoáry zpěvů a jejich variabilita se liší i v rámci jednoho druhu (Byers & Kroodsma 2009). Velikost repertoáru je udávána jako počet specifických slabik, které tvoří daný zpěv, nebo jako počet specifických typů zpěvu (Marler & Slabbekoorn 2004). Tyto repertoáry mohly vzniknout jako odpověď na požadavky samic při pohlavním výběru, ale zdali samice preferují samce s větším repertoárem, nebylo doposud definitivně potvrzeno (Marler & Slabbekoorn 2004, Byers & Kroodsma 2009, Robinson & Creanza 2019).

Při samičím výběru může hrát roli i preference určitých slabik, tzv. „sexy slabik“, které jsou náročné na produkci a můžou sloužit jako dobrý ukazatel fitness (Marler & Slabbekoorn 2004). Dále mohou samice upřednostňovat zpěv, který již v minulosti slyšely a je jim povědomý, což by nasvědčovalo preferenci spíše lokálních „sousedů“ před cizími samci, ale výsledky studií v této oblasti jsou nekonzistentní (Slabbekoorn & Smith 2002). Zpěv, jako nástroj na odlákání rivalů, hraje u většiny druhů důležitou roli při obraně teritoria (Krebs et al. 1978). Teritoriální zpěv má tendenci být komplexnější ve své struktuře i projevu a má většinou agresivnější charakter (Catchpole & Slater 2008).

### 2.1.3 Geografická variabilita a dialekty

Variabilita ve vokálním projevu je často spojována se schopností ptáků (především pěvců) učit se vokalizovat pomocí imitace (Podos & Warren 2007). Tato schopnost umožňuje rychlý přenos nových vzorců do struktury vokálního projevu. Souvislost geografické variability a dialektů není zcela jasná (Conner 1982). Studie zabývající se vokální variabilitou u ptáků obecně používají termín dialekt u populací, které spolu sousedí a jejichž křížení je možné. Naopak pojem geografická variabilita je chápána jako rozdíl v rámci vzdálených populací, které se za normálních okolností nesetkají a souvisí s rozdílnými akustickými podmínkami na stanovištích (Marler 1960, Conner 1982). Někdy se tyto pojmy nahrazují termíny „mikrogeografická“ a „makrogeografická“ variabilita, kde mikrogeografická variabilita, stejně jako dialekty, popisuje rozdíly sousedících populací, zatímco makrogeografická variabilita je u populací, které se nesetkají (Krebs & Kroodsma 1980, Galeotti et al. 1996).

Toto pojetí dialektů a geografické variability není jednotné ve všech odvětvích studia zvířecí vokalizace (Conner 1982). U savců se často využívá pojem dialekt v souvislosti s jakýmkoliv konsistentními rozdíly v druhové vokalizaci mezi dvěma populacemi bez ohledu na míru izolace mezi nimi. Povaha geografické variability se liší mezi jednotlivými ptačími taxony (Planqué et al. 2014). Druhy, které se neučí zpěvu v průběhu života, jako jsou sovy, nebo holubi, mohou vykazovat geografickou variabilitu ve spektrálních nebo časových parametrech (Baptista et al. 1983, Appleby & Redpath 1997a). Výsledky týkající se dialektů v rámci sovích populací jsou protichůdné (Galeotti et al. 1996, Appleby & Redpath 1997a).

## **2.2 Vokalizace: Pěvci vs noční ptáci**

### **2.2.1 Pěvci a jak se učí zpívat**

Schopnost učit se zpěvu od ostatních jedinců byla doposud objevena u tří ptačích řádů: svišťouni (Apodiformes), papoušci (Psittaciformes) a pěvci (Passeriformes; Ríos-Chelén et al. 2012). Pěvci se dělí na dva podřády, a to na křikavé (Tyranni), kteří se zpěvu neučí a zpěvné (Passeri), kteří se zpěvu učí od dospělých jedinců. V průběhu evoluce došlo u zpěvných ptáků k mnohem výraznější geografické radiaci než u křikavých, což by podle Ríos-Chelén et al. (2012) mohlo souviset s plasticitou písně, kterou zpěvní ptáci vykazují, a také s jejich schopností učit se vokálnímu projevu během života.

Obecně se proces učení vokalizace u pěvců dá rozdělit do dvou fází: první fáze často začíná v období vylétnutí mláďat z hnízda, kdy jsou juvenilní jedinci více citliví na zpěv dospělých jedinců a snaží se zapamatovat si písně, které slyší (Marler & Slabbekoorn 2004). Druhá fáze je spojena s vývojem individuálně charakteristické verze druhového zpěvu, která je založena na zapamatovaných písních. Na počátku této fáze je takzvaný subsong („podskladba“), který se dá popsat jako prvotní snaha vyprodukovat souvislý zpěv, nicméně slabiky nejsou prozatím jasně definovány (Catchpole & Slater 2008). Tyto prvotní pokusy dále přechází v plastic song („plastická píseň“), který je souvislejší a začíná se podobat typické druhové písni. Plnohodnotný druhový zpěv se poté vyvine během takzvané crystallization phase („fáze krystalizace“).

## 2.2.2 Vokalizace nočních ptáků

Vokální aktivita ptáků se obecně dělí do dvou kategorií: 1) zpěv (nebo píseň), který má komplexní strukturu a je naučený a 2) volání (nebo také houkání), které je jednodušší a je považované za vrozené (Konishi 1985, Catchpole & Slater 2008). Zpěv je vlastností zpěvných ptáků a volání produkují ostatní ptačí řády (Catchpole & Slater 2008). Mezi vědci stále probíhá debata o nejasné hranici mezi těmito dvěma způsoby vokalizace.

Noční ptáci jsou jednou ze skupin, které podle předchozí definice využívají volání jako způsob komunikace. Noční pták je podle Martin (2010) definován jako druh ptáka, který po celý rok provozuje veškerou aktivitu související s životním cyklem během noci. Avšak řády, jako jsou lelkové (Caprimulgiformes) nebo sovy (Strigiformes), tradičně považované za skupiny ptáků s noční aktivitou, mají relativně malý počet druhů, které by skutečně provozovaly veškerou svoji aktivitu pouze během noci (Martin 1986, Martin 2010).

## 2.3 Bioakustický monitoring

S pomocí moderních technologií na poli bioakustického monitoringu máme v dnešní době možnost s velkou přesností rozpoznat, lokalizovat a dále monitorovat vokálně aktivní druhy zvířat (Blumstein et al. 2011). Technologie dálkového záznamu zvuku, společně s následnou analýzou, nám umožňuje nahlédnout do procesů komunikace u komplexních sociálních skupin, určit sezonní variabilitu vokálních projevů a jejich souvislost s akustickými vlastnostmi daného prostředí. Velký význam má bioakustický monitoring u vokálně aktivních druhů, které není možné za použití běžných metod efektivně monitorovat, ať už se jedná o druhy kryptické či ohrožené (Teixeira et al. 2019). Bioakustický monitoring může také ulehčit studium biodiverzity, druhové bohatosti a migračních vzorců u vokálně aktivních druhů (Kvsn et al. 2020).

Jednou z nejpoužívanějších metod zjišťování početnosti populací je bodová metoda, která je založena na manuálním sčítání jedinců na přesně určených bodech po určitou dobu (Volpato et al. 2009). Způsob detekce může být jak vizuální, tak sluchový (Pollock et al. 2005, Volpato et al. 2009). Tuto metodu limitují především chyby ve správném určování druhů a nedostatek odborných pozorovatelů. Jak demonstrovali Celis-Murillo et al. (2009), zvukové nahrávky nám umožňují tyto limitující faktory eliminovat, a mohou tak poskytnout přesnější výsledky v porovnání s bodovou metodou. Bioakustická analýza obecně začíná kolekcí dat v terénu, poté

následuje prvotní třídění a klasifikace, výběr vhodných slabik či vokálních frází a nakonec analýza potřebných parametrů (Blumstein et al. 2011, Kvsn et al. 2020).

### 2.3.1 Zvukový záznam v terénu

Pro záznam zvuku v terénu můžeme využít různé druhy nahrávacích zařízení (Blumstein et al. 2011). Měření druhové bohatosti, kompozice, abundance a základních charakteristik vokálního projevu u ptáků se provádí pomocí jednotek s jedním mikrofonom, které mohou být vybaveny směrovým záznamem zvuku a poskytují tak informace o směru, ze kterého se zvuk ozývá (Haselmayer & Quinn 2000, Ševčík et al. 2019). Stereo mikrofony a systémy s třemi a více mikrofony nám umožňují, na základě rozdílů v časovém zpoždění a intenzitě zvuku, určit relativní polohu jedinců, a usnadnit tak studium vokální individuality a prostorové dynamiky v čase (Blumstein et al. 2011).

Frekvenční rozsah a frekvenční odezva jsou důležitými faktory, které je potřeba při výběru mikrofonu zvážit. Podle frekvenčního rozsahu monitorovaného zvuku je potřeba zvolit mikrofón schopný tyto frekvence zachytit (Obrist et al. 2010). Aby záznam co nejlépe reprezentoval reálný zvuk, je zapotřebí zvolit mikrofón, který nezesiluje ani netlumí určité části frekvenčního spektra a jeho frekvenční odezva je takzvaně „plochá“ (Obrist et al. 2010, Awan et al. 2022).

### 2.3.2 Analýza zvukového signálu

Zvukové nahrávky se dále klasifikují a analyzují pomocí sluchového rozboru, vizuální inspekce spektrogramu nebo za použití programů, které umožňují automatizované měření a klasifikaci jednotlivých parametrů (Blumstein et al. 2011, Kvsn et al. 2020). Měřeny jsou různé frekvenční a časové parametry, jako je doba trvání zvuku, počáteční a koncová frekvence a šířka frekvenčního pásma (Blumstein et al. 2011, Ševčík et al. 2019).

Grafické zobrazení zvuku určeného pro analýzu může být ve formě oscilogramu, který vizualizuje změny akustického tlaku v čase (Obrist et al. 2010, Kvsn et al. 2020). Nejpoužívanější formou zobrazení bioakustického signálu je spektrogram umožňující zobrazení zvukových signálů z několika různých zdrojů, které se v daném čase překrývají (Wolf 2009, Obrist et al. 2010). Často používané programy pro bioakustickou analýzu jsou Avisoft-SASLAB, BatSound, Raven, SeaPro, Seewave, Song Scope a X-Bat (Obrist et al. 2010).

## 2.4 Sýc rousný

### 2.4.1 Vzhled

Sýc rousný (Obr. 2) je drobný predátor z čeledi puštíkovitých s velkou hlavou, žlutýma očima a dlouhými křídly v porovnání s tělem (Korpimäki & Hakkarainen 2012). Typickým je pro sýce šedobílý obličejový závoj, který je u samic často bělejší (Korpimäki & Hakkarainen 2012, Mikkola 2014). Hlavním pohlavním rozdílem je však hmotnost, která je u samic často o 40–60 % větší než u jejich partnerů, zejména v době rozmnožování (Drdáková 2004). Svrchní část těla je tmavohnědá se světlými skvrnami (Kloubec et al. 2015). Spodní část těla je oproti tomu světlá s tmavými skvrnami. Nohy má sýc hustě opeřené s velice ostrými černohnědými drápy na konci prstů (Mikkola 2014). Mladí ptáci nemají bílé skvrnění, jsou čokoládově hnědí s velmi tmavým obličejovým závojem (Drdáková 2004).

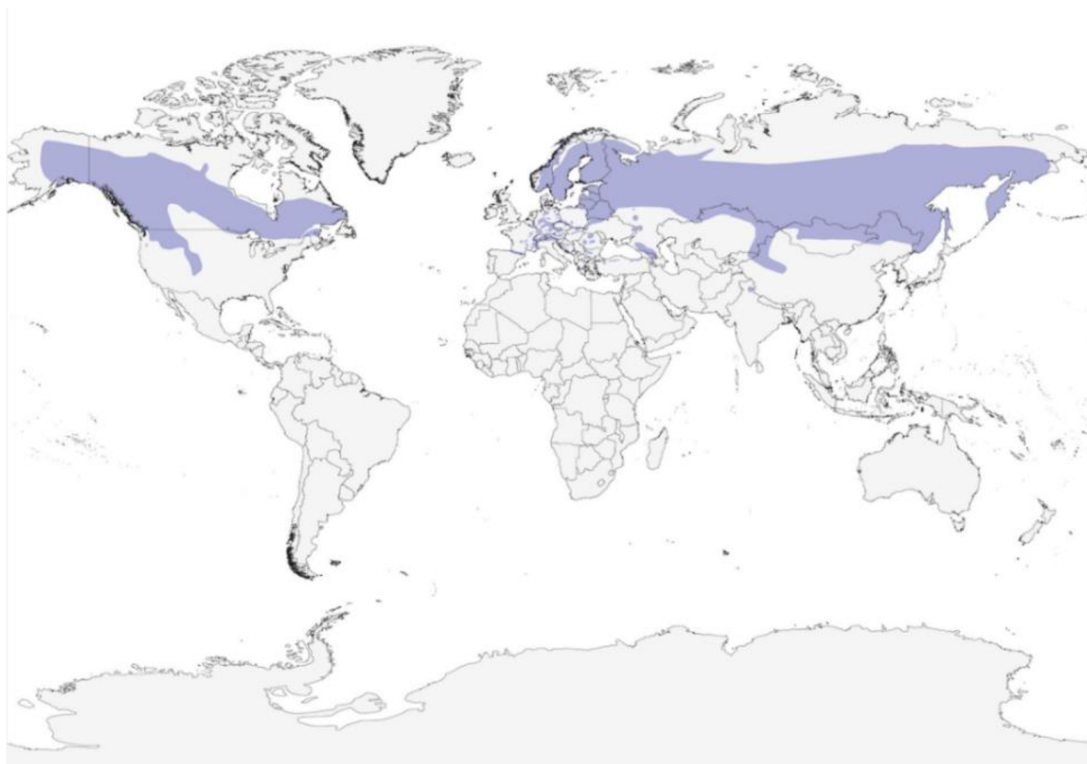


Obrázek 2. Samička sýce rousného v hnízdě (autor: Richard Ševčík).

## 2.4.2 Výskyt

Biotop, ve kterém se sýc rousný nejčastěji vyskytuje, jsou boreální lesy tajgy na severní polokouli, které formují téměř souvislý pás napříč Eurasíí a Severní Amerikou (Obr. 3; Hayward 1994). Roztroušené evropské populace sýce sahají na jih od Pyrenejského pohoří, Alp a pohoří Kavkaz a dále v Asii podél Tarbagatai, pohoří Tien Shan a Zervshan. Podle König & Weick (2008) se sýc rousný řadí do pěti poddruhů, z nichž *Aegolius funereus magnus*, *A. f. funereus*, *A. f. pallens* a *A. f. caucasicus* jsou euroasijské poddruhy a *A. f. richardsoni* jako jediný zastupuje poddruhy severoamerické.

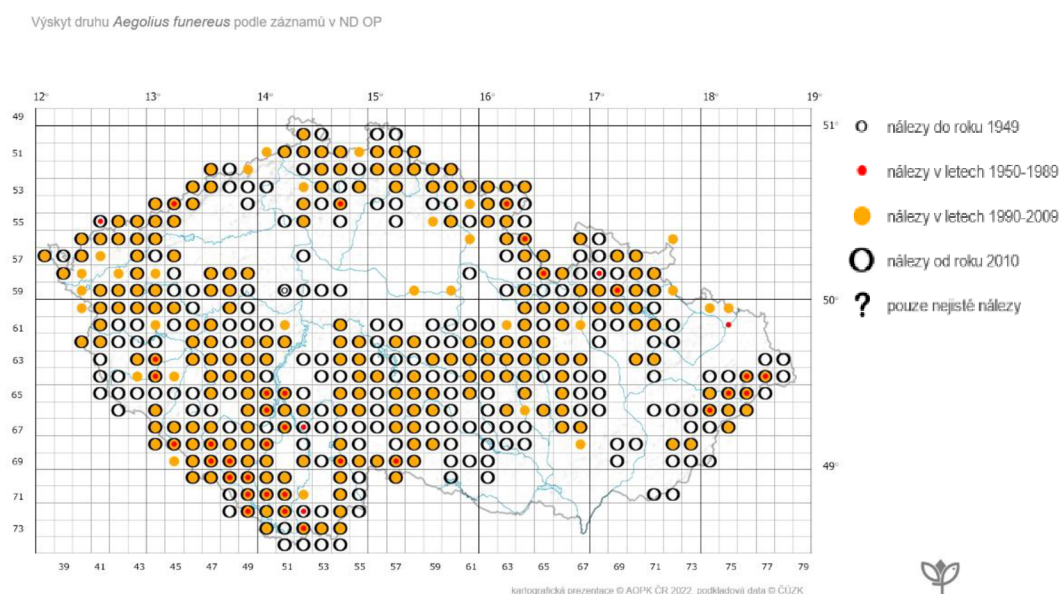
V Evropě se nejpočetnější populace nachází ve Finsku, Švédsku, Norsku, Rusku a Bělorusku (Poprach 2009). V rámci těchto severních populací byly pozorovány až 1000 km dlouhé migrace, které byly vysvětlovány kolísáním početnosti drobných zemních savců, kteří jsou hlavní složkou potravy sýce rousného (Drdáková 2004). Sýc rousný v rámci svého evropského rozšíření přirozeně hnízdí v dutinách nejčastěji po datlovi černém (*Dryocopus martius*), případně po jiném šplhavci (Poprach 2009).



Obrázek 3. Mapa výskytu sýce rousného ve světě (Hayward & Hayward 2020).



V České republice, stejně jako v jiných evropských zemích, dlouhodobě dochází ke snižování dostupnosti primárních a sekundárních dutin, a to především v pohraničních imisních oblastech. V těchto oblastech jsou často vyvěšovány budky jako náhradní hnízdní příležitosti, které sýc hojně využívá (Drdáková 2004, Korpimäki & Hakkarainen 2012, Zárybnická 2016). V ČR sýc rousný preferuje jehličnaté a listnaté lesy ve vyšších nadmořských polohách (Drdáková 2004, Ševčík et al. 2021). Osídluje však také souvislé jehličnaté lesy nižších poloh (např. Třeboňsko) a smíšené listnaté lesy, v rámci kterých upřednostňuje bučiny (Obr. 4; Šťastný et al. 2006, Zárybnická 2016).



Obrázek 4. Mapa výskytu druhu *Aegolius funereus* v ČR dle záznamů z ND OP (Autor: AOPK ČR ©2020).

### 2.4.3 Potrava

Hlavní složkou potravy evropských populací sýce rousného jsou drobní hlodavci (Korpimäki 1988, Zárybnická et al. 2011, Zárybnická et al. 2013). V Severní Evropě to jsou především hraboši rodu *Microtus* (Korpimäki 1988) a ve Střední Evropě doplňují hlavní složky společně s hraboši rodu *Microtus* také myšice rodu *Apodemus* (Zárybnická et al. 2011, Zárybnická et al. 2013). Početnost těchto drobných hlodavců se rok od roku liší (Zárybnická et al. 2013). V době minima hlavní kořisti využívá sýc rousný alternativní zdroje potravy, které tvoří například rejsci obecní (*Sorex araneus*), rejsci malí (*Sorex minutus*), norníci rudí (*Myodes glareolus*) a ptáci (Aves). Sýc rousný loví především potravu pohybující se po zemi, na kterou útočí z vyvýšených míst v lesním prostředí (Kloubec & Obuch 2003). Potravu loví i

nad otevřenými plochami u okraje lesních porostů a hmotnost kořisti, kterou je schopen ulovit, může přesáhnout až 100 g. Potravní nabídka a početnost drobných zemních savců do velké míry ovlivňuje reprodukční úspěšnost, velikost snůšky, rodičovskou péči, velikost domovského okrsku i samotnou vokální aktivitu sýce rousného (Zárybnická et al. 2013, Zárybnická & Vojar 2013, Zárybnická et al. 2015, Kouba et al. 2017, Ševčík et al. 2019).

#### 2.4.4 Vokalizace

Teritoriální houkání sýce rousného se obvykle skládá ze čtyř až devíti (maximálně 20) rychle se opakujících „pu“ nebo „po“ slabik s výškou tónu kolem 0,8 kHz (König & Weick 2008, Korpimäki & Hakkarainen 2012). Hlasitost slabik se během houkání postupně zvyšuje a největší důraz je často kladen na třetí slabiku: „pupupúpupupu“ (König & Weick 2008). Časový interval mezi jednotlivými shluky slabik (houknutími) je nejčastěji okolo 1–5 sekund a je zkracován se zvyšujícím se vzrušením jedince (Korpimäki & Hakkarainen 2012). Tento cyklický zpěv trvá průměrně okolo 20 minut, ale může být prodloužen na dvě až tři hodiny (Korpimäki & Hakkarainen 2012, Mikkola 2014).

Mezi další typy vokální aktivity sýce patří tzv. stutter song („kottavá píseň“), který je vydáván samcem v případě, že se k němu během volání přiblíží samice (König & Weick 2008). Je tvořen časově nepravidelnou sekvencí slabik: „pupupu-pupupu-pupupu...“ Pokud chce samec kontaktovat svoji partnerku, vyprodukuje hluboké „vúd“ nebo „vúd-vúd“, a pokud je samec agresivní, vydá ostré „žak“ připomínající prásknutí bičem.

Vokalizovat mohou i samice sýce rousného (König & Weick 2008). Agresivní samice může, stejně jako samec, vydat ostré „žak“ a jako odpověď na návrat samce do hnízda může samice vyprodukovat několik „sí“ slabik, které mají vysoký tón. O teritoriálním volání samic sýce rousného neexistuje mnoho informací, ale například v případě puštíka obecného, nebo výra virginického (*Bubo virginianus*) je známo, že samice mohou teritoriální volání produkovat (Redpath 1994, Appleby et al. 1999, Odom et al. 2013).

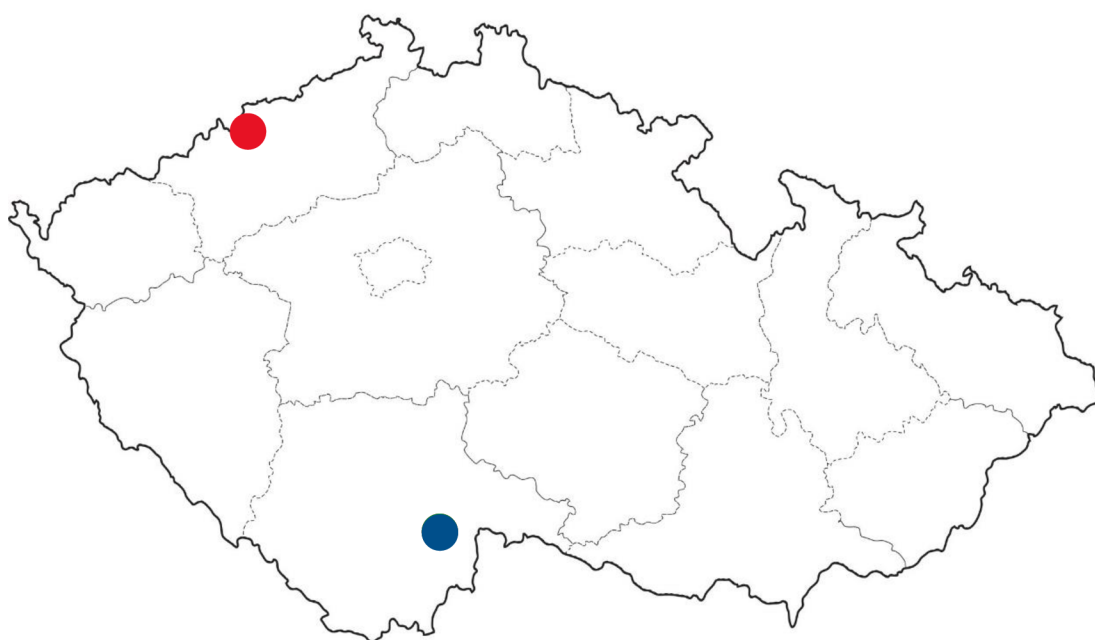
U sýce rousného byla zaznamenána značná geografická variabilita v teritoriálním houkání mezi populacemi v Americe, Evropě a Asii (König & Weick 2008). Individuální variabilita byla zjištěna v délce houknutí, počtu slabik, průměrné délce slabik a v průměrné délce časových intervalů mezi slabikami (König 1968 in Korpimäki & Hakkarainen 2012). Podle König and Weick (2008) nejsou v kvantitativní

sféře vokální aktivity přítomny žádné regionální dialekty, nicméně studie o dialektech nočních ptáků jsou vzácné (Galeotti et al. 1996, Appleby & Redpath 1997a, Shekhovtsov & Sharikov 2015) a u sýce rousného doposud nebyly provedeny.

## 3. Metodika

### 3.1 Studijní oblasti

Monitoring vokální aktivity v roce 2015 probíhal současně na dvou lokalitách v České republice, a to v Krušných horách a na Třeboňsku. Studijní oblast v Krušných horách se nachází na severu Čech jižně od německých hranic v okolí obce Klíny. Druhá studijní oblast leží u hranic s Rakouskem v okolí jihočeského města Třeboň a je součástí CHKO Třeboňsko. Studijní oblasti jsou od sebe vzdálené přibližně 200 km (Obr. 5) a liší se jak v nadmořské výšce, tak ve struktuře habitatu.



Obrázek 5. Poloha studijních oblastí Krušné hory (červeně) a Třeboňsko (modře) v rámci České republiky.

#### 3.1.1 Třeboňsko

První studijní oblast se nachází v CHKO Třeboňsko a rozprostírá se na území o rozloze přibližně 400 km<sup>2</sup> (Ševčík et al. 2022). Vokální aktivita byla v této oblasti zkoumána v roce 2015. Nadmořská výška této oblasti se pohybuje od 400 do 500 m n. m. Klima je zde mírně teplé s průměrnou roční teplotou 7,8 °C (AOPK ČR 2016). Nejchladnějším měsícem je leden s průměrnou teplotou -2,8 °C a nejteplejším měsícem je červenec s 18 °C. Průměrné roční srážky činí 570 mm a nejvíce jich spadne v červenci (94 mm). Lesy zaujímají přibližně 45 % plochy chráněné krajinné oblasti, necelých 30 % je součástí zemědělského půdního fondu a 15 % tvoří vodní plochy. Lesy na tomto území jsou z 54,5 % tvořeny borovicí lesní (*Pinus sylvestris*,

Obr. 6) a z 31,3 % smrkem ztepilým (*Picea abies*, Obr. 6; Zárybnická 2016, Ševčík et al. 2022). CHKO Třeboňsko bylo vyhlášeno v roce 1979 a je jedno z mála CHKO vyhlášených v rovinaté krajině (Kopecký et al. 2014, Hátle 2015, AOPK ČR 2018).



Obrázek 6. Charakteristické biotopy pro studijní oblast Třeboňsko: vlevo – porost smrku ztepilého, vpravo – porost borovice lesní se zmlazením (autor: Bohuslav Kloubec).

### 3.1.2 Krušné hory

Druhá studijní oblast se nachází v imisních oblastech Krušných hor a vokální aktivita zde byla zkoumána v roce 2015. Rozloha studijní plochy je přibližně 150 km<sup>2</sup> a její nadmořská výška je 735 až 956 m n. m. Nejvyšší oblasti Krušných hor zachycují většinu srážek přicházejících ze západu Evropy a vytváří tak srážkový stín pro podkrušnohorské oblasti (Melichar & Krása 2009). Roční úhrny srážek mohou přesáhnout 1000 mm a průměrná teplota kolísá mezi 4–6 °C. Současnou krajinu Krušných hor tvoří zbytky odumřelých smrků pichlavých (*Picea pungens*, 15,4 %, Obr. 7), dále se zde z jehličnatých dřevin vyskytuje smrk ztepilý (26 %) a modřín opadavý (*Larix decidua*; Melichar & Krása 2009, Ševčík et al. 2022). Listnaté stromy zde zastupují staré solitérní buky lesní (*Fagus sylvatica*, Obr. 8), dále také břiza (*Betula* sp.), jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*) nebo olše (*Alnus* sp.). Historický vývoj hrál důležitou roli ve vývoji a uspořádání zdejšího habitatu. Ve 20. století byla původní dřevinná skladba značně poznamenána imisní kalamitou, a to především v 80. letech (Slodičák 2007, Zárybnická 2016). Vysoké koncentrace SO<sub>2</sub> v ovzduší, které zapříčinila intenzivní průmyslová výroba v podkrušnohorských továrnách a elektrárnách, způsobily v období 1978–1987 výraznou kumulaci poškozených porostů, nárůst holin a kolaps mnoha smrkových porostů ve vyšších polohách Krušných hor (Slodičák 2007). To vedlo k úbytku přirozených dutin, které sýc rousný přirozeně využívá k hnízdění (Drdáková 2004). Proto jsou zde od roku 1999 vyvěšovány budky jako alternativa za tyto přirozené dutiny (Příloha 3; Drdáková 2003).

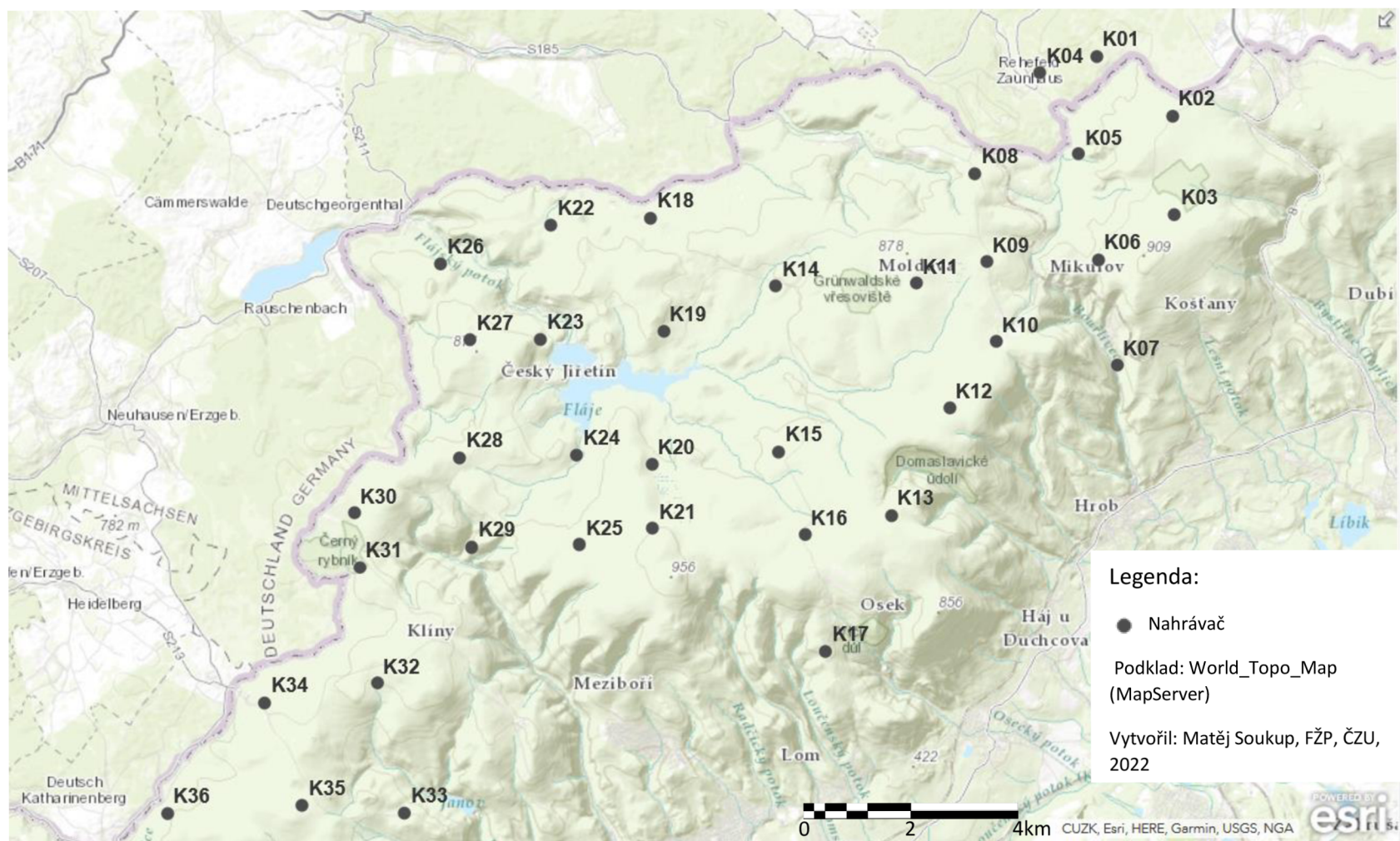




Obrázek 7. Smrky pichlavé jako součást charakteristického habitatu studijní oblasti Krušné hory (autor: Markéta Zářybnická).

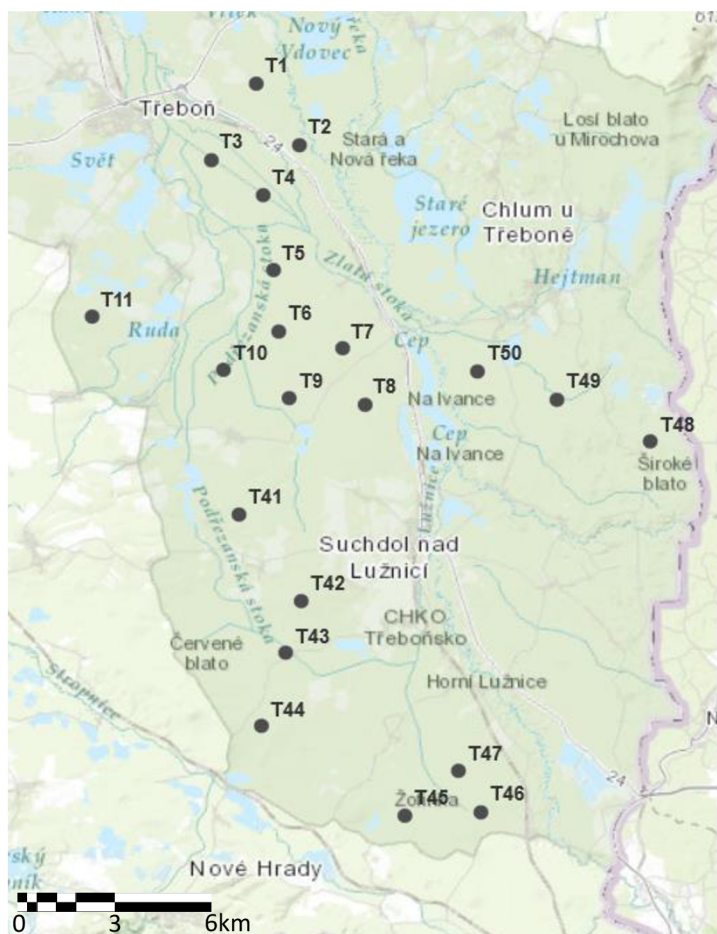


Obrázek 8. Doupné stromy (buk lesní) jako součást charakteristického habitatu studijní oblasti Krušné hory (autor: Markéta Zářybnická).

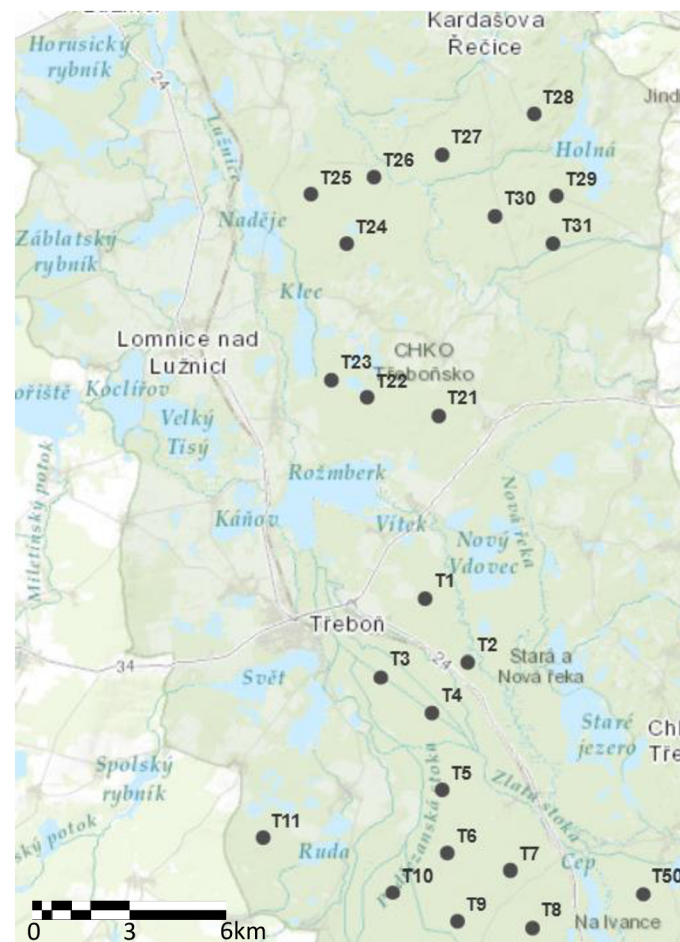


Obrázek 9. Mapa ilustrující studijní oblast a polohu nahrávačů v Krušných horách.





Legenda:  
 ● Nahrávač  
 Podklad:  
 World\_Topo\_Map  
 (MapServer)  
 Vytvořil: Matěj  
 Soukup, FŽP, ČZU,  
 2022



a)

b)

Obrázek 10. Mapy ilustrující polohu nahrávačů v jižní (a) a severní (b) části studijní oblasti Třeboňsko.



## 3.2 Monitoring a analýza vokální aktivity sýce rousného

### 3.2.1 Monitoring vokální aktivity

Vokální aktivita sýce rousného byla v Krušných horách v roce 2015 sledována během dvou období. První sledování proběhlo v období od 23. do 25. března a druhé v období od 27. do 29. dubna. Uvnitř studijní oblasti bylo rozmístěno 36 nahrávačů Olympus DM650 (Obr. 9). Celkově bylo z 36 nahrávacích lokalit v roce 2015 shromážděno 72 nahrávek, přičemž jedna nebyla použita z důvodu technické závady a dalších 11 nahrávek nemohlo být po převedení na spektrogramy (viz kapitola 3.3.2) dále analyzováno z důvodu degradace počasím. Z prvního období bylo pro analýzu použito 34 nahrávek a z druhého 26 nahrávek.

V rámci studijní oblasti Třeboňsko byla vokální aktivita sýce rousného v roce 2015 sledována během dvou období. První sledování proběhlo v období od 7. do 16. dubna a druhé v období od 4. do 25. května. Uvnitř studijní oblasti bylo rozmístěno 32 nahrávačů (Obr. 10). Celkově bylo z 32 nahrávacích lokalit shromážděno 64 nahrávek, přičemž jedna nebyla použita z důvodu technické závady. Z prvního období bylo pro analýzu použito 32 nahrávek a z druhého 31 nahrávek.

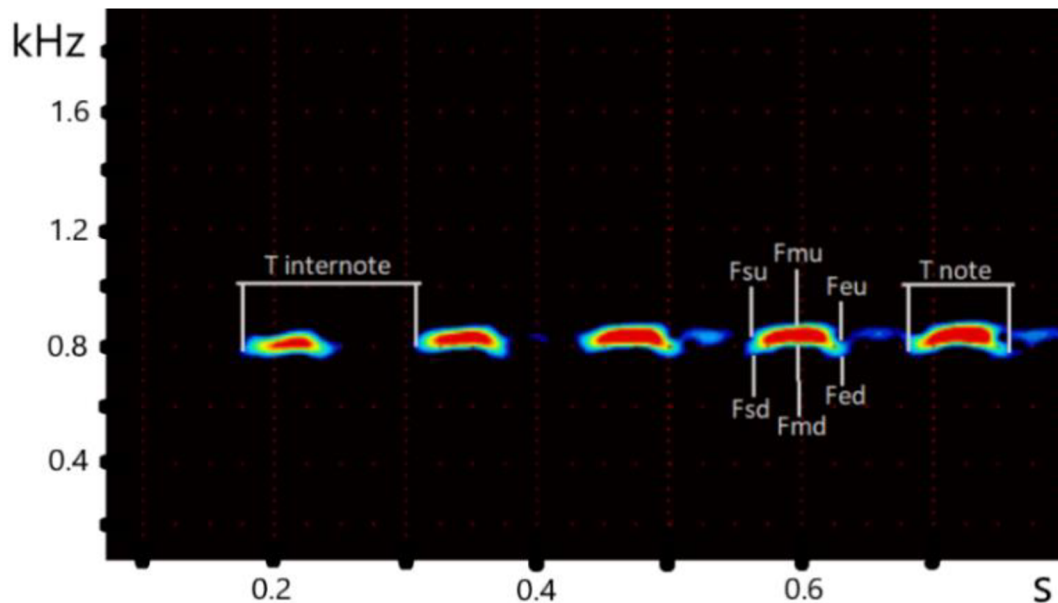
Nahrávače byly v rámci obou studijních oblastí umístěny na kmeny stromů do výšky přibližně 1,5 m nad zemí. V Krušných horách byly nahrávače rozmístěny v pravidelné síti (průměr  $\pm$  směrodatná odchylka)  $2,0 \pm 0,3$  km. Na Třeboňsku byly nahrávače rozmístěny v pravidelné síti  $2,5 \pm 0,6$  km. Nahrávání vždy probíhalo od 20:00 hod. večer do 6:00 hod. ráno.

### 3.2.2 Vyhodnocení parametrů nahrávek

Analýzy vybraných parametrů byly prováděny dle Krátkého (2020). Celkem 134 nahrávek z obou studijních oblastí z roku 2015 bylo převedeno na spektrogramy pomocí programu AMSrv (Savický 2009). Délka zobrazeného spektra byla nastavena na 1 minutu a rozlišení (resolution) bylo nastaveno na 4096 bodů spektra. Horní hranice rozsahu grafu byla zvolena na 3,5 kHz, jelikož jsou hodnoty nad touto hranicí pro danou studii irelevantní. Na nahrávkách byly pomocí programu AMSrv vyhledány hlasové projevy sýce rousného a podle kvality jejich záznamu byly vyselektovány vhodné úseky a uloženy programem AMSrv ve formátu *wma*. Nejdůležitějšími faktory při výběru úseků k další analýze byly síla zvuku a úroveň degradace záznamu způsobená vnějšími podmínkami, jako je déšť, vítr nebo sníh. 11 nahrávek

z Krušných hor nemohlo být v programu AMSrv analyzováno z důvodu degradace počasím. Filtry pro odstranění hluku v pozadí nebyly použity.

Pro měření frekvenčních a časových parametrů byl zvolen program Avisoft-SASLab Pro verze 5.3.00 (Specht 2021). Avisoft-SASLab Pro je německý software schopný analyzovat, editovat, klasifikovat a syntetizovat zvuk. Aby bylo možné uložené úseky dále měřit, bylo nutné jejich převedení z formátu *wma* do formátu *wav*, který je Avisoft-SASLab Pro schopen zpracovat. K tomu byl použit volně dostupný online program [online-convert.com](http://online-convert.com). Pro ideální zobrazení bylo nutné *wav* soubory převzorkovat s pomocí funkce pro konvertování frekvence v Avisoft-SASLab Pro. Audiozáznamy byly konvertovány z původních 44100 Hz na 4000 Hz, přesnost byla nastavena na 256 (edit > format > sampling frequency conversion: from 44100 Hz to 4000 Hz, accuracy 256). Poté bylo v parametrech zobrazení (Overview > display > parameters) u parametru frequency resolution (frekvenční rozlišení) nastaveno: FFT length: 512, Frame (rámeček): 25 %, parametr Window (okno) byl nastaven: Barlett, Color Palette (barevná paleta): colordar.pal, Gradation (gradace): char2.grd. Délka FFT (Fast Fourier Transform) rozděluje šířku frekvenčního pásma podle zvolené FFT délky a tím vytváří FFT rozlišení (tato analýza měla FFT rozlišení 7,8125 Hz). Při měření frekvenčních parametrů byly v rámci každé slabiky u prvních 10 % délky měřeny frekvence Fsd (Frequency start down, dolní počáteční naměřená hodnota frekvence) a Fsu (Frequency start up, horní počáteční frekvence), Fmd (střední dolní frekvence) a Fmu (střední horní frekvence) v 50 % délky slabiky, Fed (konečná spodní) a Feu (konečná horní) v 90 % délky, dále T note (délka slabiky), T internote (doba mezi začátkem slabiky a koncem následující slabiky) a Fi (průměr maximální a minimální naměřené frekvence slabiky; Obr. 11).



Obrázek 11. Vizualní znázornění měřených parametrů zaznamenaných nahrávačem č. 4 v květnu 2015 v CHKO Třeboňsko.

Na ose x je zobrazen čas (délka) vokální aktivity (s). Na ose y je vyobrazena frekvence (kHz). Měřené parametry Fsd, Fsu, Fmd, Fmu, Fed, Feu, T note a T internote jsou měřeny pro každé z pěti vyobrazených houknutí. Obrázek slouží pouze k vizualizaci a neodpovídá skutečnému měření během analýzy.

### 3.3 Statistická analýza

Statistické analýzy byly realizovány v programu RStudio, verze 1.3.1093 (RStudio Team 2020). Analýza naměřených parametrů byla rozdělena do dvou samostatných částí.

První část analýzy testovala, zda se parametry houkání sýce rousného liší mezi jedinci v daném období. Naměřené údaje byly nejprve klasifikovány podle příslušnosti k danému jedinci (nahrávači) a závislou proměnnou byla vždy zvolena naměřená hodnota časové délky (s) nebo frekvence (Hz). Aby byla snížena pravděpodobnost, že budou na jednom nahrávači měřeny parametry dvou rozdílných jedinců, nebo že bude houkání jednoho jedince zaznamenáno na dvou nahrávkách současně, byly záznamy vokalizace z nahrávačů selektovány tak, aby se časově co nejméně překrývaly se záznamy ze sousedních nahrávacích bodů, a nemohlo se tak jednat o záznam volání jednoho jedince na dvou nahrávkách současně. Z tohoto důvodu bylo volání z jednoho nahrávače uvažováno jako volání jednoho jedince. Data byla nejprve otestována na normální rozdělení pomocí Shapiro-Wilk testu. P-hodnota těchto testů byla u všech parametrů menší než 5 %, což naznačovalo, že data neměla normální rozdělení, a proto byl pro testování variability mezi jedinci zvolen Kruskal-Wallis test, který je neparametrickou alternativou tradiční jednocestné ANOVy. Každý příslušný parametr teritoriálního houkání sýce rousného z konkrétního nahrávacího

bodů byl pomocí Kruskal-Wallis testu porovnán se stejným parametrem ostatních nahrávačů (jedinců). Do analýz vždy vstupovaly parametry z jednoho nahrávacího období (2 kontroly). Analýzy byly zopakovány pro každý parametr zvlášť (tj. Fsd, Fsu, Fmd, Fmu, Fed, Feu, Fi, T note a T internote).

Ve druhé části statistické analýzy byly použity takzvané zobecněné smíšené lineární modely (GLMM) s negativní binomickou distribucí závislé proměnné. S pomocí těchto modelů byla v programu RStudio zkoumána míra variability jednotlivých parametrů houkání mezi studijními oblastmi a současně i mezi obdobími nahrávání. Pomocí funkce *lmer* (balíček *Lme4*) bylo vytvořeno devět modelů s hodnotami parametrů Fsd, Fsu, Fmd, Fmu, Fed, Feu, Fi, T note a T internote jako se závislými proměnnými. Studijní oblast (Třeboňsko a Krušné hory), období nahrávání (1. a 2. období) a interakce mezi studijní oblastí a obdobími nahrávání byly zvoleny jako nezávislé proměnné (fixed effects). Daný nahrávací bod vstupoval do analýzy jako random effect (náhodný efekt).

Rozdíl ve vokalizaci krušnohorské a třeboňské populace je v této práci označen jako dialekt po vzoru např. Diblíkové et al. (2019), kteří ve své studii popisují rozdíly ve vokalizaci u populací strnada obecného (*Emberiza citrinella*) v rámci České republiky jako dialekty. Jedinci se v rámci krušnohorské a třeboňské populace mohou přemisťovat, i přes větší vzdálenost mezi nimi, což odpovídá obecné definici dialektů (Conner 1982).

## 4. Výsledky

### 4.1 Základní charakteristika naměřených dat

V tabulkách 1–4 jsou zaznamenány základní hodnoty charakterizující jednotlivé parametry vokální aktivity sýce rousného pro danou studijní oblast v daném období.

<b>KR 2015 1. období</b>	<b>n</b>	<b>Min</b>	<b>Median</b>	<b>Mean</b>	<b>Max</b>	<b>SD</b>
<i>T note</i>	145	0,024 s	0,073 s	0,078 s	0,178 s	0,025 s
<i>T internote</i>	120	0,071 s	0,138 s	0,144 s	0,252 s	0,027 s
<i>Fsd</i>	145	703 Hz	765 Hz	776,7 Hz	875 Hz	37,78 Hz
<i>Fsu</i>	145	742 Hz	812 Hz	823,3 Hz	921 Hz	40,69 Hz
<i>Fmd</i>	145	718 Hz	765 Hz	781,2 Hz	859 Hz	35,1 Hz
<i>Fmu</i>	145	773 Hz	835 Hz	840,8 Hz	929 Hz	36,46 Hz
<i>Fed</i>	145	687 Hz	773 Hz	785 Hz	875 Hz	38,71 Hz
<i>Feu</i>	145	734 Hz	820 Hz	829,2 Hz	929 Hz	41,11 Hz
<i>Fi</i>	145	745,5 Hz	792,5 Hz	807,8 Hz	902 Hz	36,48 Hz

Tabulka 1. Základní charakteristika parametrů vokální aktivity sýce rousného z Krušných hor, zaznamenaných v 1. období roku 2015.

*T note* – délka houknutí, *T internote* – doba mezi začátkem slabiky a koncem následující slabiky, *Fsd* - dolní počáteční naměřená hodnota frekvence, *Fsu* - horní počáteční frekvence, *Fmd* - střední dolní frekvence, *Fmu* - střední horní frekvence, *Fed* - konečná spodní frekvence, *Feu* - konečná horní frekvence, *Fi* - průměr maximální a minimální naměřené frekvence slabiky, *n* – množství vzorků, *Min* – minimální naměřená hodnota, *Median* – hodnota mediánu, *Mean* – průměr, *Max* – maximální naměřená hodnota, *SD* – směrodatná odchylka.

<b>KR 2015 2 období</b>	<b>n</b>	<b>Min</b>	<b>Median</b>	<b>Mean</b>	<b>Max</b>	<b>SD</b>
<i>T note</i>	167	0,024 s	0,078 s	0,079 s	0,177 s	0,022 s
<i>T internote</i>	137	0,088 s	0,15 s	0,15 s	0,206 s	0,022 s
<i>Fsd</i>	167	695 Hz	789 Hz	786,6 Hz	867 Hz	34,6 Hz
<i>Fsu</i>	167	742 Hz	828 Hz	826,2 Hz	906 Hz	34,3 Hz
<i>Fmd</i>	167	718 Hz	804 Hz	795,7 Hz	859 Hz	29,95 Hz
<i>Fmu</i>	167	765 Hz	851 Hz	850,7 Hz	929 Hz	30,24 Hz
<i>Fed</i>	167	703 Hz	796 Hz	792,3 Hz	867 Hz	35,67 Hz
<i>Feu</i>	167	742 Hz	835 Hz	829,1 Hz	898 Hz	35,59 Hz
<i>Fi</i>	167	741,5 Hz	819,5 Hz	816,8 Hz	886 Hz	29,41 Hz

Tabulka 2. Základní charakteristika parametrů vokální aktivity sýce rousného z Krušných hor, zaznamenaných v 2. období roku 2015.

*T note* – délka houknutí, *T internote* – doba mezi začátkem slabiky a koncem následující slabiky, *Fsd* - dolní počáteční naměřená hodnota frekvence, *Fsu* - horní počáteční frekvence, *Fmd* - střední dolní frekvence, *Fmu* - střední horní frekvence, *Fed* - konečná spodní frekvence, *Feu* - konečná horní frekvence, *Fi* - průměr maximální a minimální naměřené frekvence slabiky, *n* – množství vzorků, *Min* – minimální naměřená hodnota, *Median* – hodnota mediánu, *Mean* – průměr, *Max* – maximální naměřená hodnota, *SD* – směrodatná odchylka.

<b>TR 2015 1. období</b>	<b>n</b>	<b>Min</b>	<b>Median</b>	<b>Mean</b>	<b>Max</b>	<b>SD</b>
<i>T note</i>	106	0,027 s	0,08 s	0,082 s	0,169 s	0,033 s
<i>T internote</i>	87	0,0595 s	0,155 s	0,157 s	0,34 s	0,046 s
<i>Fsd</i>	106	710 Hz	812 Hz	804,7 Hz	867 Hz	31,31 Hz
<i>Fsu</i>	106	750 Hz	851 Hz	850,4 Hz	929 Hz	35,35 Hz
<i>Fmd</i>	106	710 Hz	812 Hz	805,2 Hz	890 Hz	32,51 Hz
<i>Fmu</i>	106	773 Hz	867 Hz	861,5 Hz	953 Hz	36,01 Hz
<i>Fed</i>	106	734 Hz	812 Hz	813,2 Hz	898 Hz	33,48 Hz
<i>Feu</i>	106	781 Hz	859 Hz	855,7 Hz	945 Hz	35,42 Hz
<i>Fi</i>	106	757 Hz	835,5 Hz	831,3 Hz	909,5 Hz	32,28 Hz

Tabulka 3. Základní charakteristika parametrů vokální aktivity sýce rousného z Třeboňska, zaznamenaných v 1. období roku 2015.

*T note* – délka houknutí, *T internote* – doba mezi začátkem slabiky a koncem následující slabiky, *Fsd* - dolní počáteční naměřená hodnota frekvence, *Fsu* - horní počáteční frekvence, *Fmd* - střední dolní frekvence, *Fmu* - střední horní frekvence, *Fed* - konečná spodní frekvence, *Feu* - konečná horní frekvence, *Fi* - průměr maximální a minimální naměřené frekvence slabiky, *n* – množství vzorků, *Min* – minimální naměřená hodnota, *Median* – hodnota mediánu, *Mean* – průměr, *Max* – maximální naměřená hodnota, *SD* – směrodatná odchylka.

<b>TR 2015 2. období</b>	<b>n</b>	<b>Min</b>	<b>Median</b>	<b>Mean</b>	<b>Max</b>	<b>SD</b>
<i>T note</i>	114	0,03 s	0,076 s	0,084 s	0,592 s	0,056 s
<i>T internote</i>	98	0,1072 s	0,132 s	0,151 s	0,266 s	0,037 s
<i>Fsd</i>	114	734 Hz	789 Hz	798,6 Hz	875 Hz	30,05 Hz
<i>Fsu</i>	114	781 Hz	851 Hz	851,1 Hz	937 Hz	29,85 Hz
<i>Fmd</i>	114	750 Hz	804 Hz	808,4 Hz	884 Hz	27,07 Hz
<i>Fmu</i>	114	751 Hz	875 Hz	872,8 Hz	945 Hz	27,81 Hz
<i>Fed</i>	114	757 Hz	804 Hz	803,3 Hz	890 Hz	29,27 Hz
<i>Feu</i>	114	804 Hz	859 Hz	858,4 Hz	945 Hz	29,64 Hz
<i>Fi</i>	114	773 Hz	831,5 Hz	834,4 Hz	909,5 Hz	24,8 Hz

Tabulka 4. Základní charakteristika parametrů vokální aktivity sýce rousného z Třeboňska, zaznamenaných v 2. období roku 2015.

*T note* – délka houknutí, *T internote* – doba mezi začátkem slabiky a koncem následující slabiky, *Fsd* - dolní počáteční naměřená hodnota frekvence, *Fsu* - horní počáteční frekvence, *Fmd* - střední dolní frekvence, *Fmu* - střední horní frekvence, *Fed* - konečná spodní frekvence, *Feu* - konečná horní frekvence, *Fi* - průměr maximální a minimální naměřené frekvence slabiky, *n* – množství vzorků, *Min* – minimální naměřená hodnota, *Median* – hodnota mediánu, *Mean* – průměr, *Max* – maximální naměřená hodnota, *SD* – směrodatná odchylka.

## 4.2 Variabilita vokalizace mezi jedinci

### 4.2.1. Vokální variabilita v průběhu 1. období

V průběhu prvního období bylo z 34 analyzovaných nahrávek v Krušných horách a 32 analyzovaných nahrávek na Třeboňsku vyselektováno celkem 21 jedinců (12 z Krušných hor, 9 z Třeboňska) s 251 záznamy pro každý z měřených parametrů (pouze u parametru T internote bylo záznamů 207; Tabulka 5).

#### Nahrávač Počet záznamů Počet záznamů (T internote):

Nahrávač	Počet záznamů	Počet záznamů (T internote):
K_1	15	11
K_9	35	29
K_11	22	18
K_13	14	12
K_14	8	7
K_15	6	5
K_16	7	6
K_25	8	7
K_27	9	7
K_28	8	7
K_29	7	6
K_30	6	5
T_3	14	12
T_4	11	9
T_21	10	8
T_22	20	16
T_23	8	6
T_25	5	4
T_26	20	17
T_30	13	11
T_45	5	4

Tabulka 5. Počet záznamů pro jednotlivé jedince (nahrávače) z prvního nahrávacího období v Krušných horách a na Třeboňsku v roce 2015.

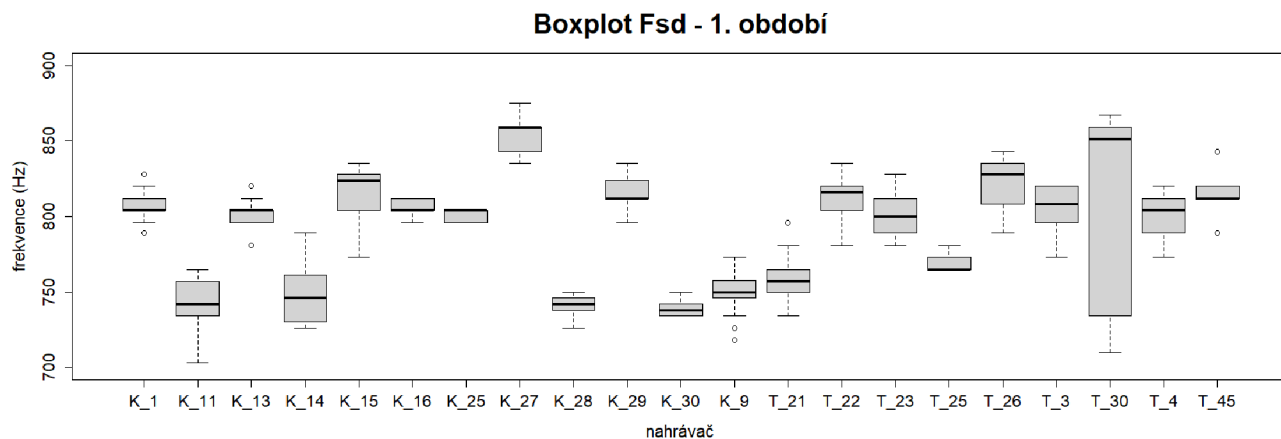
Hodnoty ve sloupci „Počet záznamů“ vyjadřují počet analyzovaných slabik u daného jedince (nahrávače), a tedy i počet záznamů pro jednotlivé parametry T note, Fsd, Fsu, Fmd, Fmu, Fed, Feu, Fi. Ve sloupci „Počet záznamů (T internote)“ jsou zaznamenány hodnoty pro parametr T internote.

## Parametry frekvence – 1. období

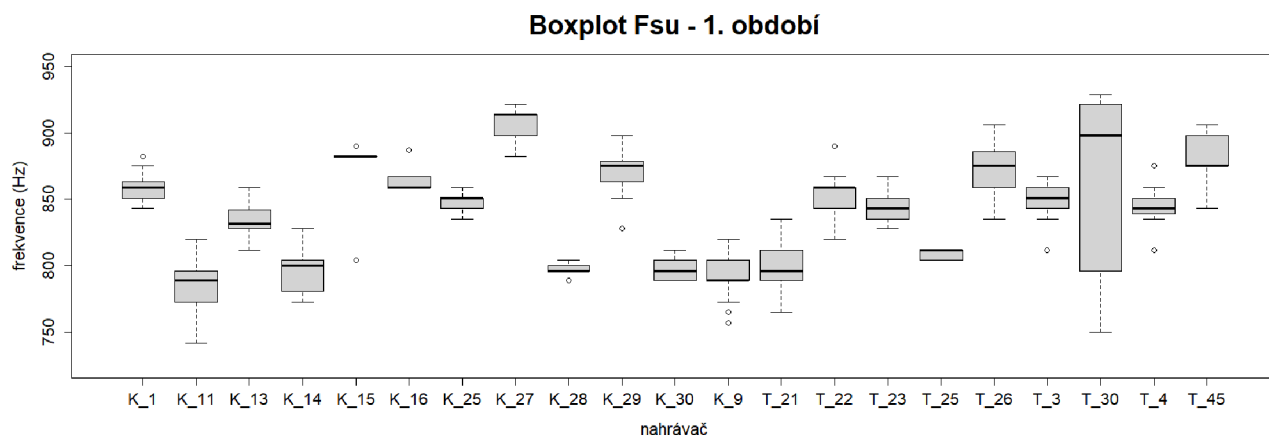
U všech měřených parametrů frekvence (Fsd, Fsu, Fmd, Fmu, Fed, Feu a Fi) popisujících vokální aktivitu sýce rousného v prvním období byl výsledek Kruskal-Wallis testu signifikantní ( $p < 0,05$ ). Parametry se tedy průkazně lišily mezi vokalizujícími jedinci.

Výsledné hodnoty z Kruskal-Wallis testu: **Fsd** ( $p < 2,2e-16$ , Chí = 181,37, df = 20, Obr. 12), **Fsu** ( $p < 2,2e-16$ , Chí = 188,29, df = 20, Obr. 13), **Fmd** ( $p < 2,2e-16$ , Chí = 183,44, df = 20, Obr. 14), **Fmu** ( $p < 2,2e-16$ , Chí = 179,37, df = 20, Obr. 15), **Fed** ( $p < 2,2e-16$ , Chí = 186,55, df = 20, Obr. 16), **Feu** ( $p < 2,2e-16$ , Chí = 189,5, df = 20, Obr. 17), **Fi** ( $p < 2,2e-16$ , Chí = 185,45, df = 20, Obr. 18).

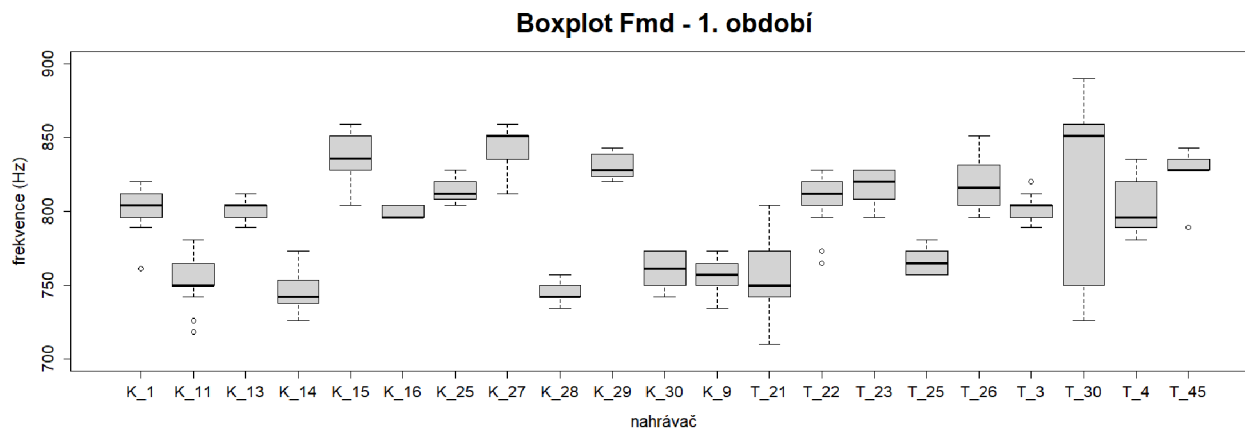




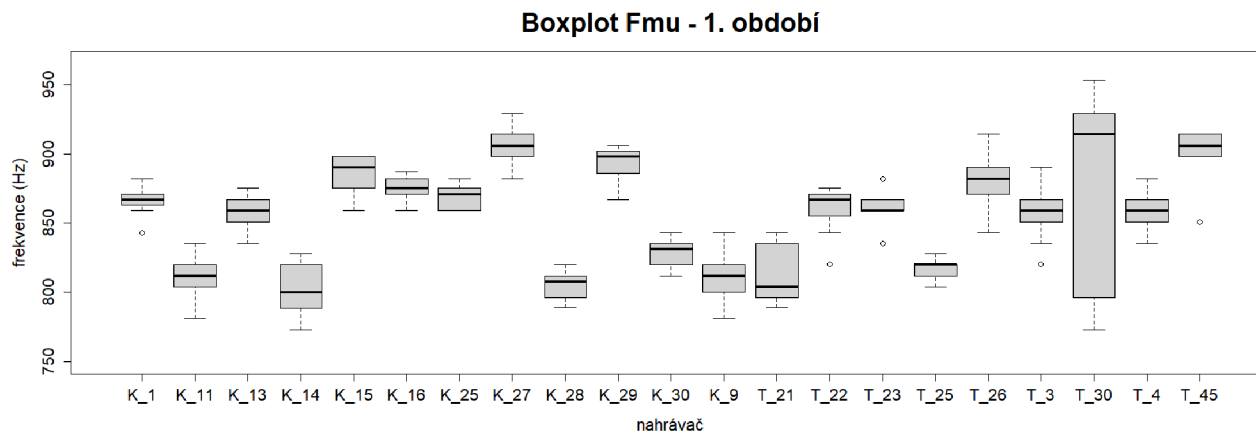
Obrázek 12. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr Fsd zaznamenaných během 1. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku. Zobrazen je medián, minimum, maximum, 25% a 75% kvartily a odlehlé hodnoty pro individuální jedince.



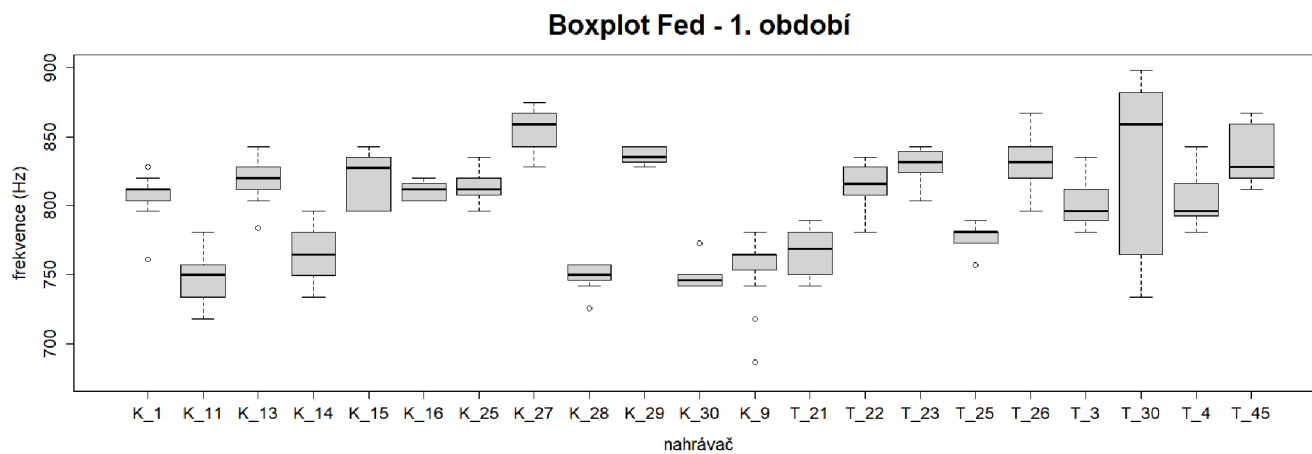
Obrázek 13. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr Fsu zaznamenaných během 1. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku. Zobrazen je medián, minimum, maximum, 25% a 75% kvartily a odlehlé hodnoty pro individuální jedince.



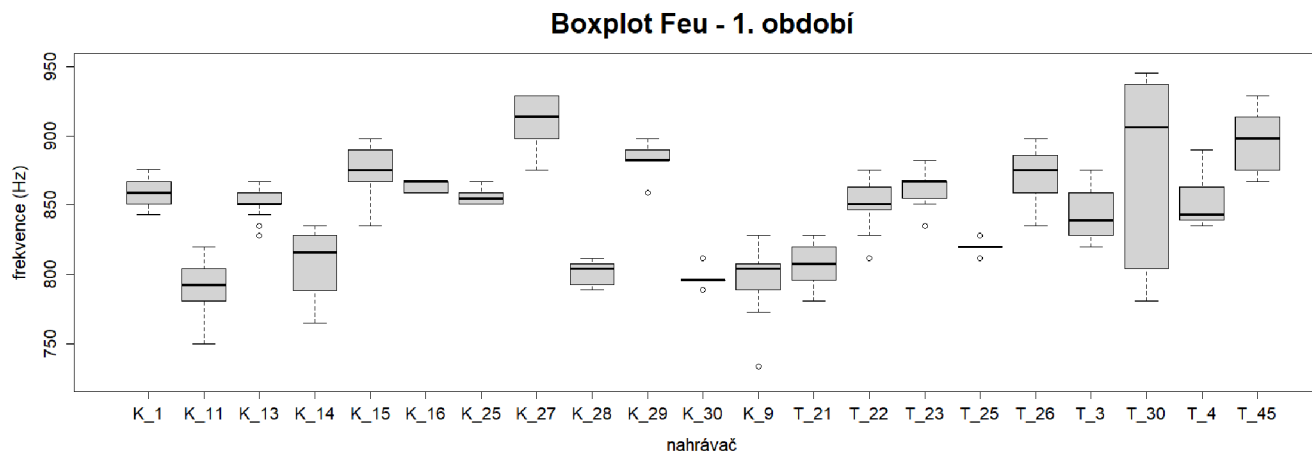
Obrázek 14. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr Fmd zaznamenaných během 1. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třebořsku. Zobrazen je medián, minimum, maximum, 25% a 75% kvartily a odlehlé hodnoty pro individuální jedince.



Obrázek 15. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr Fmu zaznamenaných během 1. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třebořsku. Zobrazen je medián, minimum, maximum, 25% a 75% kvartily a odlehlé hodnoty pro individuální jedince.

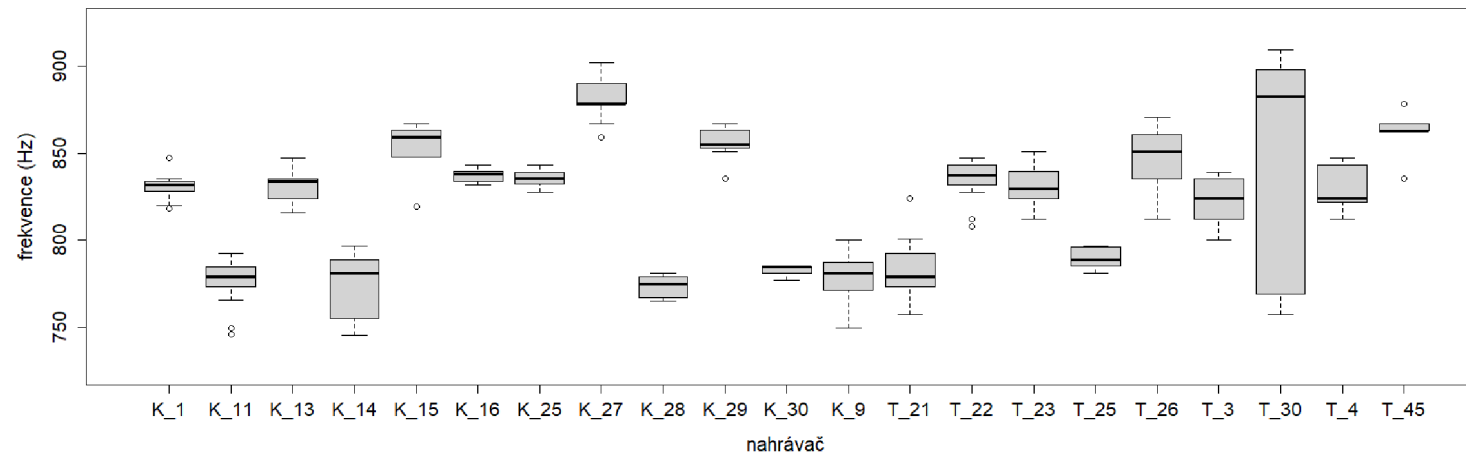


Obrázek 16. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr Fed zaznamenaných během 1. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku. Zobrazen je medián, minimum, maximum, 25% a 75% kvartily a odlehlé hodnoty pro individuální jedince.



Obrázek 17. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr Feu zaznamenaných během 1. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku. Zobrazen je medián, minimum, maximum, 25% a 75% kvartily a odlehlé hodnoty pro individuální jedince.

**Boxplot Fi - 1. období**

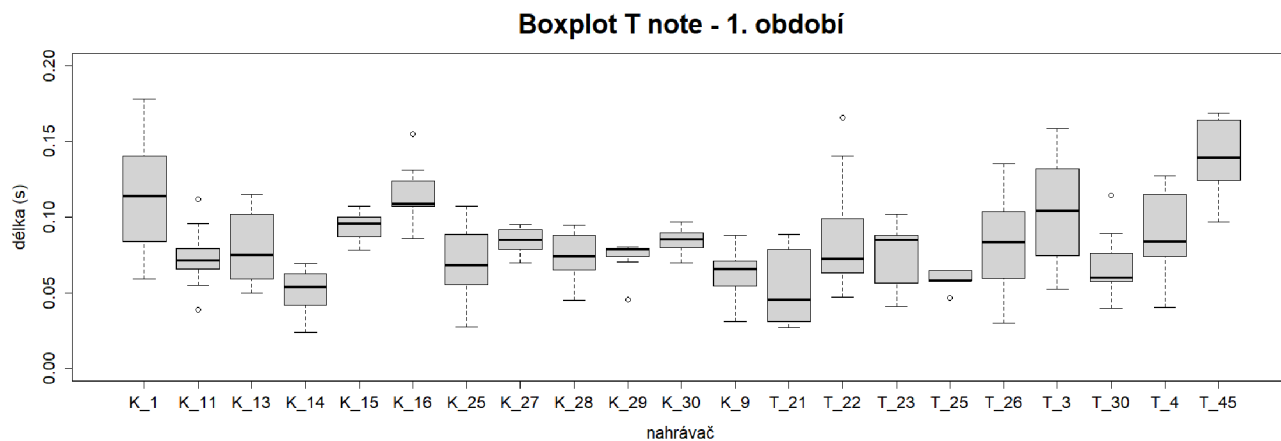


Obrázek 18. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr Fi zaznamenaných během 1. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třebořsku. Zobrazen je medián, minimum, maximum, 25% a 75% kvartily a odlehle hodnoty pro individuální jedince.

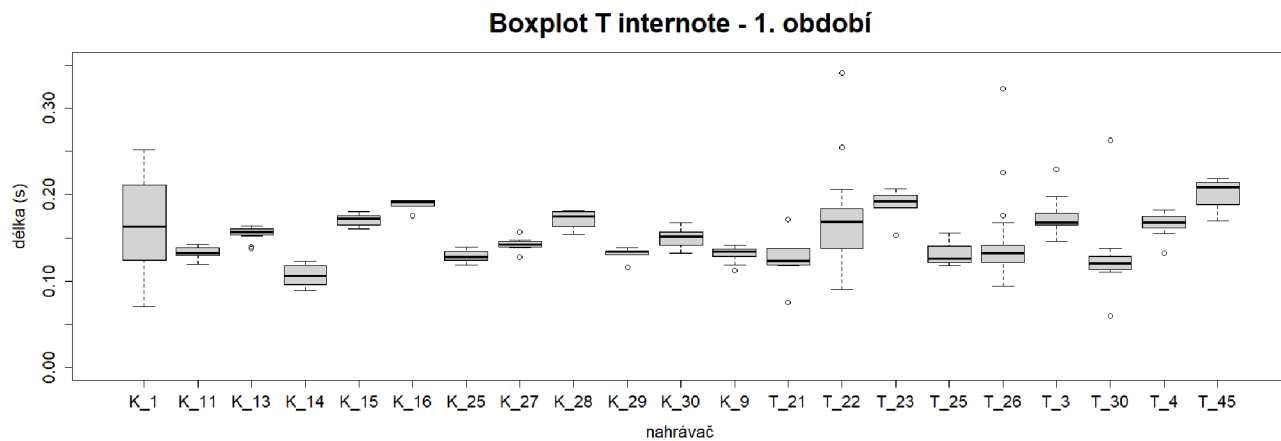
## Parametry délky slabik - 1. období

U obou parametrů T note a T internote byl výsledek Kruskal-Wallis testu signifikantní ( $p < 0,05$ ). Hodnoty těchto časových parametrů z prvního nahrávacího období se průkazně liší mezi vokalizujícími jedinci.

Výsledné hodnoty z Kruskal-Wallis testu: **T note** ( $p = 4,604e-11$ ,  $\text{Chí} = 91,181$ ,  $\text{df} = 20$ , Obr. 19), **T internote** ( $p = 1,243e-14$ ,  $\text{Chí} = 111,09$ ,  $\text{df} = 20$ , Obr. 20).



Obrázek 19. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr T note zaznamenaných během 1. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku. Zobrazen je medián, minimum, maximum, 25% a 75% kvartily a odlehle hodnoty pro individuální jedince.



Obrázek 20. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr T internote zaznamenaných během 1. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku. V rámci boxplotu je zobrazen medián, minimum, maximum, 25% a 75% kvartily a odlehle hodnoty pro individuální jedince.

#### 4.2.2. Vokální variabilita v průběhu 2. období

Ve druhém nahrávacím období bylo z 26 analyzovaných nahrávek v Krušných horách a 31 analyzovaných nahrávek na Třeboňsku vyselektováno 13 jedinců (6 z Krušných hor, 7 z Třeboňska) s 281 záznamy pro každý z měřených parametrů (u parametru T internote bylo záznamů 235; Tabulka 6).

Nahrávač	Počet záznamů	Počet záznamů (T internote):
<i>K_13</i>	55	44
<i>K_15</i>	20	16
<i>K_19</i>	53	45
<i>K_21</i>	27	22
<i>K_25</i>	6	5
<i>K_34</i>	6	5
<i>T_1</i>	16	14
<i>T_3</i>	10	9
<i>T_4</i>	53	47
<i>T_43</i>	3	2
<i>T_44</i>	9	7
<i>T_45</i>	11	9
<i>T_48</i>	12	10

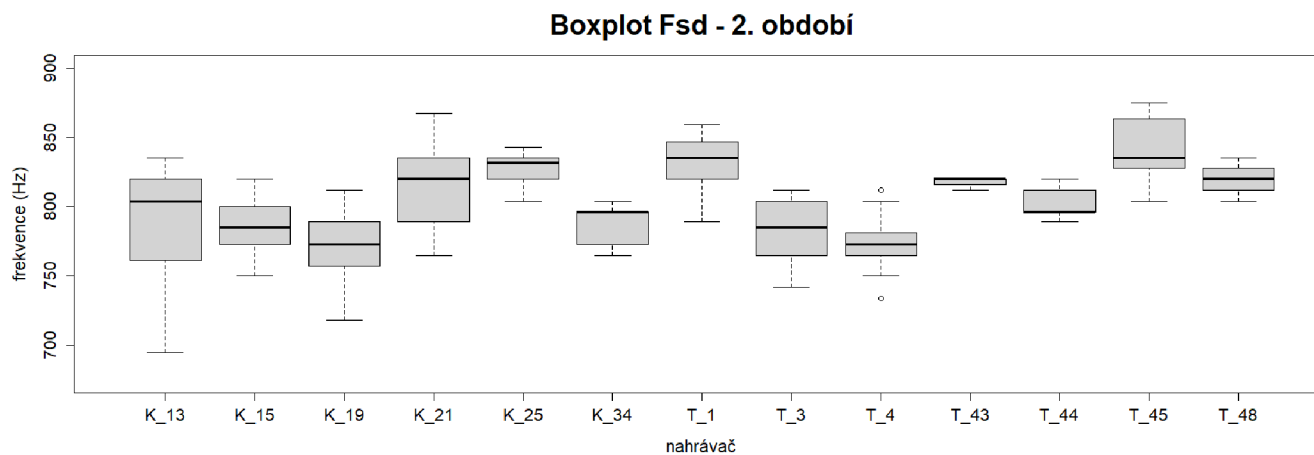
Tabulka 6. Počet záznamů pro jednotlivé jedince (nahrávače) z druhého nahrávacího období v Krušných horách a na Třeboňsku v roce 2015.

Hodnoty ve sloupci „Počet záznamů“ vyjadřují počet analyzovaných slabik u daného jedince (nahrávače), a tedy i počet záznamů pro jednotlivé parametry T note, Fsd, Fsu, Fmd, Fmu, Fed, Feu, Fi. Ve sloupci „Počet záznamů (T internote)“ jsou zaznamenány hodnoty pro parametr T internote.

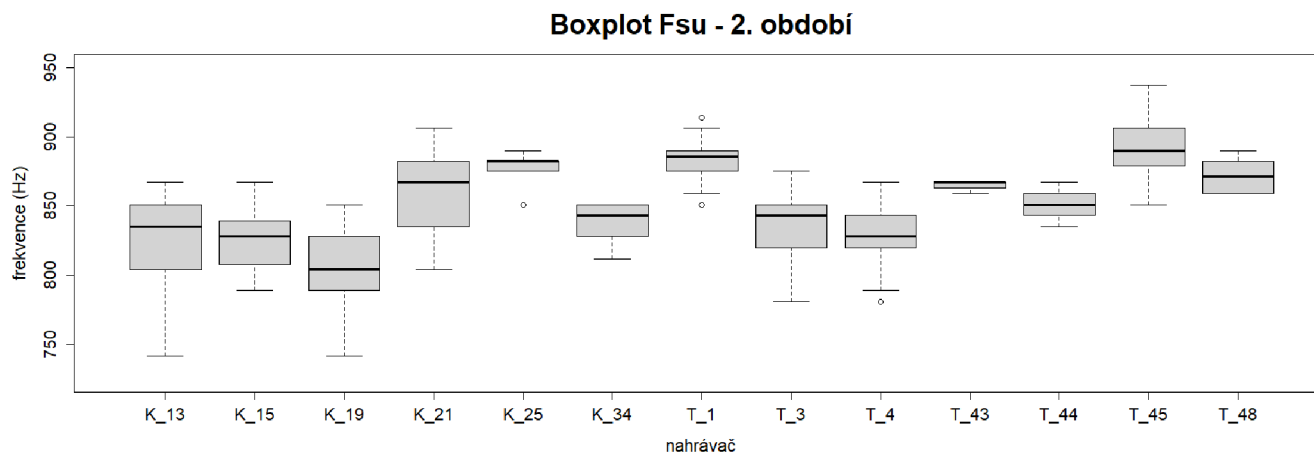
#### Parametry frekvence – 2. období

U všech frekvenčních parametrů (Fsd, Fsu, Fmd, Fmu, Fed, Feu a Fi) popisujících vokální aktivitu sýce rousného v druhém nahrávacím období byl výsledek Kruskal-Wallis testu signifikantní ( $p < 0,05$ ). Parametry se průkazně lišily mezi vokalizujícími jedinci.

Výsledné hodnoty z Kruskal-Wallis testu: **Fsd** ( $p < 2,2e-16$ ,  $\text{Chí} = 128,79$ ,  $\text{df} = 12$ , Obr. 21), **Fsu** ( $p < 2,2e-16$ ,  $\text{Chí} = 152,34$ ,  $\text{df} = 12$ , Obr. 22), **Fmd** ( $p < 2,2e-16$ ,  $\text{Chí} = 169,65$ ,  $\text{df} = 12$ , Obr. 23), **Fmu** ( $p < 2,2e-16$ ,  $\text{Chí} = 164,57$ ,  $\text{df} = 12$ , Obr. 24), **Fed** ( $p < 2,2e-16$ ,  $\text{Chí} = 128,96$ ,  $\text{df} = 12$ , Obr. 25), **Feu** ( $p < 2,2e-16$ ,  $\text{Chí} = 151,2$ ,  $\text{df} = 12$ , Obr. 26), **Fi** ( $p < 2,2e-16$ ,  $\text{Chí} = 168,57$ ,  $\text{df} = 12$ , Obr. 27).

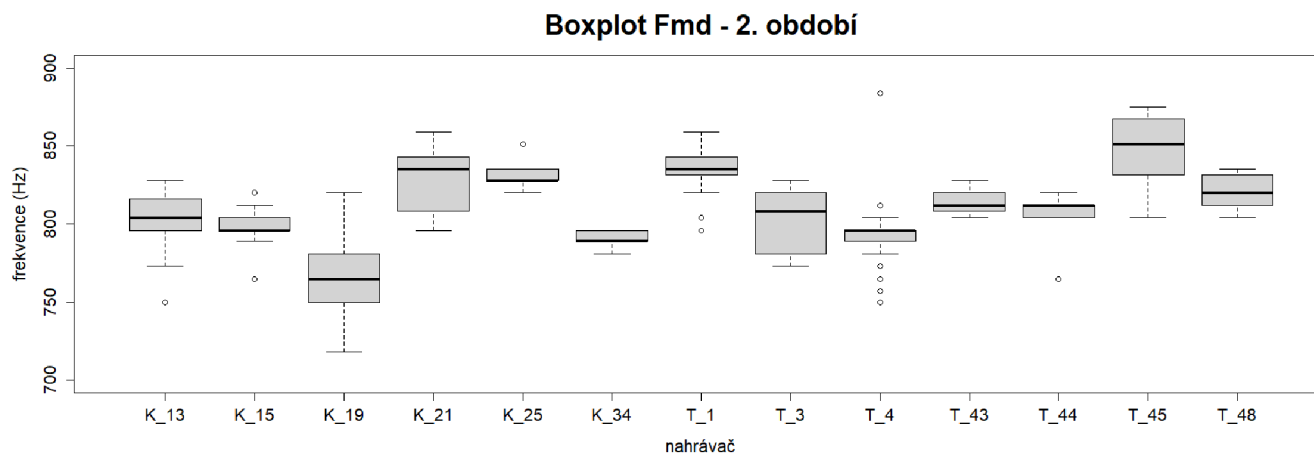


Obrázek 21. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr Fsd, zaznamenaných během 2. nadržovacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku. Zobrazen je medián, minimum, maximum, 25% a 75% kvartily a odlehlé hodnoty pro individuální jedince.

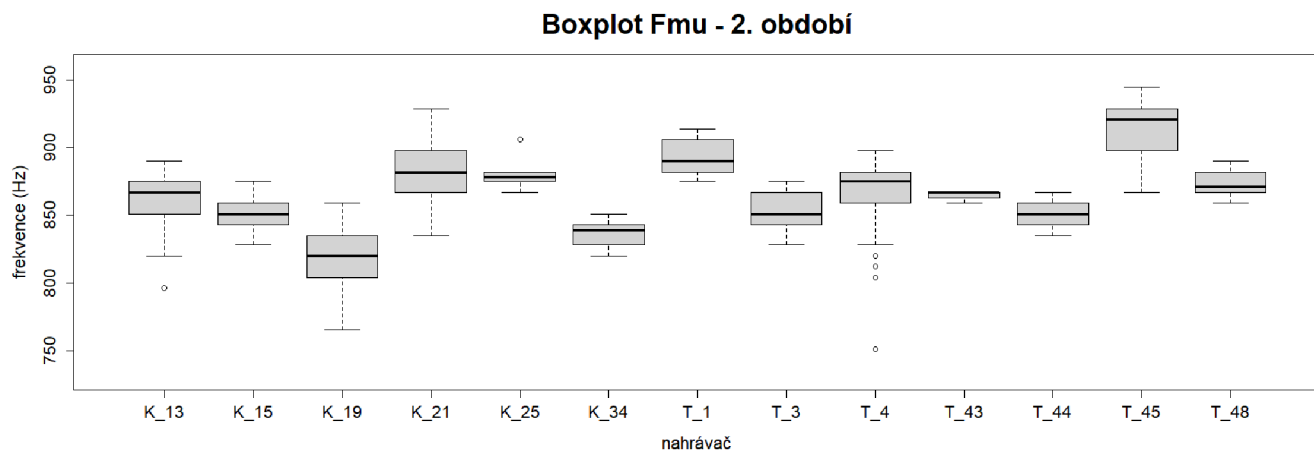


Obrázek 22. Variabilita hodnot mezi jedinci (nadržávači) pro parametr Fsu, zaznamenaných během 2. nadržovacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku. Zobrazen je medián, minimum, maximum, 25% a 75% kvartily a odlehlé hodnoty pro individuální jedince.

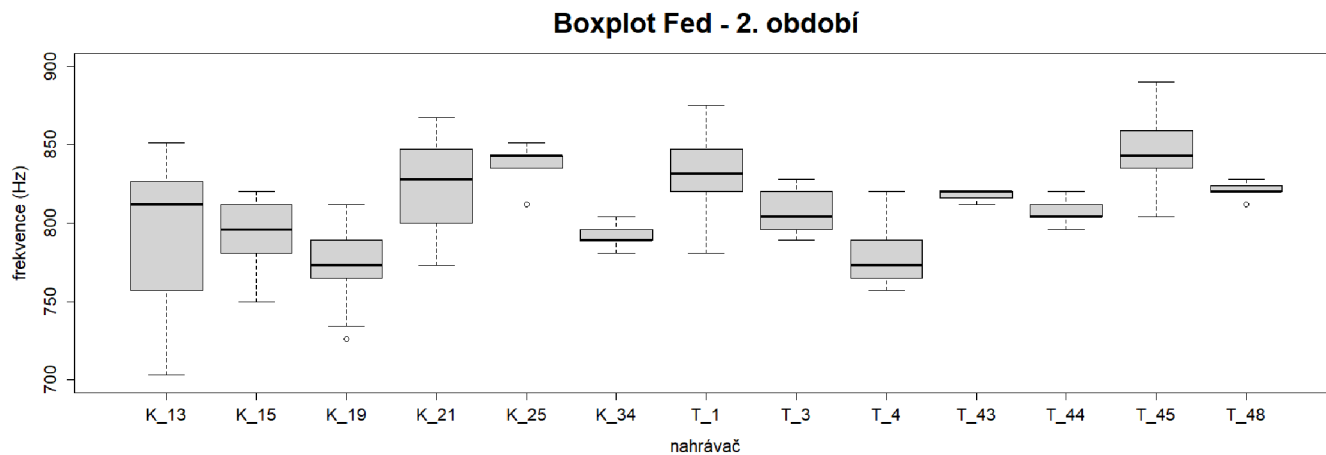




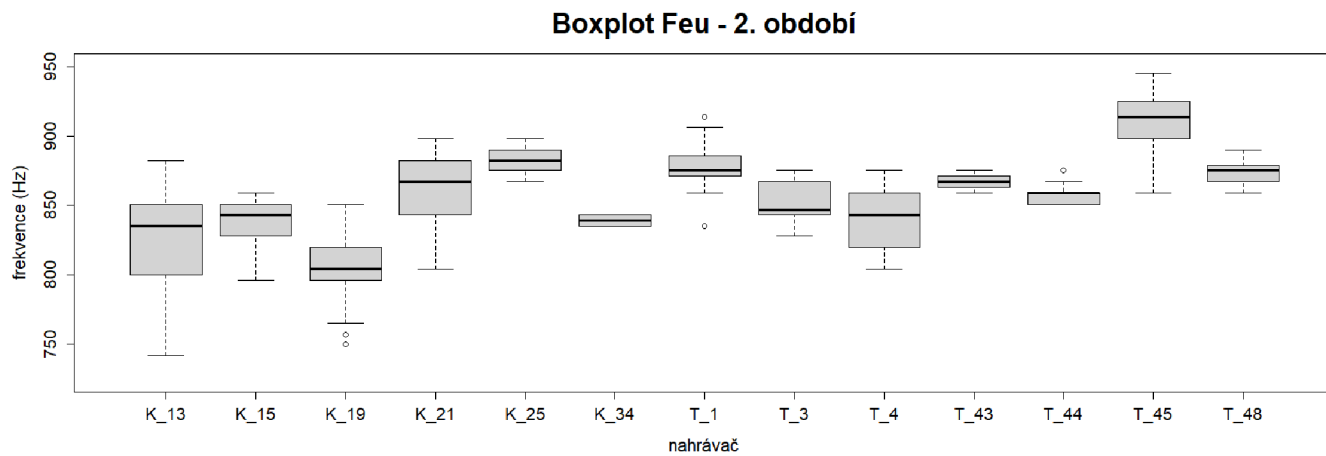
Obrázek 23. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr Fmd, zaznamenaných během 2. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku. Zobrazen je medián, minimum, maximum, 25% a 75% kvartily a odlehlé hodnoty pro individuální jedince.



Obrázek 24. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr Fmu, zaznamenaných během 2. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku. Zobrazen je medián, minimum, maximum, 25% a 75% kvartily a odlehlé hodnoty pro individuální jedince.

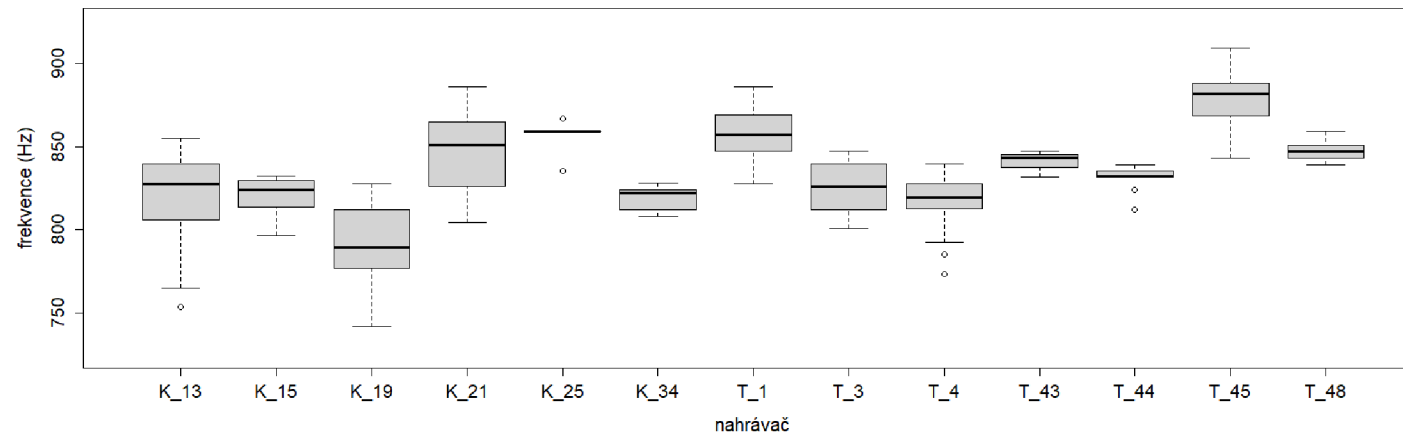


Obrázek 25. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr Fed, zaznamenaných během 2. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku. Zobrazen je medián, minimum, maximum, 25% a 75% kvartily a odlehle hodnoty pro individuální jedince.



Obrázek 26. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr Feu, zaznamenaných během 2. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku. Zobrazen je medián, minimum, maximum, 25% a 75% kvartily a odlehle hodnoty pro individuální jedince.

**Boxplot Fi - 2. období**

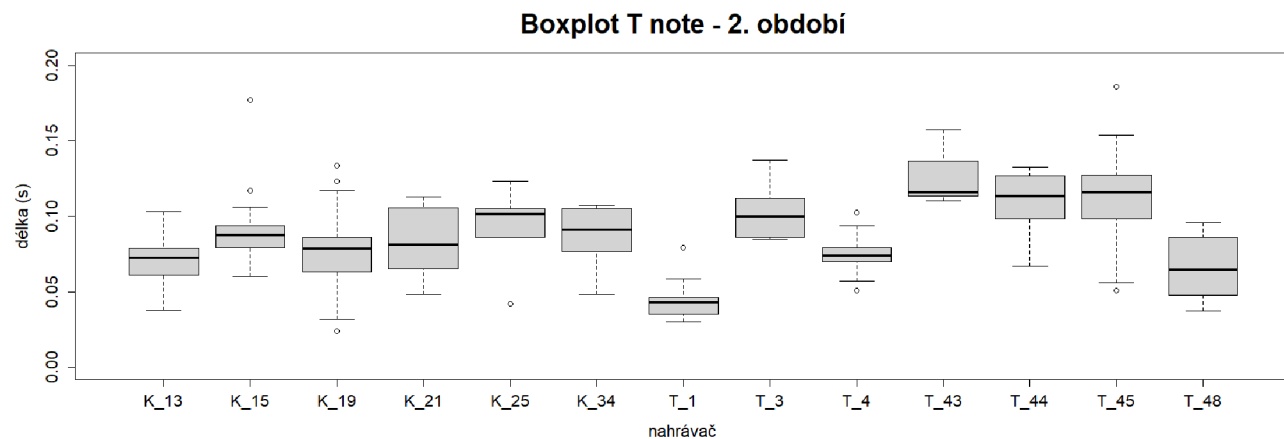


Obrázek 27. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr Fi, zaznamenaných během 2. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku. Zobrazen je medián, minimum, maximum, 25% a 75% kvartily a odlehlé hodnoty pro individuální jedince.

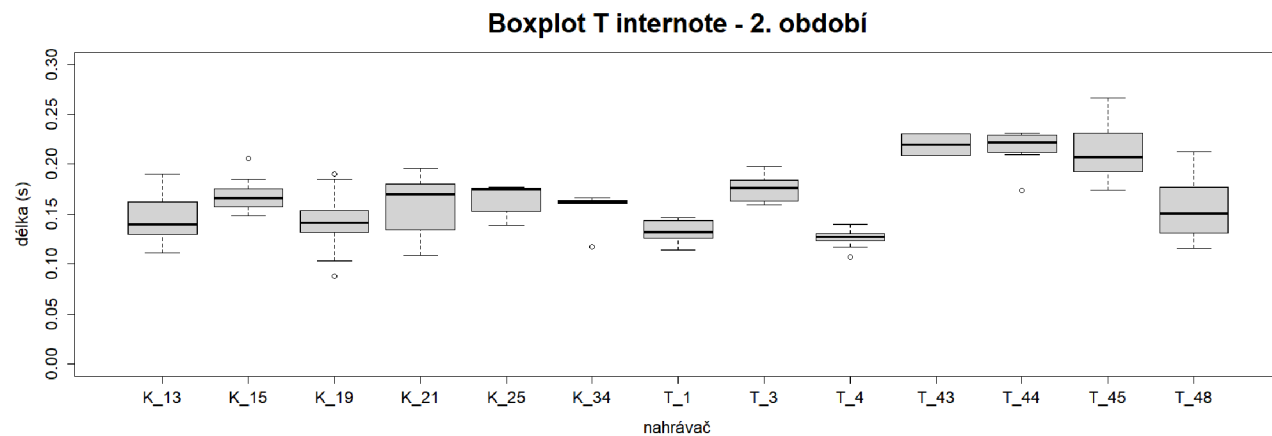
## Parametry délky slabik – 2. období

U obou parametrů T note a T internote byl výsledek Kruskal-Wallis testu signifikantní ( $p < 0,05$ ). Hodnoty časových parametrů z druhého nahrávacího období se tedy průkazně liší mezi vokalizujícími jedinci.

Výsledné hodnoty z Kruskal-Wallis testu: **T note** ( $p = 2,956e-14$ ,  $\text{Chí} = 91,15$ ,  $\text{df} = 12$ , Obr. 28), **T internote** ( $p < 2,2e-16$ ,  $\text{Chí} = 117,6$ ,  $\text{df} = 12$ , Obr. 29).



Obrázek 28. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr T note, zaznamenaných během 2. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku. Zobrazen je medián, minimum, maximum, 25% a 75% kvartily a odlehle hodnoty pro individuální jedince.



Obrázek 29. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr T internote, zaznamenaných během 2. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku. Zobrazen je medián, minimum, maximum, 25% a 75% kvartily a odlehle hodnoty pro individuální jedince.

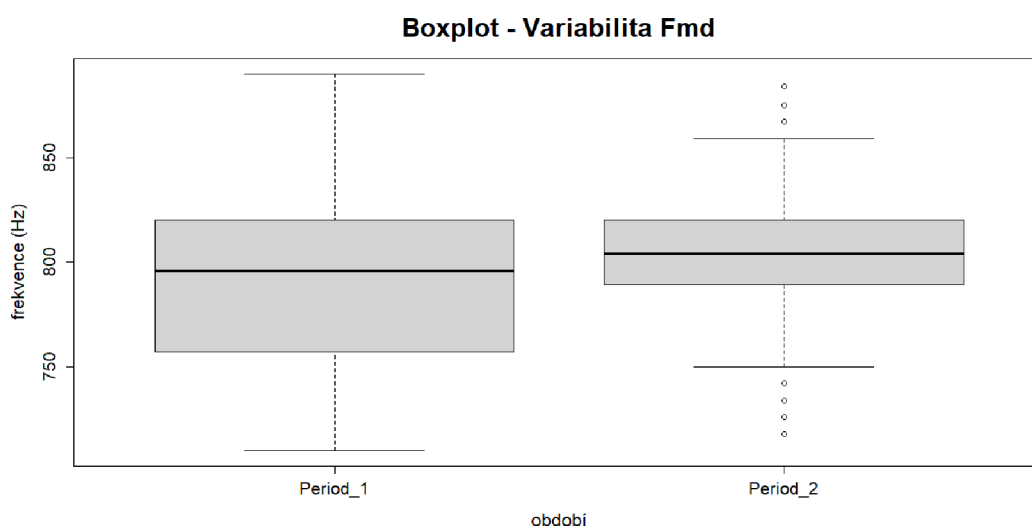
## 4.3 Rozdíly mezi populacemi a obdobím – GLMM

### 4.3.1. Rozdíly mezi populacemi (oblastmi)

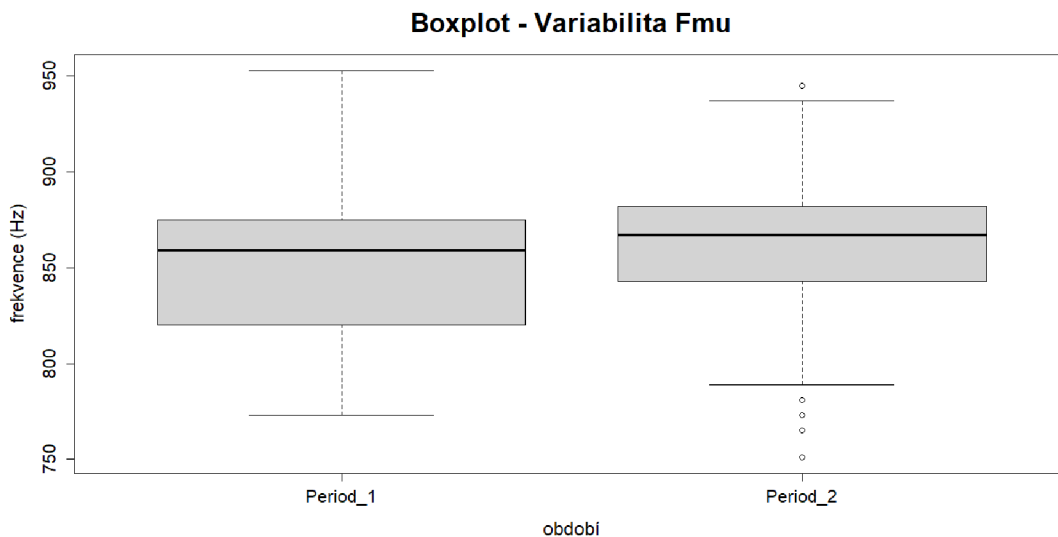
U žádného z měřených parametrů (Fsd, Fsu, Fmd, Fmu, Fed, Feu, Fi, T note, T internote) nebyl zaznamenán rozdíl mezi krušnohorskou a třeboňskou oblastí (**Fsd**:  $p = 0,2162$ , **Fsu**:  $p = 0,7344$ , **Fmd**:  $p = 0,9338$ , **Fmu**:  $p = 0,3132$ , **Fed**:  $p = 0,4580$ , **Feu**:  $p = 0,8920$ , **Fi**:  $p = 0,9096$ , **T note**:  $p = 0,8510$ , **T internote**:  $p = 0,7640$ ). Výsledné hodnoty analýzy GLMM jsou obsaženy v tabulce č. 7.

### 4.3.2. Rozdíly mezi obdobími nahrávání

U dvou frekvenčních parametrů (Fmd, Fmu) byl zaznamenán signifikantní rozdíl ve variabilitě mezi prvním a druhým obdobím nahrávání (**Fmd**:  $p = 0,0018$ , Obr. 30; **Fmu**:  $p = 0,0093$ , Obr. 31). U parametrů (Fsd, Fsu, Fed, Feu, Fi, T note, T internote) nebyl nalezen rozdíl mezi obdobími nahrávání (**Fsd**:  $p = 0,0717$ , **Fsu**:  $p = 0,0765$ , **Fed**:  $p = 0,4330$ , **Feu**:  $p = 0,7420$ , **Fi**:  $p = 0,0571$ , **T note**:  $p = 0,9780$ , **T internote**:  $p = 0,7640$ ). Výsledné hodnoty analýzy GLMM jsou obsaženy v tabulce č. 7, grafické znázornění variability parametrů Fmd a Fmu mezi jednotlivými oblastmi v daném období viz příloha 1 (Fmd) a příloha 2 (Fmu).



Obrázek 30. Variabilita parametru Fmd mezi prvním (Period\_1) a druhým (Period\_2) obdobím nahrávání. Zobrazen je medián, minimum, maximum, 25% a 75% kvartily a odlehlé hodnoty pro obě období nahrávání.



Obrázek 31. Variabilita parametru Fmu mezi prvním (Period\_1) a druhým (Period\_2) obdobím nahrávání. Zobrazen je medián, minimum, maximum, 25% a 75% kvartily a odlehlé hodnoty pro obě období nahrávání.

#### 4.3.3. Rozdíly v interakci mezi populací (oblastí) a obdobím

U žádného měřeného parametru (Fsd, Fsu, Fmd, Fmu, Fed, Feu, Fi, T note, T internote) nebyl zaznamenán rozdíl v interakci mezi oblastí a obdobím nahrávání (**Fsd**:  $p = 0,1601$ , **Fsu**:  $p = 0,4546$ , **Fmd**:  $p = 0,4850$ , **Fmu**:  $p = 0,94154$ , **Fed**:  $p = 0,6990$ , **Feu**:  $p = 0,5530$ , **Fi**:  $p = 0,8272$ , **T note**:  $p = 0,9720$ , **T internote**:  $p = 0,8090$ ). Výsledné hodnoty analýzy GLMM jsou obsaženy v tabulce č. 7.

#### 4.4.4 Výsledné hodnoty analýzy GLMM

Model	AIC	Estimate	Std. Error	z-value	p-value
<i>Fsd</i>					
oblast	5065,6	0,0094	0,0076	1,237	0,2162
období	5065,6	0,0121	0,0067	1,801	0,0717
oblast*období	5065,6	-0,0141	0,0100	-1,405	0,1601
<i>Fsu</i>					
oblast	5074,7	0,0026	0,0077	0,339	0,7344
období	5074,7	0,0118	0,0067	1,771	0,0765
oblast*období	5074,7	-0,0075	0,0100	-0,748	0,4546
<i>Fmd</i>					
oblast	4961,0	-0,0006	0,0074	-0,083	0,9338
období	4961,0	0,0206	0,0066	3,121	<b>0,0018</b>
oblast*období	4961,0	-0,0069	0,0098	-0,698	0,4850
<i>Fmu</i>					
oblast	4999,8	-0,0074	0,0074	-1,009	0,3132
období	4999,8	0,0173	0,0067	2,602	<b>0,0093</b>
oblast*období	4999,8	0,0008	0,0103	0,073	0,9415
<i>Fed</i>					
oblast	5101,5	0,0058	0,0078	0,743	0,4580
období	5101,5	0,0053	0,0068	0,784	0,4330
oblast*období	5101,5	-0,0040	0,0103	-0,387	0,6990
<i>Feu</i>					
oblast	5099,2	0,0010	0,0073	0,136	0,8920
období	5099,2	0,0020	0,0062	0,329	0,7420
oblast*období	5099,2	0,0055	0,0092	0,594	0,5530
<i>Fi</i>					
oblast	4943,1	-0,0009	0,0078	-0,114	0,9096
období	4943,1	0,0128	0,0067	1,903	0,0571
oblast*období	4943,1	-0,0023	0,0106	-0,218	0,8272
<i>T note</i>					
oblast	270,1	0,0555	0,2954	0,188	0,8510
období	270,1	0,0080	0,2886	0,028	0,9780
oblast*období	270,1	0,0149	0,4245	0,035	0,9720
<i>T internote</i>					
oblast	335,7	0,0875	0,2914	0,300	0,7640
období	335,7	0,0437	0,1417	0,309	0,7640
oblast*období	335,7	-0,0823	0,3414	-0,241	0,8090

Tabulka 7. Výsledné hodnoty analýzy GLMM pro naměřené parametry v Krušných horách a na Třeboňsku v roce 2015.

Fsd - dolní počáteční naměřená hodnota frekvence, Fsu - horní počáteční frekvence, Fmd - střední dolní frekvence, Fmu - střední horní frekvence, Fed - konečná spodní frekvence, Feu - konečná horní frekvence, Fi - průměr maximální a minimální naměřené frekvence slabiky, oblast – hodnoty zaznamenané v rámci oblastí, období – hodnoty zaznamenané v rámci nahrávacích období, oblast\*období – hodnoty zaznamenané v rámci interakce oblasti a období, AIC – Akaikeho informační kritérium, Std. Error – střední chyba, Estimate – regresní koeficient, z-value – z-hodnota, p-value – p-hodnota.



## 5. Diskuse

U všech měřených parametrů byl zaznamenán rozdíl ve vokalizaci mezi jedinci (nahrávači). Tyto výsledky indikují, že se jedinci dostatečně odlišují ve svém vokálním projevu a je možné úspěšně rozpoznat jedince na základě jeho vokální aktivity. Vokální individualita již byla pozorována například u puštíka obecného, kulíška nejmenšího (*Glaucidium passerinum*) nebo puštíka afrického (*Strix woodfordii*; Galeotti & Pavan 1991, Galeotti et al. 1993, Delport et al. 2002). Krátký (2020) zkoumal individualitu ve vokálním projevu krušnohorské populace sýce rousného v období let 2015-2017. Jeho výsledky indikovaly značný rozdíl ve vokalizaci mezi jedinci u všech měřených parametrů. Podobné studie nebyly do té doby v rámci evropských populací sýce rousného uskutečněny. U druhů z rodu *Aegolius* byla vokální individualita nalezena také u sýce amerického (*Aegolius acadicus brooksi*; Otter 1996, Holschuh & Otter 2005).

Žádný z výsledků GLMM analýzy nevykazoval signifikantní rozdíl ve vokalizaci sýce rousného mezi krušnohorskou a třeboňskou populací. Rozdílný dialekt v rámci těchto dvou populací tedy přítomen není. Nicméně několik studií vokální aktivity u puštíka obecného, který se taxonomicky řadí do stejné čeledi jako sýc rousný (Strigidae), zaznamenalo geografickou variabilitu (Galeotti et al. 1996, Appleby & Redpath 1997a, Shekhovtsov & Sharikov 2015) a podpořena byla i existence regionálních dialektů (Galeotti et al. 1996). Galeotti et al. (1996) studovali vokální variabilitu mezi italskými a anglickými populacemi puštíka obecného. Jejich výsledky vykazovaly signifikantní variabilitu mezi těmito dvěma oblastmi a také zaznamenaly průkazný rozdíl ve vokálních projevech sousedících populací v obou zemích, což podle nich nasvědčuje přítomnosti regionálního dialektu, který může být utvářen rozdílnými podmínkami prostředí. Appleby & Redpath (1997a) našli rozdíl mezi jedinci obývajícími lesní stanoviště a jedinci na stanovištích, kde převládají otevřené zemědělské plochy. Žádné prokazatelné regionální dialekty ovšem neobjevili. U některých druhů sov byla geografická variabilita studována bez prokazatelných výsledků, jako například u puštíka proužkovaného (*Strix varia*; Odom 2009, Odom & Mennill 2012).

U dvou frekvenčních parametrů (Fmd a Fmu) byl objeven signifikantní rozdíl mezi prvním a druhým obdobím nahrávání. Nahrávání probíhalo v obou oblastech s odstupem přibližně jednoho měsíce, což může indikovat určitou sezonní variabilitu, kterou u vokálního projevu sov zaznamenali například Ritchison et al. (1988), Mori et al. (2014), nebo Agostino et al. (2020). Nicméně tato variabilita se týkala především

časových parametrů, jako je délka houkání, nebo také míry užití určitého typu houkání během spontánního volání. Má studie je první, která dokládá variabilitu ve frekvenci houkání v průběhu hnízdní sezóny.

Dalším faktorem ovlivňujícím frekvenci vokalizace v čase mohou být přírodní podmínky jako je vítr, déšť nebo sněhové srážky, které mohou produkovat intenzivní nízkofrekvenční „šum“, a zásadně tak zhoršit podmínky pro vokální komunikaci (Lengagne & Slater 2002). Schäfer et al. (2017) studovali efekt počasí a městského zvukového znečištění na vokální aktivitu u sýkory modřinky (*Cyanistes caeruleus*), sýkory koňadry (*Parus major*) a kosa černého (*Turdus merula*). Počasí může podle nich zásadně ovlivnit délku určitých vokálních frází i frekvenční rozsah zpěvu u těchto druhů. Studie, které zkoumaly efekt počasí na vokalizaci sov, zaznamenaly doposud pouze změny v četnosti volání při rozdílných povětrnostních podmínkách, nebo změny v délce vokálního projevu, např. v celkové délce teritoriálního houkání jedince (Lengagne & Slater 2002, Korpimäki & Hakkarainen 2012).

Redpath et al. (2000) objevili negativní korelaci mezi množstvím krevních parazitů u vokalizujících jedinců puštíka obecného a výškou tónu jejich teritoriálního houkání. Míra parazitce je proto možným faktorem ovlivňujícím frekvenční parametry vokalizace i u jiných druhů sov. U puštíka byla také nalezena negativní korelace mezi výškou tónu a tělesnou hmotností samců, která je důležitým ukazatelem fitness (Appleby & Redpath 1997b, Hardouin et al. 2007). Tyto výsledky indikují, že fitness může hrát roli ve frekvenčních parametrech vokalizace u sov, a to jak na úrovni jedince, tak i v rámci populace. Změny frekvenčních parametrů by se tak mohly vyskytovat s náhlou změnou fitness, například v důsledku změny potravní dostupnosti. U sýce rousného doposud podobné studie efektu krevních parazitů a fitness na frekvenci hlasového projevu provedeny nebyly.

Během dvou různých nahrávacích období, která byla provedena v rámci této studie, mohli u jednoho nahrávače houkat dva rozdílní jedinci s odlišným individuálním projevem, což mohlo způsobit rozdíl ve frekvenci vokálního projevu (Holschuh & Otter 2005, Krátký 2020). Případy, kdy někteří samci po zahnízdění na čas pozastavili vokální aktivitu a později v sezóně houkali spíše nespárovaní jedinci, byly u sýce rousného již dříve zaznamenány (Mikkola 1983). Porovnání kvality hlasových projevů z jednotlivých nahrávek mezi obdobími však nebylo předmětem této studie.

## 6. Závěr

Předložená bakalářská práce porovnává individuální a populační (Krušné hory vs. Třeboňsko) variabilitu ve vokálním projevu sýce rousného. V roce 2015 byly uvnitř studijních oblastí během dvou nahrávacích období rozmístěny nahrávače Olympus DM650. Záznamy z těchto nahrávačů byly převedeny na spektrogramy a analyzovány za účelem porovnání frekvenčních a časových parametrů mezi vokalizujícími jedinci, obdobím nahrávání a mezi populacemi. Z 36 nahrávačů v Krušných horách a 32 nahrávačů na Třeboňsku bylo pro účely analýzy vybráno 124 nahrávek, z nichž byly vyselektovány vhodné části obsahující houkání sýce rousného. Celkově bylo analyzováno 251 slabik od 21 jedinců z prvního období a 281 slabik od 13 jedinců z druhého období. U jednotlivých slabik, ze kterých se teritoriální houkání sýce rousného skládá, bylo měřeno 9 parametrů: T note, T internote, Fsd, Fsu, Fmd, Fmu, Fed, Feu a Fi. Testování variability mezi jedinci (nahrávači) bylo provedeno za pomoci Kruskal-Wallis testu. Všechny výše zmíněné parametry se signifikantně lišily mezi jedinci. Následně byl použit zobecněný smíšený lineární model (GLMM), který testoval variabilitu parametrů mezi oblastmi a mezi obdobím nahrávání. Rozdíl parametrů mezi oblastmi nebyl zaznamenán. U dvou parametrů (Fmd, Fmu) byl nalezen signifikantní rozdíl mezi obdobím nahrávání. V kapitole 5 byly tyto výsledky diskutovány společně s odbornou literaturou. Příčinou rozdílných frekvenčních parametrů v prvním a druhém nahrávacím období může být sezónní variabilita, adaptace na rozdílné podmínky prostředí během nahrávacích období, změna fitness v populaci či houkání rozdílných jedinců v prvním a v druhém období. Frekvenci vokalizace mohou také ovlivňovat jiné, doposud nezaznamenané faktory.

Počet studií zabývajících se variabilitou vokálního projevu u sov v poslední době stoupá. Nicméně variabilitu ve vokalizaci sýce rousného zkoumá pouze malé množství z nich. Přestože rozdíl ve vokalizaci mezi studovanými oblastmi v našem případě potvrzen nebyl, rozdíly ve dvou frekvenčních parametrech mezi obdobími nahrávání vytváří prostor pro navazující výzkum. Zejména by bylo žádoucí zjistit vliv přírodních podmínek, počasí, potravní dostupnosti a související individuální kvality jedinců (fitness) na změny parametrů vokální aktivity populací sýce rousného v čase.

## 7. Přehled literatury a použitých zdrojů

### Seznam literatury:

**Agostino P. V., Lusk N. A., Meck W. H., Golombek D. A., & Peryer G.** (2020). Daily and seasonal fluctuation in Tawny Owl vocalization timing. *Plos one*, 15(4).

**AOPK ČR** (2016). Rozbory Chráněné krajinné oblasti Třeboňsko (online). [cit. 23. 3. 2022.]. Dostupné z: <https://trebonsko.ochranaprirody.cz/>.

**AOPK ČR** (2018). Plán péče o CHKO Třeboňsko na období 2018-2027. Nepublikováno. Dep. In: Rezervační kniha AOPK ČR, Praha.

**Appleby B. M., & Redpath S. M.** (1997a). Variation in the male territorial hoot of the Tawny Owl *Strix aluco* in three English populations. *Ibis*, 139(1), 152-158.

**Appleby B. M., & Redpath S. M.** (1997b). Indicators of male quality in the hoots of tawny owls (*Strix aluco*). *Journal of Raptor Research*, 31, 65-70.

**Appleby B. M., Yamaguchi N., Johnson P. J., & Macdonald D. W.** (1999). Sex-specific territorial responses in Tawny Owls *Strix aluco*. *Ibis*, 141(1), 91-99.

**Awan S. N., Shaikh M. A., Desjardins M., Feinstein H., & Abbott K. V.** (2022). The Effect of Microphone Frequency Response on Spectral and Cepstral Measures of Voice: An Examination of Low-Cost Electret Headset Microphones. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 31, 1-15.

**Baptista L. F., Boarman W. I., & Kandianidis P.** (1983). Behavior and taxonomic status of Grayson's Dove. *The Auk*, 100(4), 907-919.

**Berwick R. C., Okanoya K., Beckers G. J., & Bolhuis J. J.** (2011). Songs to syntax: the linguistics of birdsong. *Trends in cognitive sciences*, 15(3), 113-121.

**Blumstein D. T., Mennill D. J., Clemens P., Girod L., Yao K., Patricelli G., Deppe J.L., Krakauer A.H., Clark C., Cortopassi K.A., Hanser S.F., McCowan B., Ali A.M., & Kirschel A. N.** (2011). Acoustic monitoring in terrestrial environments using microphone arrays: applications, technological considerations and prospectus. *Journal of Applied Ecology*, 48(3), 758-767.

- Bradbury J. W., & Vehrencamp S. L.** (2011). Principles of animal communication (2nd ed.). Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, USA.
- Byers B. E., & Kroodsma D. E.** (2009). Female mate choice and songbird song repertoires. *Animal Behaviour*, 77(1), 13-22.
- Catchpole C. K., & Slater P. J. B.** (2008). Bird song: Biological themes and variations (2nd ed.). Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Celis-Murillo A., Deppe J. L., & Allen M. F.** (2009). Using soundscape recordings to estimate bird species abundance, richness, and composition. *Journal of Field ornithology*, 80(1), 64-78.
- Conner D. A.** (1982). Dialects versus geographic variation in mammalian vocalizations. *Animal Behaviour*, 30, 297-298.
- Delport W., Kemp A. C., & Ferguson J. W. H.** (2002). Vocal identification of individual African Wood Owls *Strix woodfordii*: A technique to monitor long-term adult turnover and residency. *Ibis*, 144(1), 30-39.
- Diblíková L., Pipek P., Petrusek A., Svoboda J., Bílková J., Vermouzek Z., Procházka P., & Petrusková T.** (2019). Detailed large-scale mapping of geographical variation of Yellowhammer *Emberiza citrinella* song dialects in a citizen science project. *Ibis*, 161(2), 401-414.
- Drdáková M.** (2003). Hnízdní biologie sýce rousného (*Aegolius funereus*) v imisních oblastech Krušných hor. *Sylvia*, 39, 35-51.
- Drdáková M.** (2004). Sýc rousný – úspěšný druh imisních holin. *Živa*, 3, 128-130.
- Exo K. M.** (1990). Geographische Variation des Reviergesangs beim steinkauz (*Athene noctua*) – ein Vergleich des Gesangs nord west-deutscher und ostenglischer. *Die Vogelwarte*, 35, 279-286.
- Galeotti P. R., & Pavan G.** (1991). Individual recognition of male tawny owls (*Strix aluco*) using spectrograms of their territorial calls. *Ethology Ecology & Evolution*, 3(2), 113-126.

**Galeotti P. R., Paladin M., & Pavan G.** (1993). Individually distinct hooting in male Pygmy Owls *Glaucidium passerinum*: a multivariate approach. *Journal of Avian Biology*, 24, 15-20.

**Galeotti P. R., Appleby B. M., & Redpath S. M.** (1996). Macro and microgeographical variations in the 'hoot' of Italian and English Tawny Owls (*Strix aluco*). *Italian Journal of Zoology*, 63(1), 57-64.

**Ganey J. L.** (1990). Calling behavior of spotted owls in northern Arizona. *The Condor*, 92(2), 485-490.

**Hardouin L. A., Reby D., Bavoux C., Burneleau G., & Bretagnolle V.** (2007). Communication of male quality in owl hoots. *The American Naturalist*, 169(4), 552-562.

**Haselmayer J., & Quinn J. S.** (2000). A comparison of point counts and sound recording as bird survey methods in Amazonian southeast Peru. *The Condor*, 102(4), 887-893.

**Hátle M.** (2015). CHKO Třeboňsko: 35 let velkoplošné ochrany unikátní krajiny. *Ochrana přírody*, 4, 2-9.

**Hayward G. D.** (1994). Review of technical knowledge: Boreal Owls. In: HAYWARD G. D., & VERNER J. [eds.]. *Flammulated, boreal, and great gray owls in the United States: a technical conservation assessment*. US Department of Agriculture Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, US, Pages 92-127.

**Hayward G. D., & Hayward P. H.** (2020). Boreal Owl (*Aegolius funereus*), version 1.0 (online). *Birds of the World*, Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York, USA. [cit. 24. 03. 2022.]. Dostupné z: <https://birdsoftheworld.org/>.

**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(2), 134.

**Kloubec B., & Obuch J.** (2003). Rozšíření drobných savců na Šumavě na základě analýzy potravy sýce rousného (*Aegolius funereus*). *Silva Gabreta*, 9, 183-200.

**Kloubec B., Hora J., & Šťastný K.** [eds.] (2015). Ptáci jižních Čech. České Budějovice, Jihočeský kraj.

**König C.** (1968). Kleiber (*Sitta europaea*) mauert Rauhfussskauz (*Aegolius funereus*) in Bruthöhle ein. In: KORPIMÄKI E., & HAKKARAINEN H. (2012). The Boreal Owl: Ecology, Behaviour and Conservation of a Forest-Dwelling Predator, Cambridge University Press, Cambridge, UK, Page 12.

**König C., & Weick F.** (2008). Owls of the world. A&C Black, London, UK.

**Konishi M.** (1985). Birdsong: from behavior to neuron. Annual review of neuroscience, 8(1), 125-170.

**Kopecký O., Neudertová M., & Neudertová Z.** (2014). Změny rozšíření a diverzity obojživelníků v CHKO Třeboňsko: Changes in distribution and diversity of Amphibians in Třeboňsko PLA. Příroda, 32, 197-211.

**Korpimäki E.** (1988). Diet of breeding Tengmalm's owls *Aegolius funereus*: long-term changes and year-to-year variation under cyclic food conditions. Ornis Fennica, 65(1), 21-30.

**Korpimäki E., & Hakkarainen H.** (2012). The boreal owl: ecology, behaviour and conservation of a forest-dwelling predator. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

**Kouba M., Bartoš L., Tomášek V., Popelková A., Šťastný K., & Zárbynická M.** (2017). Home range size of Tengmalm's owl during breeding in Central Europe is determined by prey abundance. Plos one, 12(5).

**Krátký M.** (2020). Vokální aktivita sýce rousného (*Aegolius funereus*): porovnání individuální a skupinové variability. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí, Katedra aplikované geoinformatiky a územního plánování, Praha. (Diplomová práce). Nепublikováno. Dep. in: SIC ČZU v Praze.

**Krebs J. R., & Kroodsma D. E.** (1980). Repertoires and geographical variation in bird song. In: ROSENBLATT J. S., HINDE R. A., BEER C., BUSNEL M. [eds.]. Advances in the Study of Behavior. Academic Press, Cambridge, Massachusetts, USA, Volume 11, Pages 143-177.

**Krebs J. R., Ashcroft R., & Webber M.** (1978). Song repertoires and territory defence in the great tit. *Nature*, 271, 539-542.

**Kvsn R. R., Montgomery J., Garg S., & Charleston M.** (2020). Bioacoustics data analysis – A taxonomy, survey and open challenges. *IEEE Access*, 8, 57684-57708.

**Lengagne T., & Slater P. J.** (2002). The effects of rain on acoustic communication: tawny owls have good reason for calling less in wet weather. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*, 269, 2121-2125.

**Marler P R.** (1960). Bird songs and mate selection. In: LANYON W. N., & TAVOLGA W. E. [eds.]. *Animal sounds and communication*. American Institute of Biological Sciences, Herndon, Virginia, USA, Volume 7, Pages 348-367.

**Marler P. R., & Slabbekoorn H.** (2004). *Nature's music: the science of birdsong*. Academic Press, Cambridge, Massachusetts, USA.

**Martin G. R.** (1986). Sensory capacities and the nocturnal habit of owls (Strigiformes). *Ibis*, 128(2), 266-277.

**Martin G. R.** (2010). *Birds by night*. A&C Black, London, UK.

**Melichar V., & Krása P.** (2009). Krušné hory – smutné pohoří. *Ochrana přírody*, 6, 2-7.

**Mikkola H.** (1983). *Owls of Europe*. T. & D. Poyser, Calton, UK.

**Mikkola H.** (2014). *Owls of Europe – A Photographic Guide* (2nd ed.). Bloomsbury Publishing, London, UK.

**Mori E., Menchetti M., & Ferretti F.** (2014). Seasonal and environmental influences on the calling behaviour of Eurasian Scops Owls. *Bird Study*, 61(2), 277-281.

**Nowicki S., & Marler P.** (1988). How do birds sing?. *Music Perception*, 5(4), 391-426.

**Nowicki S., Westneat M., & Hoese W.** (1992). Birdsong: motor function and the evolution of communication. *Seminars in Neuroscience*, 4(6), 385-390.



**Obrist M. K., Pavan G., Sueur J., Riede K., Llusia D., & Márquez R.** (2010). Bioacoustics approaches in biodiversity inventories. *Abc Taxa*, 8, 68-99.

**Odom K J.** (2009). Vocalizations, vocal behaviour, and geographic variation in the calls, duets, and duetting behaviour of a nonpasserine, the Barred Owl (*Strix varia*). *Electronic Theses and Dissertations*, 297.

**Odom K. J., & Mennill D. J.** (2010). A quantitative description of the vocalizations and vocal activity of the Barred Owl. *The Condor*, 112(3), 549-560.

**Odom K. J., & Mennill D. J.** (2012). Inconsistent geographic variation in the calls and duets of Barred Owls (*Strix varia*) across an area of genetic introgression. *The Auk*, 129(3), 387-398.

**Odom K. J., Slaght J. C., & Gutiérrez R. J.** (2013). Distinctiveness in the territorial calls of Great Horned Owls within and among years. *Journal of Raptor Research*, 47(1), 21-30.

**Otter K.** (1996). Individual Variation in the Advertising Call of Male Northern Saw-Whet Owls (Variación Individual en las Llamadas de *Aegolius Acadicus*). *Journal of Field Ornithology*, 67, 398-405.

**Planqué R., Britton N. F., & Slabbekoorn H.** (2014). On the maintenance of bird song dialects. *Journal of Mathematical Biology*, 68(1), 505-531.

**Podós J., & Warren P. S.** (2007). The evolution of geographic variation in birdsong. In: ROSENBLATT J. S., HINDE R. A., BEER C., BUSNEL M. [eds.]. *Advances in the Study of Behavior*. Academic Press, Cambridge, Massachusetts, USA, Volume 37, Pages 403-458.

**Pollock H., Shriner S. A., & Simons T. R.** (2005). A Little Extra Information Can Go a Long Way. *General Technical Report PSW*, 2, 736.

**Poprach K.** (2009). Sýc rousný (*Aegolius funereus*) v CHKO Jeseníky. *Campanula*, 87-97.

**Redpath S. M.** (1994). Censusing Tawny Owls *Strix aluco* by the use of imitation calls. *Bird Study*, 41(3), 192-198.

**Redpath S. M., Appleby B. M., & Petty S. J.** (2000). Do male hoots betray parasite loads in Tawny Owls?. *Journal of Avian Biology*, 31(4), 457-462.

**Ríos-Chelén A. A., Salaberria C., Barbosa I., Macías Garcia C., & Gil D.** (2012). The learning advantage: bird species that learn their song show a tighter adjustment of song to noisy environments than those that do not learn. *Journal of Evolutionary Biology*, 25(11), 2171-2180.

**Ritchison G., Cavanagh P. M., Belthoff J. R., & Sparks E. J.** (1988). The singing behavior of Eastern Screech-Owls: seasonal timing and response to playback of conspecific song. *The Condor*, 90(3), 648-652.

**Robinson C. M., & Creanza N.** (2019). Species-level repertoire size predicts a correlation between individual song elaboration and reproductive success. *Ecology and evolution*, 9(14), 8362-8377.

**RStudio Team** (2020). RStudio: Integrated Development Environment for R (online). RStudio. PBC, Boston, Massachusetts, USA. [cit. 12. 03. 2022.]. Dostupné: <http://www.rstudio.com/>.

**Savický J.** (2009). AM Services - Play Spectrogram Screens, version 4v7. Czech Republic.

**Schäfer J. E., Janocha M. M., Klaus S., & Tietze D. T.** (2017). How weather instead of urbanity measures affects song trait variability in three European passerine bird species. *Ecology and evolution*, 7(13), 4868-4880.

**Shekhovtsov S., & Sharikov A.** (2015). Individual and geographical variation in the territorial calls of Tawny Owls *Strix aluco* in Eastern Europe. *Ardeola*, 62(2), 299-310.

**Slabbekoorn H., & Smith T. B.** (2002). Bird song, ecology and speciation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*, 357, 493-503.

**Slodičák M.** (2007). Lesnické hospodaření v imisní oblasti Krušných hor. *Lesy ČR*, 21.

**Specht R.** (2021). Avsifot SASLab Pro, version 5.3.00 (online). Berlin, 2021. [cit. 30. 03. 2022.]. Dostupné: [www.avisoft.com](http://www.avisoft.com).

**Ševčík R., Riegert J., Šindelář J., & Zárbybnická M.** (2019). Vocal activity of the Central European Boreal Owl population in relation to varying environmental conditions. *Ornis Fennica*, 96(1), 1-12.

**Ševčík R., Riegert J., Šťastný K., Zárbybnický J., & Zárbybnická M.** (2021). The effect of environmental variables on owl distribution in Central Europe: A case study from the Czech Republic. *Ecological Informatics*, 64, 101375.

**Ševčík R., Kloubec B., Riegert J., Šindelář J., Kouba M., & Zárbybnická M.** (2022). Forest structure determines nest box use by Central European boreal owls. *Scientific Reports*, 12(1), 1-13.

**Šťastný K., Bejček V., & Hudec K.** (2006). Atlas hnízdního rozšíření ptáků v České republice 2001 – 2003. Aventinum, Praha, Česká republika.

**Teixeira D., Maron M., & van Rensburg B. J.** (2019). Bioacoustic monitoring of animal vocal behavior for conservation. *Conservation Science and Practice*, 1(8).

**Thielcke G.** (1969). Geographic variation in bird vocalizations. In: HINDE R. A. [ed.]. *Bird vocalizations*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, Pages 311-340.

**Thorpe W. H.** (1958). The learning of song patterns by birds, with especial reference to the song of the chaffinch *Fringilla coelebs*. *Ibis*, 100(4), 535-570.

**Vacík R.** (1991). Breeding biology of Tengmalm's Owl, *Aegolius funereus*. Bohemia and Moravia (In Czech with English summary). *Sylvia*, 28, 95-113.

**Veselovský Z.** (2005). *Etologie: biologie chování zvířat*. Academia, Praha, Česká republika.

**Volpato G. H., Lopes E. V., Mendonça L. B., Boçon R., Bisheimer M. V., Serafini P. P., & Anjos L. D.** (2009). The use of the point count method for bird survey in the Atlantic forest. *Zoologia (Curitiba)*, 26(1), 74-78.

**Wolf K.** (2009). *Bird song recognition through spectrogram processing and labelling*. University of Minnesota, Twin Cities, Minneapolis, USA.

**Zárbybnická M.** (2016). Závěrečná zpráva grantu EHP-CZ02-Ov-1-024-2015. Monitoring stavu evropsky významných druhů rostlin a živočichů a druhů ptáků v

soustavě Natura 2000. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí, Praha, Česká republika.

**Zárybnická M., & Vojar J.** (2013). Effect of male provisioning on the parental behavior of female Boreal Owls *Aegolius funereus*. *Zoological Studies*, 52(1), 1-8.

**Zárybnická M., Riegert J., & Šťastný K.** (2011). Diet composition in the Tengmalm's owl *Aegolius funereus*: a comparison of camera surveillance and pellet analysis. *Ornis Fennica*, 88, 147-153.

**Zárybnická M., Riegert J., & Šťastný K.** (2013). The role of *Apodemus* mice and *Microtus* voles in the diet of the Tengmalm's owl in Central Europe. *Population Ecology*, 55(2), 353-361.

**Zárybnická M., Sedláček O., Salo P., Šťastný K., & Korpimäki E.** (2015). Reproductive responses of temperate and boreal Tengmalm's Owl *Aegolius funereus* populations to spatial and temporal variation in prey availability. *Ibis*, 157(2), 369-383.

## **Seznam obrázků:**

Obrázek 1. Řez skrz syrx (Veselovský 2005) .....	3
Obrázek 2. Samička sýce rousného v hnízdě (autor: Richard Ševčík) .....	8
Obrázek 3. Mapa výskytu sýce rousného ve světě (Hayward & Hayward 2020) .....	9
Obrázek 4. Mapa výskytu druhu <i>Aegolius funereus</i> v ČR dle záznamů z ND OP (Autor: AOPK ČR ©2020) .....	10
Obrázek 5. Poloha studijních oblastí Krušné hory (červeně) a Třeboňsko (modře) v rámci České republiky .....	13
Obrázek 6. Charakteristické biotopy pro studijní oblast Třeboňsko: vlevo – porost smrku ztepilého, vpravo – porost borovice lesní se zmlazením (autor: Bohuslav Kloubec) .....	14
Obrázek 7. Smrky pichlavé jako součást charakteristického habitatu studijní oblasti Krušné hory (autor: Markéta Zárbybnická) .....	15
Obrázek 8. Doupné stromy (buk lesní) jako součást charakteristického habitatu studijní oblasti Krušné hory (autor: Markéta Zárbybnická) .....	15
Obrázek 9. Mapa ilustrující studijní oblast a polohu nahrávačů v Krušných horách. 16	
Obrázek 10. Mapy ilustrující polohu nahrávačů v jižní (a) a severní (b) části studijní oblasti Třeboňsko .....	17
Obrázek 11. Vizuální znázornění měřených parametrů zaznamenaných nahrávačem č. 4 v květnu 2015 v CHKO Třeboňsko .....	20
Obrázek 12. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr Fsd zaznamenaných během 1. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku .....	26
Obrázek 13. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr Fsu zaznamenaných během 1. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku .....	26
Obrázek 14. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr Fmd zaznamenaných během 1. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku .....	27
Obrázek 15. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr Fmu zaznamenaných během 1. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku .....	27
Obrázek 16. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr Fed zaznamenaných během 1. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku .....	28
Obrázek 17. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr Feu zaznamenaných během 1. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku .....	28
Obrázek 18. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr Fi zaznamenaných během 1. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku .....	29
Obrázek 19. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr T note zaznamenaných během 1. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku .....	31

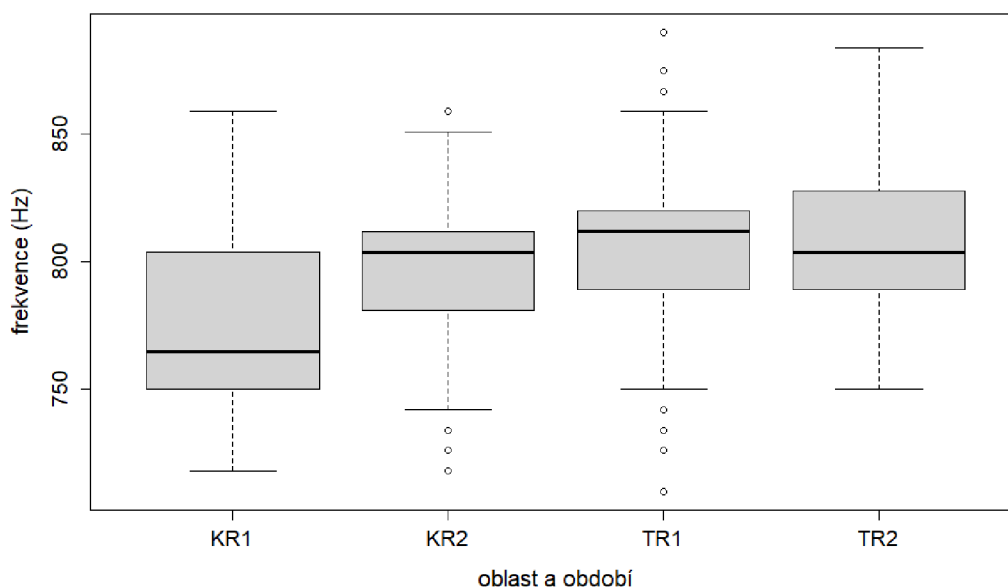
Obrázek 20. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr T internote zaznamenaných během 1. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku.....	31
Obrázek 21. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr Fsd, zaznamenaných během 2. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku.....	33
Obrázek 22. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr Fsu, zaznamenaných během 2. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku.....	33
Obrázek 23. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr Fmd, zaznamenaných během 2. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku.....	34
Obrázek 24. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr Fmu, zaznamenaných během 2. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku.....	34
Obrázek 25. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr Fed, zaznamenaných během 2. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku.....	35
Obrázek 26. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr Feu, zaznamenaných během 2. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku.....	35
Obrázek 27. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr Fi, zaznamenaných během 2. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku.....	36
Obrázek 28. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr T note, zaznamenaných během 2. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku.....	38
Obrázek 29. Variabilita hodnot mezi jedinci (nahrávači) pro parametr T internote, zaznamenaných během 2. nahrávacího období roku 2015 v Krušných horách a na Třeboňsku.....	38
Obrázek 30. Variabilita parametru Fmd mezi prvním (Period_1) a druhým (Period_2) obdobím nahrávání.....	39
Obrázek 31. Variabilita parametru Fmu mezi prvním (Period_1) a druhým (Period_2) obdobím nahrávání.....	40

## **Seznam tabulek:**

Tabulka 1. Základní charakteristika parametrů vokální aktivity sýce rousného z Krušných hor, zaznamenaných v 1. období roku 2015.....	22
Tabulka 2. Základní charakteristika parametrů vokální aktivity sýce rousného z Krušných hor, zaznamenaných v 2. období roku 2015.....	22
Tabulka 3. Základní charakteristika parametrů vokální aktivity sýce rousného z Třeboňska, zaznamenaných v 1. období roku 2015.....	23
Tabulka 4. Základní charakteristika parametrů vokální aktivity sýce rousného z Třeboňska, zaznamenaných v 2. období roku 2015.....	23
Tabulka 5. Počet záznamů pro jednotlivé jedince (nahrávače) z prvního nahrávacího období v Krušných horách a na Třeboňsku v roce 2015.....	24
Tabulka 6. Počet záznamů pro jednotlivé jedince (nahrávače) z druhého nahrávacího období v Krušných horách a na Třeboňsku v roce 2015.....	32
Tabulka 7. Výsledné hodnoty analýzy GLMM pro naměřené parametry v Krušných horách a na Třeboňsku v roce 2015.....	41

## 8. Přílohy

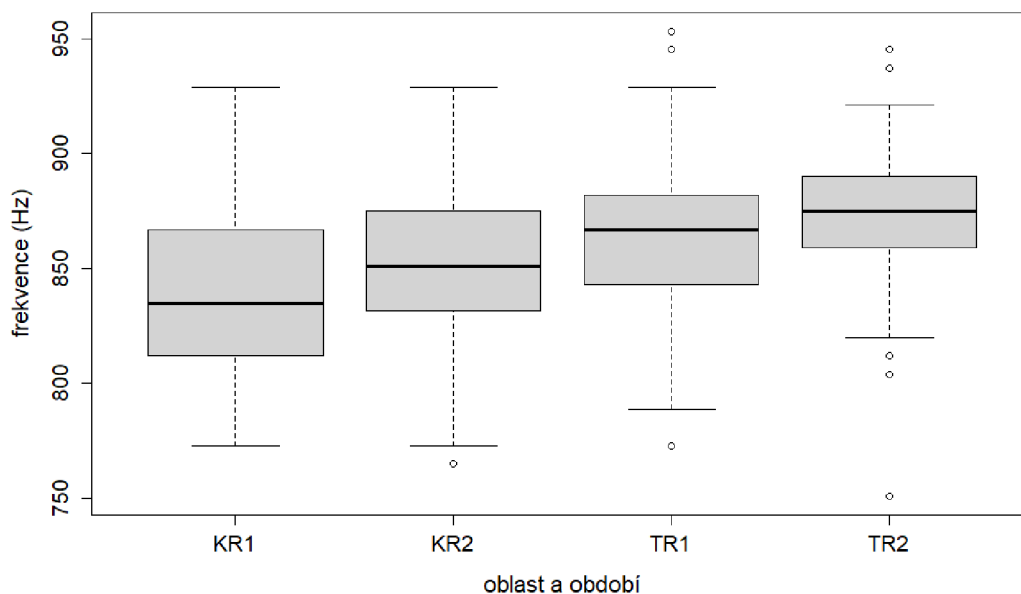
### Boxplot - Variabilita Fmd



Příloha 1. Variabilita parametru Fmd mezi prvním nahrávacím obdobím v krušných horách (KR1), druhým nahrávacím obdobím v krušných horách (KR2), prvním nahrávacím obdobím na Třeboňsku (TR1) a druhým obdobím nahrávání na Třeboňsku (TR2).

Zobrazen je medián, minimum, maximum, 25% a 75% kvartily a odlehlé hodnoty pro obě období nahrávání.

### Boxplot - Variabilita Fmu



Příloha 2. Variabilita parametru Fmu mezi prvním nahrávacím obdobím v krušných horách (KR1), druhým nahrávacím obdobím v krušných horách (KR2), prvním nahrávacím obdobím na Třeboňsku (TR1) a druhým obdobím nahrávání na Třeboňsku (TR2).

Zobrazen je medián, minimum, maximum, 25% a 75% kvartily a odlehlé hodnoty pro obě období nahrávání.





Příloha 3. Samička sýce rousného (*Aegolius funereus*) v hnízdě ve vyvěšené budce s vejci (autor: Richard Ševčík).